

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
29.120.70.186-2014**

---

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ВЫБОРУ  
ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ (УСТАВОК) МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ  
УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ  
ПРОИЗВОДСТВА «Siemens AG», «ООО НПП «ЭКРА», «АВВ»,  
«GE Multilin» и «Alstom Grid»/«AREVA» ДЛЯ БАТАРЕЙ  
СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 – 330 кВ**

Стандарт организации

Дата введения: 23.09.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»

2014

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

## **Сведения о стандарте организации**

1. РАЗРАБОТАН: ООО «НПП «Селект».
2. ВНЕСЁН: Департаментом релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами, Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:  
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 23.09.2014 № 411.
4. ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: [vaga-na@fsk-ees.ru](mailto:vaga-na@fsk-ees.ru).

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

## Оглавление

Список сокращений .....	6
Введение.....	8
Функциональное описание РЗА батареи статических конденсаторов, присоединенной через один или два выключателя к шинам типового РУ напряжением 110 - 330 кВ .....	12
Приложение А Схемы привязки РЗА батареи статических конденсаторов 110 - 330 кВ .....	20
Приложение Б Методические указания по выбору параметров срабатывания микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики батарей статических конденсаторов 110 – 330 кВ фирм «Siemens AG», ООО «НПП «ЭКРА», «ABB», «GE Multilin» и «AREVA» .....	22
Б1 ANSI 87C. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения).....	23
Б2 ANSI 87C&B. Продольная дифференциальная токовая защита БСК (с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов), использующая характеристики стабилизации (торможения) .....	80
Б3 ANSI 87B. Дифференциальная токовая защита ошиновки на стороне высоковольтных вводов БСК (ДЗО ВН), использующая характеристики стабилизации (торможения) .....	92
Б4 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК.....	114
Б5 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК) .....	137
Б6 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК.....	146
Б7 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК .....	149

Б8 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК .....	151
Б9 ANSI 46. Максимальная токовая защита обратной последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК .....	154
Б10 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК.....	156
Б11 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН .....	160
Б12 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН.....	162
Приложение В.....	164
Приложение В.1 Таблица выбора МП устройств РЗА серии SIPROTEC (Siemens AG) для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты) .....	164
Приложение В.2 Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы Areva для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты) .....	165
Приложение В.3 Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы GE Multilin для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты) .....	166
Приложение В.4 Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы «НПП ЭКРА» для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты) .....	167
Приложение В.5 Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы АВВ для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты).....	168
Приложение Г.....	169
Приложение Г.1 Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии SIPROTEC (Siemens AG), для БСК напряжением 110 – 330 кВ.....	169
Приложение Г.2 Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии MiCOM (AREVA), для БСК напряжением 110 – 330 кВ.....	173
Приложение Г.3 Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии UR фирмы GE Multilin, для БСК напряжением 110 – 330 кВ.....	181

Приложение Г.4	Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА фирмы НПП «ЭКРА» для БСК напряжением 110 – 330 кВ.....	189
Приложение Г.5	Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА фирмы АВВ для БСК напряжением 110 - 330 кВ .....	194
Приложение Д	Пример расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты и автоматики батареи статических конденсаторов напряжением 110 кВ .....	198
Д1	Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для SIPROTEC (Siemens AG).....	201
Д2	Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для MiCOM (AREVA) .....	211
Д3	Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для «GE Multilin» .....	223
Д4	Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для ШЭ2607 (НПП ЭКРА) .....	235
Д5	Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для «АВВ».....	246
	Библиография.....	257

## Список сокращений

ANSI	– международный стандарт классификации функций релейной защиты
ANSI 27	– защита минимального напряжения
ANSI 46	– защита по току обратной последовательности
ANSI 49	– тепловая (температурная) защита
ANSI 50	– максимальная токовая защита
ANSI 50BF	– устройство резервирования отказа выключателя
ANSI 50N	– токовая защита от замыкания на землю
ANSI 59	– защита максимального напряжения
ANSI 87B	– дифференциальная защита ошиновки
ANSI 87C	– дифференциальная защита БСК
ANSI 87C&B	– дифференциальная защита БСК с расширенной зоной
ANSI 87N	– дифференциальная защита нулевой последовательности (от КЗ на землю)
АОПН	– автоматика ограничения повышения напряжения
АПВ	– автоматическое повторное включение
АУВ	– автоматика управления выключателем
АЦП	– аналогово-цифровой преобразователь
БСК	– батарея статических конденсаторов
ВН	– высокое напряжение
ДЗ БСК	– дифференциальная токовая защита батареи статических конденсаторов
ДЗБ	– дифференциальная токовая защита батареи
ДЗО	– дифференциальная токовая защита ошиновки
ДЗШ	– дифференциальная токовая защита шин
ДТЗ	– дифференциальная токовая защита
ЗМН	– защита минимального напряжения

ЗПН	– защита от повышения напряжения
КЗ	– короткое замыкание
ЛВ	– линейный вывод
ЛЭП	– линия электропередачи
МП	– микропроцессор
МТЗ	– максимальная фазная токовая защита
НВ	– низковольтный вывод
НН	– низкое напряжение
НП	– нулевая последовательность
ОЗ	– дифференциальная (ограниченная) токовая защита
ПТТ	– промежуточный (разделительный) трансформатор тока
ПТЭ	– правила технической эксплуатации
ПУЭ	– правила устройства электроустановок
РЗА	– релейная защита и автоматика
РУ	– распределительное устройство
ТЗНП	– токовая защита нулевой последовательности
ТЗОП	– токовая защита обратной последовательности
ТЗП	– токовая защита от перегрузки
ТН	– трансформатор напряжения
ТТ	– трансформатор тока
УРОВ	– устройство резервирования отказа выключателя

## Введение

Настоящий стандарт содержит методические указания по выбору параметров срабатывания и уставок устройств РЗА типового присоединения – батареи статических конденсаторов (БСК), присоединенные к шинам 110 – 330 кВ распределительного устройства с типовой схемой соединений.

Настоящий стандарт не является типовым проектом по релейной защите присоединения, все прилагаемые документы (функциональное описание, принципиальные схемы первичных соединений и др.) не имеют необходимой степени детализации, и служат только для иллюстрации предлагаемых технических решений по оснащению рассматриваемого присоединения средствами Релейной защиты и автоматики (РЗА) на базе микропроцессорных серийных устройств РЗА «**SIPROTEC**» (Siemens AG), «**MiCOM**» (AREVA), «**GE Multilin**» (General Electric), «**ABB**» и ООО «НПП «ЭКРА», а также рациональному и полноценному использованию их функций.

Функции релейной защиты и автоматики, рассматриваемые в настоящей работе, приведены в качестве рекомендуемых к применению, для батарей статических конденсаторов (БСК) 110 – 330 кВ, в различных вариантах. Распределение функций и их дублирование в реальных микропроцессорных (МП) устройствах защиты и управления должно осуществляться в соответствии с первичной схемой ячейки присоединения, с учетом критериев надежности, требуемых для данного присоединения, и существующих технических возможностей самих МП устройств.

Настоящий стандарт содержит следующие разделы:

1. Функциональное описание РЗА батареи статических конденсаторов напряжением 110 - 330 кВ.
2. Поясняющие схемы, иллюстрирующие варианты распределения функций РЗА в соответствии с первичной схемой присоединения и



размещением измерительных Трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН) (Приложение А).

3. Методические указания (рекомендации) по расчету уставок РЗА батарей статических конденсаторов напряжением 110 - 330 кВ (Приложение Б).

4. Таблицы (рекомендуемые варианты) выбора микропроцессорных устройств РЗА для батарей статических конденсаторов напряжением 110 – 330 кВ (Приложение В).

5. Таблицы выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА отдельных производителей, для батарей статических конденсаторов напряжением 110 – 330 кВ (Приложение Г).

6. Пример расчёта уставок для РЗА батареи статических конденсаторов напряжением 110 кВ (Приложение Д).

Специальные комментарии (описания) к поясняющим схемам:

**1. Лист 1 Приложения А. Поясняющие схемы распределения функций РЗА для батареи статических конденсаторов, присоединенной к системам или секциям шин напряжением 110 – 220 кВ через один выключатель.**

Для защиты БСК напряжением 110 (220) кВ, присоединенной к шинам через один выключатель, используются основные и резервные защиты, реагирующие на электрические параметры, в том числе:

– Продольная дифференциальная токовая защита БСК (ДЗ БСК), зона которой включает БСК и ошиновку ВН БСК.

– Ограниченная токовая защита нулевой последовательности БСК (ОЗ от КЗ на землю), зона которой включает БСК и ошиновку ВН БСК (выполняется при наличии отдельного ТТ в цепи заземления нейтрали БСК).

– Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и отдельный ТТ в цепи проводника,

соединяющего средние точки обоих плеч фазы батареи (небалансная токовая защита).

- Токовая защита нулевой последовательности, подключенная к ТТ в цепи выключателя на стороне высоковольтных вводов БСК (ненаправленная ТЗНП ВН).

- Токовая защита нулевой последовательности, подключенная к ТТ на стороне нейтрали БСК (ненаправленная ТЗНП нейтрали).

- Максимальная токовая защита, подключенная к ТТ в цепи выключателя на стороне высоковольтных вводов БСК (ненаправленная МТЗ ВН).

- Токовая защита от перегрузки БСК токами высших гармоник КЗ, подключенная к ТТ в цепи выключателя на стороне высоковольтных вводов БСК (ТЗП).

- Максимальная токовая защита обратной последовательности, подключенная к ТТ в цепи выключателя на стороне высоковольтных вводов БСК (ненаправленная ТЗОП ВН).

- Функция резервирования отказа выключателя БСК (УРОВ).

- Защита минимального напряжения шин БСК (ЗМН).

- Защита от повышения напряжения шин/автоматика ограничения повышения напряжения БСК (ЗПН/АОПН).

## **2. Лист 2 Приложения А. Поясняющие схемы распределения функций РЗА для батареи статических конденсаторов, присоединенной к системам или секциям шин напряжением 330 кВ через два выключателя.**

Для защиты БСК напряжением 330 кВ, присоединенной к шинам через два выключателя, используются основные и резервные защиты, реагирующие на электрические параметры, в том числе:

- Продольная дифференциальная токовая защита БСК, зона которой включает собственно БСК (один или два комплекта).

- Продольная дифференциальная токовая защита БСК и ошиновки ВН БСК (Резервирующий комплект ДЗ с расширенной зоной действия на стороне высоковольтных вводов БСК).
- Продольная дифференциальная токовая защита ошиновки на стороне высоковольтных вводов БСК, зона которой включает ошиновку от ТТ установленных в цепи высоковольтных вводов БСК, до ТТ, установленных в цепи его выключателей (ДЗО ВН).
- Ограниченная токовая защита нулевой последовательности БСК (ОЗ от КЗ на землю), зона которой включает собственно БСК (выполняется при наличии отдельного ТТ в цепи заземления нейтрали БСК).
- Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и отдельный ТТ в цепи проводника, соединяющего средние точки обоих плеч фазы батареи.
- Токовая защита нулевой последовательности, подключенная к ТТ в цепи высоковольтных вводов БСК.
- Токовая защита нулевой последовательности, подключенная к ТТ на стороне нейтрали БСК.
- Максимальная токовая защита, подключенная к ТТ в цепи высоковольтных вводов БСК.
- Токовая защита от перегрузки БСК токами высших гармоник, подключенная к ТТ в цепи высоковольтных вводов БСК.
- Максимальная токовая защита обратной последовательности, подключенная к ТТ высоковольтных вводов БСК.
- Функция резервирования отказа каждого выключателя БСК.
- Защита минимального напряжения шин БСК.
- Защита от повышения напряжения шин/автоматика ограничения повышения напряжения БСК.

**Функциональное описание РЗА батареи статических конденсаторов,  
присоединенной через один или два выключателя к шинам типового РУ  
напряжением 110 - 330 кВ**

Рассматриваются следующие схемы РУ:

- Одна рабочая, секционированная выключателем, и обходная системы шин 110 (220) кВ.
- Две рабочие и обходная системы шин 110 (220) кВ.
- Две рабочие, секционированные выключателями, и обходная системы шин 110 (220) кВ.
- Трансформатор – шины 330 кВ с присоединением БСК через два выключателя.
- Полуторная схема 330 кВ.

Примечание. Выше приведен неполный перечень типовых схем РУ с возможным присоединением БСК, однако указанные схемы РУ являются достаточными для полноценного и всестороннего рассмотрения функций и особенностей расчетов уставок РЗА БСК.

Таким образом, представленные далее рекомендации и методические указания также вполне применимы и для БСК, имеющих другие типовые или индивидуальные схемы присоединения (см. также **Приложение А** «Схемы привязки РЗА батарей статических конденсаторов 110 - 330 кВ»).

**1 Перечень и краткое описание функций защиты батарей статических конденсаторов напряжением 110 – 330 кВ, реализуемых в МП устройствах РЗА:**

**1.1 ANSI 87С. Продольная дифференциальная токовая защита БСК\***, использующая характеристики стабилизации (торможения),

действующая при междуфазных и однофазных КЗ в защищаемой зоне, ограниченной трансформаторами тока, установленными в цепи высоковольтных вводов и в цепи каждой фазы вводов на стороне нейтрали БСК (при наличии указанных ТТ), без выдержки времени:

- на отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- на пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.2 ANSI 87C&B. Продольная дифференциальная токовая защита БСК и ошиновки ВН БСК (резервирующий комплект с расширенной зоной действия на стороне высоковольтных вводов БСК)\***, использующая характеристики стабилизации (торможения), действующая при междуфазных и однофазных КЗ в защищаемой зоне, ограниченной трансформаторами тока, установленными в цепи выключателей на стороне высоковольтных вводов и в цепи каждой фазы вводов на стороне нейтрали БСК (при наличии указанных ТТ), без выдержки времени на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.3 ANSI 87B. Дифференциальная токовая защита ошиновки на стороне высоковольтных вводов БСК**, использующая характеристики стабилизации (торможения), действующая при междуфазных и однофазных КЗ в защищаемой зоне, ограниченной трансформаторами тока, установленными в цепи выключателей и в цепи высоковольтных вводов БСК, без выдержки времени:

- на отключение выключателей БСК;
- на пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.4 ANSI 87N. Ограниченная токовая (дифференциальная) защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК\*\***, срабатывает при повреждении в защищаемой зоне, ограниченной трансформаторами тока, установленными в цепи выключателей на стороне высоковольтных вводов БСК и однофазного ТТ, установленного в цепи заземления нейтрали БСК (при наличии указанного ТТ), без выдержки времени действует на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.5 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК**, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе с ТТ, установленным между средними точками обеих ветвей фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК), реагирующая на дифференциальные токи фаз А/В/С, протекающие в цепи проводника соединяющего средние точки параллельных ветвей соответствующей фазы БСК. Защита имеет две ступени по току срабатывания, действующие при появлении тока небаланса при несимметрии параллельных ветвей фазы БСК (повреждение одного или нескольких конденсаторов силовой ветви) с независимыми выдержками времени:

Первая ступень (отключающая) с меньшей выдержкой времени, действующая на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- на пуск УРОВ выключателей БСК.

Вторая ступень (чувствительная) с большей выдержкой времени, действующая на:

- сигнал.

**1.6 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК** имеет одну (до 3-х) ступень по току срабатывания, действующую при КЗ на землю в защищаемых зонах с заданной независимой выдержкой времени на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.7 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК** имеет одну (до 3-х) ступень по току срабатывания, действующую при КЗ на землю в защищаемых зонах с заданной независимой выдержкой времени на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.8 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК** имеет три ступени по току срабатывания, действующие при однофазных/междуфазных КЗ в защищаемых зонах и перегрузке конденсаторов токами высших гармоник с заданными независимыми выдержками времени:

**1.8.1** Две ступени защиты с уставками по току срабатывания при КЗ в зоне БСК, (**МТЗ ВН БСК, реагирующая на токи основной гармоники**), с независимыми выдержками времени действуют на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.8.2** Третья ступень защиты с уставкой по току срабатывания при перегрузке БСК (защита от перегрузки фаз БСК, реагирующая на действующее значение тока, включающее высшие гармоники), со второй независимой выдержкой времени действует на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.9 ANSI 46.** Максимальная токовая защита обратной последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК\*\*\* имеет одну (до 3-х) ступень по току срабатывания, действующую при несимметричных КЗ в защищаемых зонах с заданной независимой выдержкой времени на:

- отключение выключателей БСК (с блокированием команд включения);
- пуск УРОВ выключателей БСК.

**1.10 ANSI 50BF.** Внутренняя функция резервирования отказа отдельного выключателя БСК (реализуется в МП устройстве защиты/управления БСК) пускается при срабатывании защит на отключение выключателя БСК, с контролем наличия минимального тока в его цепи. В случае использования двухступенчатого действия УРОВ:

С 1-й заданной выдержкой времени (1-я ступень УРОВ) действует на:

- отключение выключателя БСК (повторное действие защит с блокированием команд включения).

Со 2-й заданной выдержкой времени (2-я ступень УРОВ) действует на:

- отключение выключателей смежных присоединений непосредственно или через схему ДЗШ.

Примечание. При установке устройства ДЗШ РУ, имеющего функции УРОВ присоединений шин, по преимуществу используется базовая функция



УРОВ в устройстве ДЗШ с пуском при срабатывании защит на отключение выключателя.

**1.11 ANSI 50BF. Функция резервирования отказа отдельного выключателя БСК в устройстве дифференциальной токовой защиты шин РУ (реализуется в устройстве ДЗШ, имеющей функцию УРОВ присоединений шин), пускается при срабатывании защит на отключение выключателя БСК, с контролем наличия минимального тока в его цепи.**

Применяется, как правило, двухступенчатое действие УРОВ с контролем наличия тока присоединения. Действует, через схему центрального устройства ДЗШ с заданными независимыми выдержками времени.

При пуске от защит БСК:

С выдержкой времени 1-й ступени УРОВ действует на:

– повторное отключение выключателя БСК.

С выдержкой времени 2-й ступени УРОВ действует на:

– отключение выключателей присоединений шин РУ (основное действие);

– отключение выключателя БСК (дополнительное действие реализуется в том случае, если введено действие ДЗШ на отключение данного выключателя).

При пуске от ДЗШ:

С выдержкой времени 2-й ступени УРОВ действует на:

– отключение выключателя БСК (действие, реализуется в том случае, если введено действие ДЗШ на отключение данного выключателя).

**2 Перечень и краткое описание функций автоматики и управления БСК, реализуемых в МП устройствах РЗА:**

**2.1 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН** имеет одну ступень по напряжению срабатывания при симметричном снижении на шинах с блокированием действия при неисправности (обрыве) цепей напряжения, с заданной независимой выдержкой времени действует на:

- отключение выключателей БСК с блокированием его повторного включения.

**2.2 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН**, имеет одну ступень по напряжению срабатывания.

**Ступень защиты** при симметричном повышении напряжения на шинах, с заданной независимой выдержкой времени действует на:

- отключение выключателей БСК.

**2.3 MV. Устройство измерения аналоговых величин** токов в фазах на сторонах БСК, с отображением на дисплее устройства и дистанционной передачей данных.

**2.4 FR. Регистратор аварийных событий** фиксирует с отображением на дисплее устройства и дистанционной передачей данных:

- фазные токи на сторонах ВН и нейтрали БСК;
- токи нулевой последовательности на сторонах ВН и нейтрали БСК;
- фазные напряжения и напряжение нулевой последовательности на стороне высоковольтных вводов БСК.

**2.5 ER. Регистратор внутренних событий** (устройства) для запоминания, отображения на дисплее устройства, дистанционной передачи событий срабатывания и неисправности внутренних функций, и пусковых сигналов бинарных входов.

**2.6 Дистанционное управление, мониторинг и блокирование ошибочных операций коммутационными аппаратами** в ячейке отдельного выключателя БСК.

**2.7 Мониторинг и фиксация действия технологических защит** отдельного выключателя БСК.

**2.8 Мониторинг и фиксация действия технологических защит** БСК.

Примечания.

\* – отмеченные функции защиты БСК не являются обязательными согласно ПУЭ, однако их применение рекомендуется в целях быстрой (без выдержки времени) ликвидации КЗ в зоне БСК с током, существенно превышающим токи небаланса ветвей БСК, возникающих при повреждении отдельных конденсаторов батареи (пробой, перегорание предохранителя);

\*\* – отмеченная функция рекомендуется к применению вместо, или в дополнение к функции продольной дифференциальной токовой защиты БСК, при условии установки отдельного ТТ в цепи заземления нейтрали батареи;

\*\*\* – отмеченная функция защиты БСК не является обязательной согласно ПУЭ, ее использование может быть целесообразным в качестве чувствительной резервной токовой защиты от несимметричных повреждений БСК.

# Приложение А

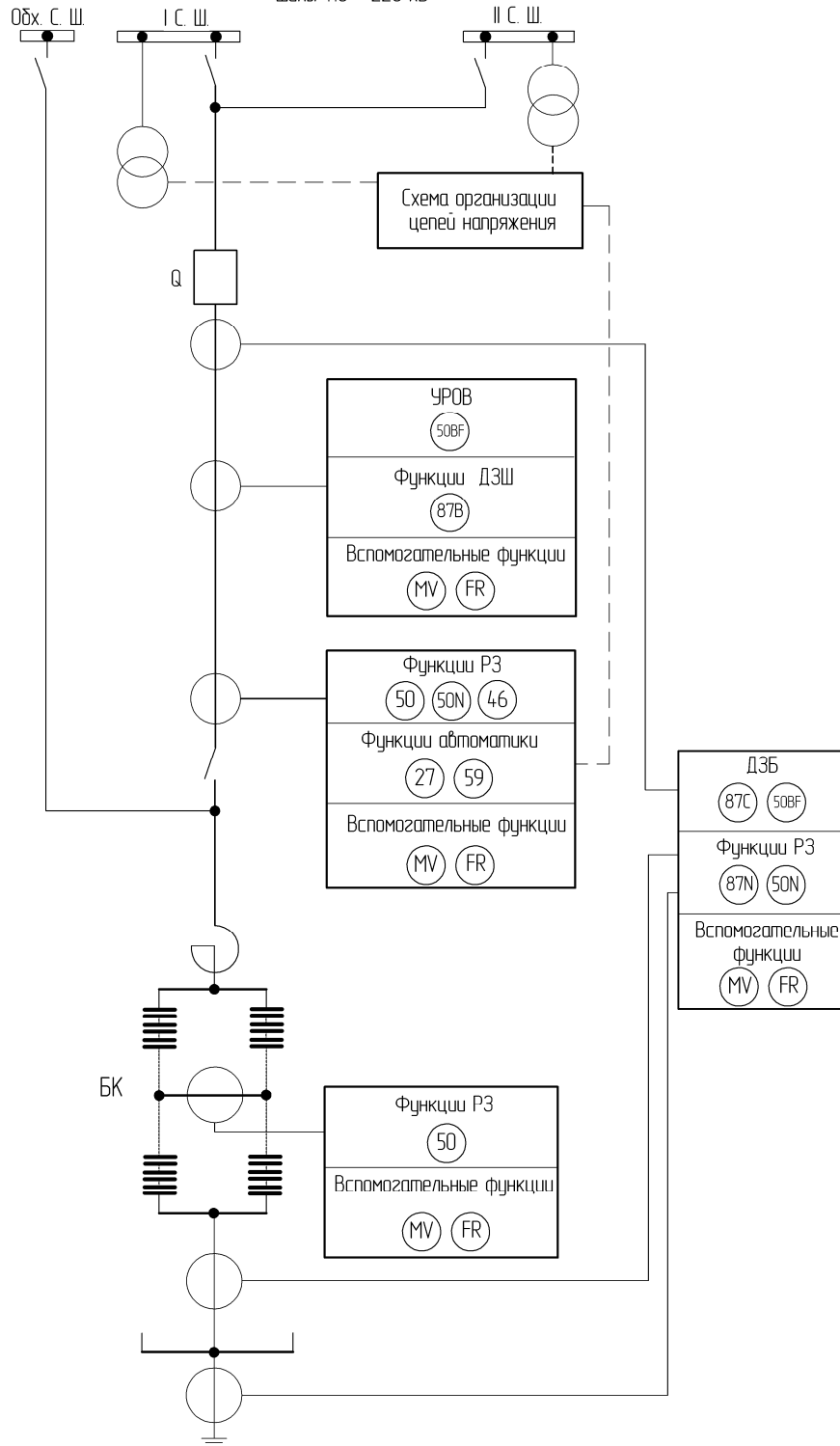
## Схемы привязки РЗА батареи статических конденсаторов 110-330 кВ

Лист 1

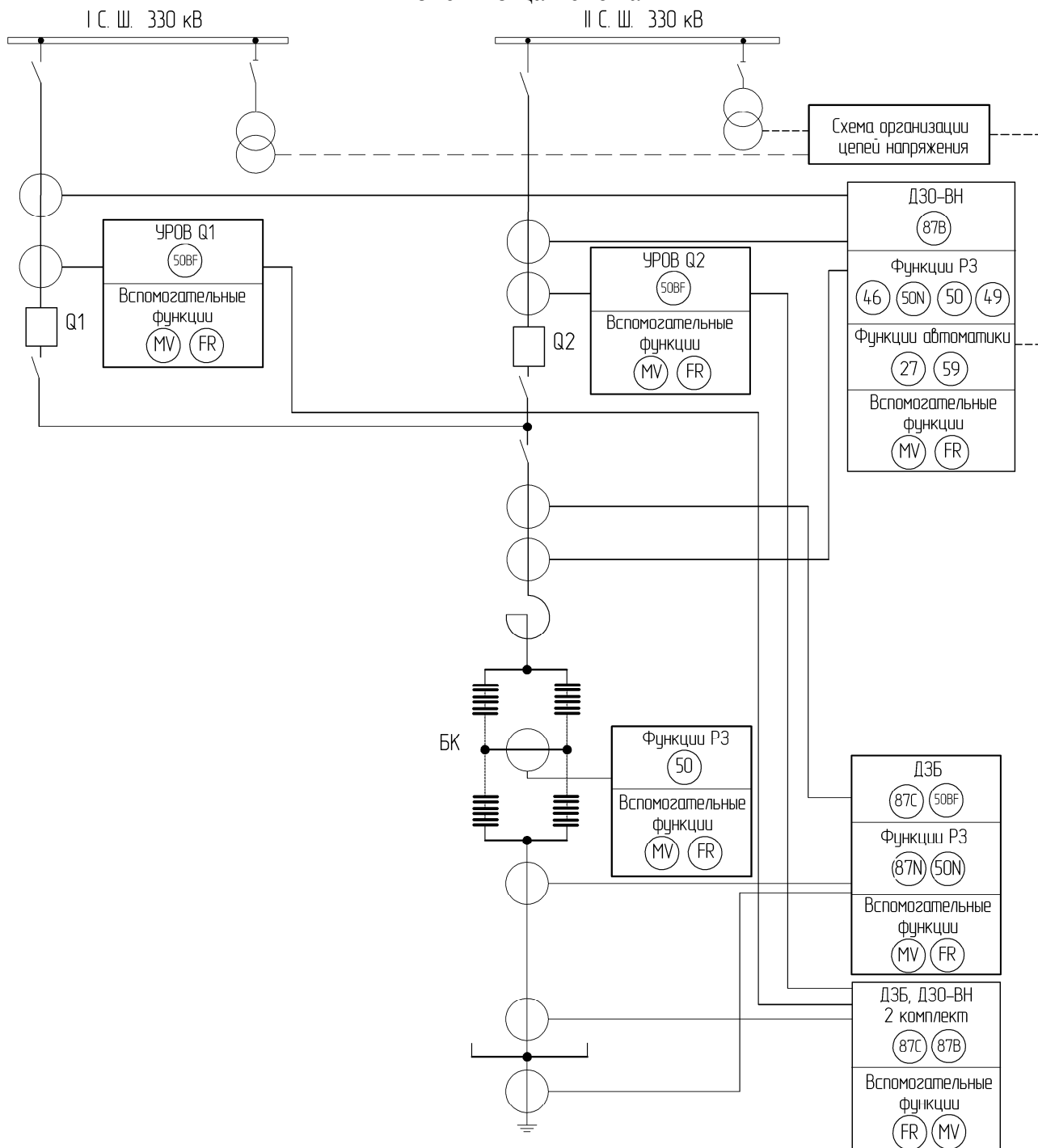
### Батареи статических конденсаторов шин 110 – 220 кВ

#### Поясняющая схема

Шины 110 – 220 кВ



## Батареи статических конденсаторов шин 330 кВ Поясняющая схема



**Методические указания по выбору параметров срабатывания микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики батарей статических конденсаторов 110 – 330 кВ фирм «Siemens AG», ООО «НПП «ЭКРА», «ABB», «GE Multilin» и «AREVA»**

В настоящих методических указаниях рассматривается релейная защита и автоматика батарей статических конденсаторов напряжением 110 – 330 кВ, присоединенных к системам или секциям шин напряжением 110 – 330 кВ, как через один, так и через два выключателя.

Режимы параллельной работы БСК и управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора в настоящих методических указаниях не рассматриваются.

**Общая информация по БСК.**

БСК напряжением 110-330 кВ представляют собой отдельные конденсаторы определённой мощности, собранные вместе путём последовательно-параллельного соединения (рисунок Б1, а):  $M$  последовательно включенных конденсаторов в  $N$  параллельных ветвях.

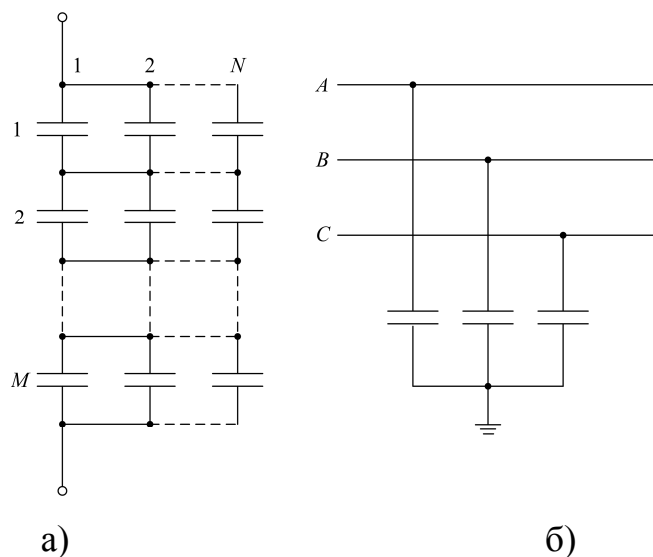


Рисунок Б1. Схема соединения конденсаторов в одной фазе БСК (а) и схема соединения фаз БСК в «звезду» с заземлением (б)

Отдельные конденсаторы рассчитываются на напряжение до 12 кВ. Включение на более высокое напряжение достигается увеличением числа последовательно включенных конденсаторов. Для повышения мощности батареи увеличивают число параллельно включенных ветвей.

Каждый конденсатор на рисунке Б1,а представляет собой группу конденсаторных элементов (неделимых частей) со встроенными предохранителями, соединёнными по аналогичной схеме.

Для ограничения тока при включении БСК в каждую фазу батареи включены токоограничивающие реакторы.

В МУ рассматриваются БСК с соединением фаз в «звезду» с заземлением, включаемые на напряжение 110-330 кВ, рисунок Б1, б.

В МУ не рассматриваются БСК с внутренней форсировкой или регулированием мощности изменением внутренней схемы включением или отключением части параллельных ветвей батареи. Указанная регулировка осуществляется включением дополнительных параллельных БСК с индивидуальными комплектами РЗА. Влияние такого регулирования учитывается при расчёте тока включения БСК.

## **Б1 ANSI 87C. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)**

### **Б1.1 Принципы действия дифференциальной токовой (продольной) защиты БСК**

Дифференциальная защита БСК должна реагировать на токи основной гармоники, то есть в устройстве микропроцессорной защиты необходимо выполнение фильтрации токов высших гармоник.

**Б1.1.1** Принцип действия дифзащиты основан на измерении и сравнении токов сторон (далее, высоковольтные вводы и заземляемые нейтрали) БСК, отдельно для каждой фазы.

Дифференциальный (рабочий) ток дифзащиты, как правило, представляет собой модуль геометрической (векторной) суммы измеряемых токов сторон БСК. При этом предполагается, что токи, втекающие в защищаемую зону имеют одинаковый «положительный» знак, и наоборот.

Тормозной ток (препятствующий действию рабочего тока) дифзащиты представляет собой полную (или пропорционально уменьшенную) сумму модулей измеряемых токов сторон БСК, если рассматриваются сквозные токи оборудования (в данном случае – БСК), в режиме которых производится отстройка срабатывания дифзащиты.

**Б1.1.2** Функция дифференциальной токовой защиты БСК, как правило, включает два основных принципиальных алгоритма действия (ниже на рисунках Б2–Б5 приведены характеристики срабатывания устройств различных изготовителей):

– характеристика действия защиты с токовым торможением, представляющая собой чувствительный орган защиты с током срабатывания, величина которого увеличивается пропорционально (в общем случае) тормозному току защиты, и уставкой начального тока срабатывания ниже номинального тока БСК (при отсутствии торможения на начальном заданном участке характеристики);

– характеристика быстрого действия защиты при повреждениях с низким сопротивлением в защищаемой зоне, представляющая собой грубый орган защиты с высоким порогом тока срабатывания (дифференциальная отсечка), который не ограничивается имеющимися тормозными характеристиками защиты и, вследствие этого, должен превышать



максимально возможный дифференциальный ток небаланса дифзащиты при сквозных (внешних) токах БСК.

### Б1.1.3 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты устройств SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6х.

Б1.1.3.1 На поясняющей диаграмме (согласно рисунку Б2) показана полная характеристика срабатывания/торможения функции дифзащиты в устройстве 7UT61х. Описание параметров смотрите ниже.

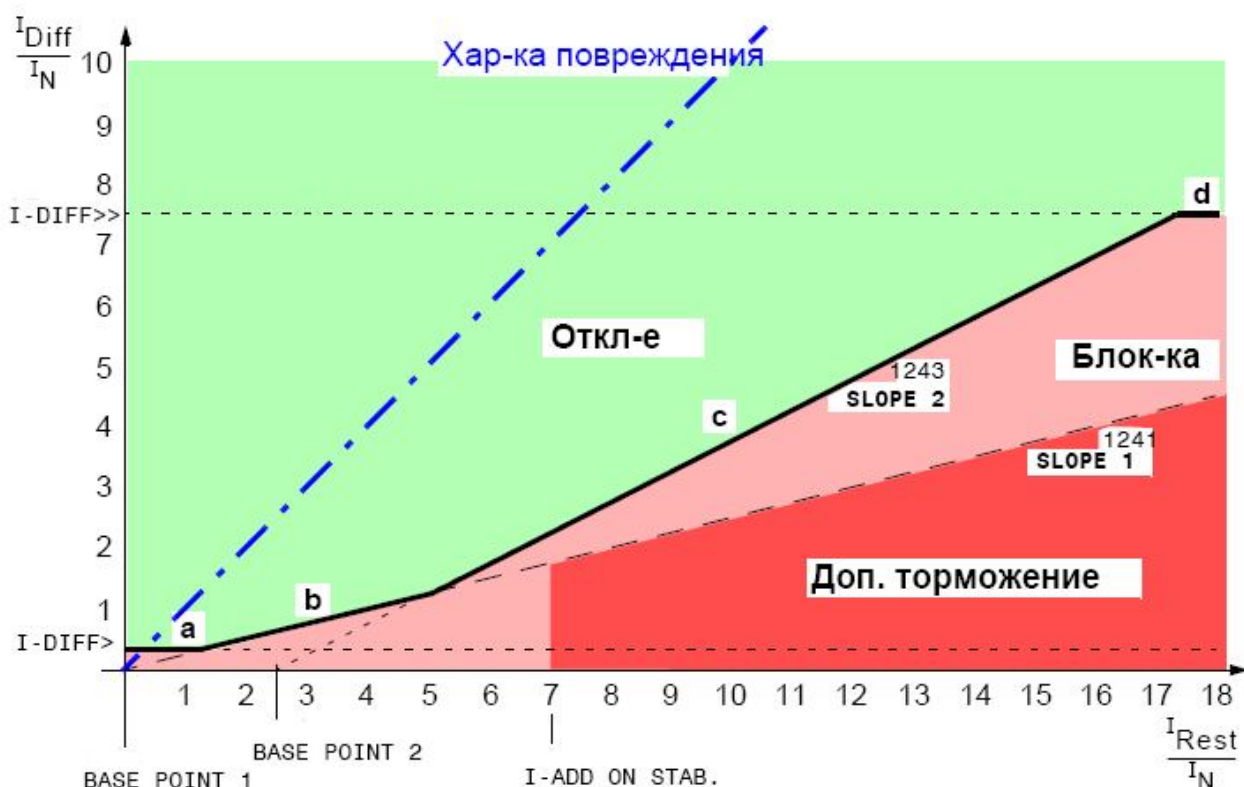


Рисунок Б2. Характеристика срабатывания устройства SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6х

Б1.1.3.2 Участок «а» характеристики представляет собой минимальный порог чувствительности дифзащиты ( $I-DIFF >$ ) для диапазона малых токов повреждения БСК (не превышающих номинальный ток) при заданном отсутствии торможения, и учитывает постоянную погрешность измерения

токов, возникающую вследствие влияния токов намагничивания измерительных ТТ защиты.

**Б1.1.3.3** Участок «b» (**первый наклон характеристики торможения**) учитывает увеличение погрешности измерения, пропорционально сквозному току основных или промежуточных ТТ защиты в пределах допустимой (номинальной) величины ( $\leq 10\%$ ) для ТТ.

**Б1.1.3.4** При больших токах внешнего КЗ, которые могут вызвать насыщение ТТ и увеличение погрешности измерения ТТ ( $> 10\%$ ), дополнительное торможение обеспечивает участок характеристики «с» (**второй наклон характеристики торможения**). При условии правильного выбора характеристик ТТ с учетом величины максимального сквозного тока (бросок тока включения) БСК, использование характеристики торможения на участке «с» неактуально.

**Б1.1.3.5** Дифференциальные токи превышающие порог «d» вызывают немедленное отключение независимо от величины торможения и содержания гармоник (уставка **I-DIFF>>**). Это рабочий диапазон «быстрого отключения без торможения при больших токах повреждения» или дифференциальной отсечки.

**Б1.1.3.6** Область дополнительного торможения является рабочей областью детектора насыщения.

Насыщение ТТ при внешних повреждениях обнаруживается по большому начальному току торможения, который передвигает рабочую точку в область дополнительного торможения. Детектор насыщения работает в течение первой четверти периода промышленной частоты после начала повреждения.

При обнаружении внешнего повреждения дифференциальная защита блокируется на выбранное время. Эта блокировка снимается как только рабочая

точка  $\frac{I_{\text{ДИФ}}}{I_{\text{ТОРМ}}}$  стабилизируется (то есть по крайней мере через один цикл) в области отключения около характеристики повреждения ( $\geq 80\%$  от наклона характеристики повреждения). Это позволяет надежно распознать последующие повреждения в защищаемой зоне, даже если они возникают после внешнего повреждения с насыщением трансформатора тока.

### Б1.1.4 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты устройств MiCOM P63x (AREVA).

**Б1.1.4.1** Первый участок характеристики (смотрите рисунок Б3) является самым чувствительным диапазоном характеристики срабатывания, представляет собой горизонтальную линию регулируемой уставки  $I_{\text{диф}}>$ . Значение устанавливаемое по умолчанию равно  $0,2 \cdot I_{\text{БАЗ}}$  (базисный ток БСК).

Первый участок характеристики проходит горизонтально до пересечения с линией токов КЗ (или нагрузочных токов) в режиме одностороннего питания объекта.

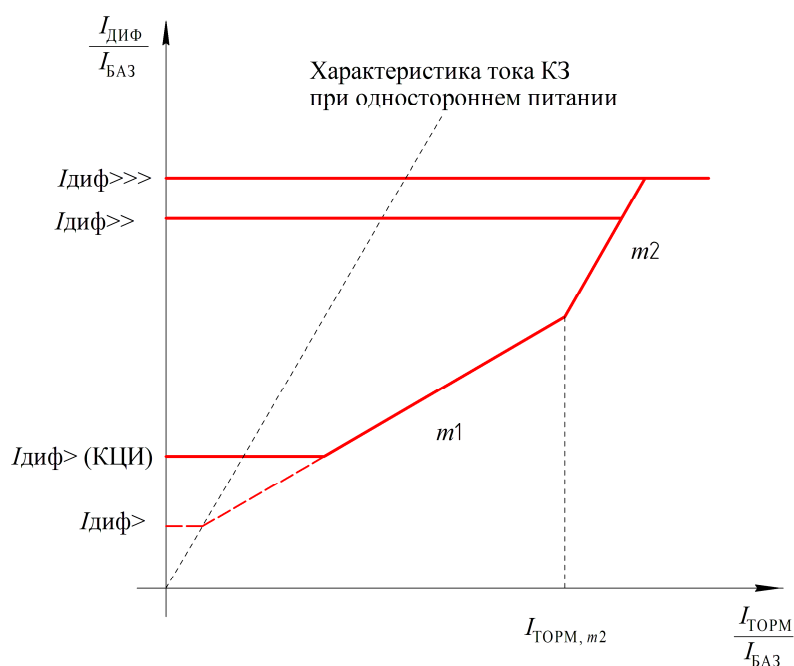


Рисунок Б3 – Характеристика срабатывания устройства MiCOM P63x (AREVA)

**Б1.1.4.2 Второй участок (первый наклон)** характеристики торможения превышает диапазон нагрузочных токов, на этом участке защита отстраивается от дифференциального тока небаланса вызванного номинальными погрешностями трансформаторов тока.

Второй участок характеристики срабатывания представляет собой прямую линию, наклон которой должен обеспечивать отстройку от суммарного небаланса дифференциального тока вызванного погрешностью комплектов трансформаторов тока. Уставкой **m1** задается наклон второго участка характеристики.

Линия, характеризующая второй участок характеристики, начинается в точке пересечения линии первого участка характеристики с линией тока КЗ или нагрузки при одностороннем питании объекта.

**Б1.1.4.3 Вторая точка перегиба** характеристики срабатывания определяется уставкой и характеризует конец зоны увеличения тормозного тока в максимальном нагрузочном режиме.

Тормозные токи лежащие за второй точкой перегиба характеристики оцениваются как сквозной ток короткого замыкания. В случае больших сквозных токов, третий участок (**второй наклон**) характеристики торможения должен быть чрезвычайно крутым. Однако, принимая во внимание возможность возникновения повреждения в защищаемой зоне как результат длительного протекания аварийного тока в системе, введено ограничение предельного значения **m2** коэффициента наклона третьего участка характеристики.

Линия третьего участка характеристики начинается в точке пересечения вертикальной линии уставки тормозного тока **I<sub>торм,m2</sub>** с линией второго участка характеристики срабатывания.

Как указывалось выше (п. **Б1.1.3**), для БСК использование характеристики торможения третьего участка, как правило, неактуально.

**Б1.1.4.4** Для обеспечения дополнительной надежности при сквозных токах, вызывающих насыщение трансформаторов тока, устройство **Р63х** оснащено дискриминатором насыщения. После каждого прохождения тормозного тока через нуль дискриминатор насыщения каждой измерительной системы контролирует время появления дифференциального тока. При внутреннем повреждении, после прохождения через нуль дифференциальный ток должен возникнуть одновременно с появлением тормозного тока. В отличие от этого, в случае протекания сквозных токов с насыщением трансформаторов тока дифференциальный ток появляется только с момента начала насыщения трансформаторов тока. На базе соответствующего контроля сравнения уровня дифференциального тока с тормозным током, генерируется сигнал блокировки, чем достигается требуемая стабилизация работы дифзащиты во всем диапазоне токов. Блокировка осуществляется только в той измерительной системе, в которой было обнаружено внешнее повреждение.

Если дифференциальный ток защиты превышает уставку порога **ДИФФ: I диф>>ПШх**, устройство **Р63х** срабатывает без учета действия блока стабилизации дифференциального тока при броске тока включения защищаемого объекта (БСК) и блока стабилизации дифференциального тока при перевозбуждении защищаемого объекта.

При превышении дифференциальным током уставки порога **ДИФФ: I диф>>> ПШх** на работу дифзащиты больше не оказывают влияния также тормозной ток и дискриминатор насыщения, то есть устройство **Р63х** срабатывает независимо от величины тока торможения и работы дискриминатора насыщения.

## Б1.1.5 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты устройств GE Multilin T35/60.

**Б1.1.5.1** Первый участок характеристики является самым чувствительным диапазоном характеристики срабатывания и представляет собой горизонтальный участок, положение которого регулируется уставкой ПУСК (на рис. Б4 обозначена как МИН СРАБ). Первый участок характеристики проходит горизонтально до пересечения с первой наклонной линией.

**Б1.1.5.2** Второй участок (первый наклон) характеристики торможения представляет собой прямую линию, наклон которой задается уставкой НАКЛОН1 (на рис. Б4 обозначена как Н1). Линия, характеризующая второй участок характеристики, пересекает начало координат и точку на линии первого участка характеристики с координатами  $I_{диф} = \text{МИН СРАБ}$ ,  $I_{трм} = \text{МИН СРАБ}/\text{НАКЛОН1}$  (начало второго участка характеристики) и завершается в точке ПЕРЕГИБ1 (на рис. Б4 обозначена как П1).

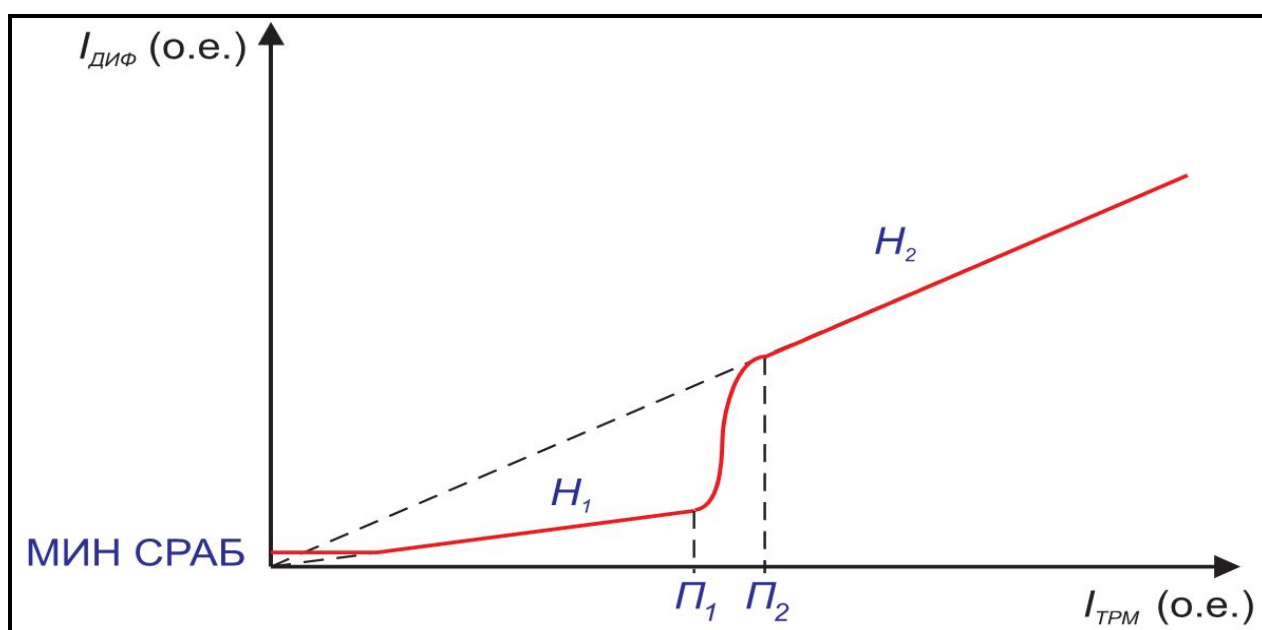


Рисунок Б4 – Характеристика срабатывания устройства GE Multilin T35/60

**Б1.1.5.3** Третий участок (**второй наклон**) характеристики торможения представляет собой прямую линию, наклон которой задается уставкой **НАКЛОН2** (на рис. Б4 обозначена как  $N2$ ), которая пересекает начало координат и точку с координатами  $I_{диф} = ПЕРЕГИБ2 \cdot НАКЛОН2$ ,  $I_{трм} = ПЕРЕГИБ2$  (начало третьего участка характеристики). Так как между точками **ПЕРЕГИБ1** и **ПЕРЕГИБ2** появляется разрыв, то он устраняется путем аппроксимации границы срабатывание/несрабатывание этой характеристики с использованием определенной «склеивающей» функции. Таким образом, создается плавный переход от второго участка (**НАКЛОН1**) к третьему участку (**НАКЛОН2**). При использовании одинакового наклона на втором и третьем участках ( $НАКЛОН1 = НАКЛОН2$ ) характеристика срабатывания между вторым и третьим участками представляет собой прямую линию.

Как указывалось выше (п. **Б1.1.3**), для БСК использование отдельного наклона на третьем участке характеристики торможения неактуально.

### **Б1.1.6 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты устройств АВВ RET670.**

**Б1.1.6.1** Характеристика срабатывания включает дифференциальную отсечку и чувствительный орган с торможением. Действие дифференциальной отсечки основано на измерении первой гармоники дифференциального тока. Дифференциальная отсечка используется при возникновении очень больших дифференциальных токов, когда нет сомнений в том, что повреждение является внутренним. Ток срабатывания дифференциальной отсечки является постоянной величиной. Дифференциальная отсечка не зависит от тока торможения и не блокируется токами высших гармоник.

Чувствительный орган дифференциальной защиты имеет функцию токового торможения (то есть стабилизацию). Он сравнивает расчетные дифференциальные токи основной частоты (то есть токи срабатывания) и ток торможения с уставочной областью тормозной характеристики. Характеристика имеет горизонтальный участок, два участка с разным наклоном и две точки излома, как показано на рисунке Б5.

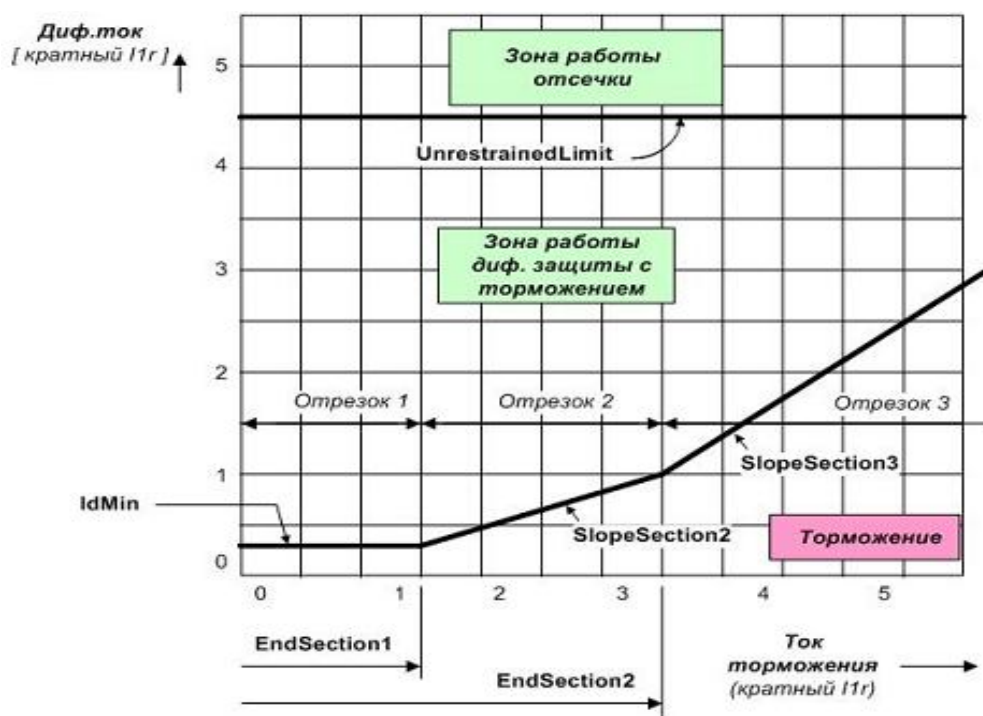


Рисунок Б5 – Характеристика срабатывания устройства **RET670**

Она (характеристика) задается в относительных единицах (за базу принимается номинальный ток защищаемого объекта) и состоит из трех отрезков прямых линий:

- первого (горизонтального) – до тормозного тока **EndSection1**;
- второго (наклонного) – до тормозного тока **EndSection2**;
- третьего (наклонного) – до максимально возможного значения тормозного тока.

Характеристика торможения определяется следующими пятью уставками:



**1 IdMin** (в относительных единицах (о.е.) по вертикали от номинального тока защищаемого объекта) – минимально необходимый дифференциальный ток для срабатывания защиты на участке 1 без торможения). Это наиболее чувствительная часть характеристики дифференциальной защиты. Наклон участка 1 тормозной характеристики всегда равен нулю (торможение отсутствует).

**2 EndSection1** (конец участка 1 по горизонтали в о.е. номинального тока защищаемого объекта).

**3 EndSection2** (конец участка 2 по горизонтали в о.е. номинального тока защищаемого объекта).

**4 SlopeSection2** (наклон или тангенс угла наклона характеристики на участке 2).

**5 SlopeSection3** (наклон или тангенс угла наклона характеристики на участке 3).

Как указывалось выше (п. **Б1.1.3**), для БСК использование характеристики торможения третьего участка, как правило, неактуально.

**Б1.1.6.2** Специальный селектор внутренних (внешних) повреждений дифзащиты выполнен на основе измерения токов обратной последовательности. В указанном селекторе используется сочетание дифференциального и фазного принципов.

Дифференциальный ток обратной последовательности вычисляется по матричному алгоритму, аналогичному тому, который применяется для фазных токов в основном алгоритме. Проверка направленности векторов токов выполняется в том случае, когда на любой стороне ток обратной последовательности превышает уставку минимальной чувствительности (**IMinNegSeq**).

При определении положительного направления векторов (токов обратной последовательности) сторон принято то, что они направлены в одну сторону при КЗ в зоне (и в противоположные стороны при КЗ вне зоны).

Если повреждение было распознано как внутреннее, формируется сигнал отключения основной (чувствительной) функции дифзащиты в поврежденной фазе, согласно внутреннему алгоритму реле.

### **Б1.1.7 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты устройств «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045.**

Дифференциальная токовая защита (ДТЗ) имеет до четырех входов для подключения к четырем трехфазным группам трансформаторов тока. Предусмотрена возможность выравнивания различий по коэффициентам трансформации трансформаторов тока присоединений в пределах от 0,25 А до 16 А.

ДТЗ выполнена в виде двухканальной дифференциальной токовой защиты, содержащей чувствительное реле и отсечку.

Чувствительное реле ДТЗ имеет токозависимую характеристику с уставкой по начальному току срабатывания ( $I_{до}$ ), изменяемой в диапазоне  $(0,2 \div 1,0) \cdot I_{БАЗ.СТОП}$ .

Примечание. Под базисным током стороны ( $I_{БАЗ.СТОП}$ ) понимается значение вторичного тока в плече защиты на определенной стороне при передаче на эту сторону номинальной мощности защищаемого объекта.

Дифференциальная отсечка предназначена для обеспечения надежной работы при больших токах повреждения в зоне действия защиты. Уставка отсечки отстраивается от бросков тока. Ток срабатывания отсечки ( $I_{отс}$ ) изменяется в диапазоне  $(6,5 \div 12,0) \cdot I_{БАЗ.СТОП}$ .

ДТЗ выполнена в виде дифференциальной токовой защиты с торможением от тормозного тока, определяемого по выражению:

$$I_T = \sqrt{\operatorname{Re}(I'_1 \cdot I'_2)} \text{ при } |\arg I'_1 - \arg I'_2| \geq \frac{\pi}{2};$$

$$I_T = 0 \text{ при } |\arg I'_1 - \arg I'_2| < \frac{\pi}{2},$$

где  $I'_1$  – наибольший из токов сторон защиты (ВН - НН);

$I'_2 = I_1 + I_2 + I_{3(4)} - I'_1$  – комплексно сопряженный вектор суммы всех токов защиты, за исключением  $I'_1$ ;

$\operatorname{Re}(I'_1 \cdot I'_2)$  – действительная часть векторного произведения токов  $I'_1$  и  $I'_2$ ;

$I_D = I'_1 + I'_2$  – дифференциальный ток.

Дифференциальный ток ( $I_D$ ) определяется как модуль геометрической суммы всех токов, поступающих на входы реле ДТЗ.

В зависимости от угла между токами  $I'_1$  и  $I'_2$  значение тормозного тока ( $I_T$ ) может составить:

$$I_T = \sqrt{I_1 \cdot I_2 \cdot \cos(180 - \alpha)}, \text{ если } 90^\circ < \alpha < 270^\circ;$$

$$I_T = 0, \text{ если } -90^\circ < \alpha < 90^\circ \text{ или } I'_2 = 0,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами токов  $I'_1$  и  $I'_2$ .

Характеристика тока срабатывания ДТЗ, приведенная на рисунке Бб ниже, состоит из горизонтального и наклонного участков, соединенных плавным переходом.

$$I_{CP} = I_{ДО} + K_T \cdot (I_T - I_{T0}),$$

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

$I_{\text{до}}$  – начальный ток срабатывания;

$I_{\text{т}}$  – тормозной ток;

$I_{\text{т0}}$  – длина горизонтального участка тормозной характеристики;

$K_{\text{т}}$  – коэффициент торможения.

Длина горизонтального участка ( $I_{\text{т0}}$ ) регулируется в диапазоне  $(0,6 \div 1,5) \cdot I_{\text{баз.стоп}}$ .

Уставка по коэффициенту торможения ДТЗ изменяется в диапазоне  $(0,2 \div 0,7) \cdot I_{\text{баз.стоп}}$ .

Примечание. Под коэффициентом торможения понимается отношение приращения дифференциального тока ( $I_{\text{д}}$ ) к приращению тормозного тока ( $I_{\text{т}}$ ) в условиях срабатывания.

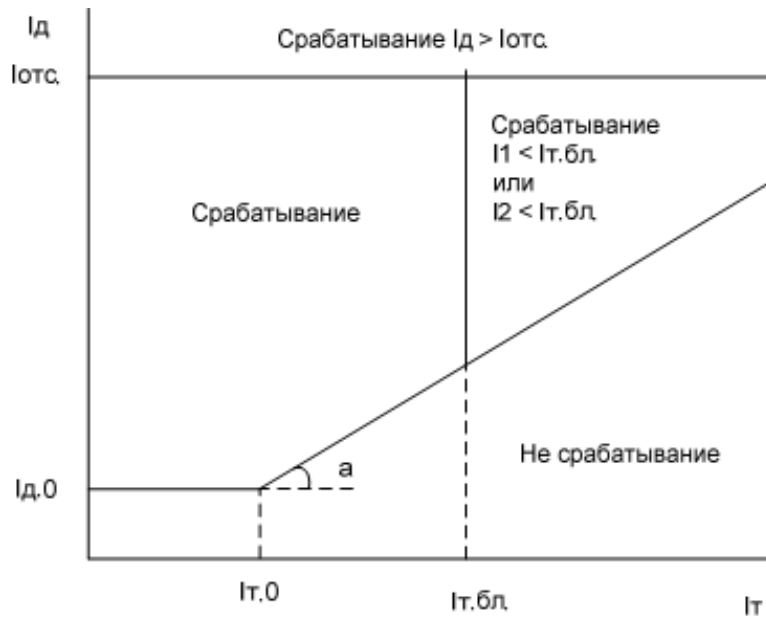
При тормозном токе  $I_{\text{т}} \geq I_{\text{т.бл}}$  (ток торможения блокировки) характеристика срабатывания ДТЗ изменяется следующим образом:

– если  $I'_1 \geq I_{\text{торм.блок}}$  и  $I'_2 \geq I_{\text{торм.блок}}$  – ДТЗ блокируется;

– если  $I'_1 < I_{\text{торм.блок}}$  или  $I'_2 < I_{\text{торм.блок}}$ , наклон характеристики

срабатывания ДТЗ определяется коэффициентом торможения.

Уставка по току торможения блокировки изменяется в диапазоне  $(1,5 \div 3,0) \cdot I_{\text{баз.стоп}}$ .



$I_{д.0}$  - начальный ток срабатывания ДЗТ;  
 $I_{т.0}$  - ток начала торможения ДЗТ;  
 $I_{т.бл}$  - ток торможение блокировки ДЗТ;  
 $K_t = \operatorname{tg} a$  - коэффициент торможения ДЗТ;  
 $I_{отс}$  - ток срабатывания дифференциальной отсечки

Рисунок Б6 – Характеристика срабатывания ДТЗ устройств «НПП ЭКРА»

**ШЭ 2607 041/045**

ДТЗ правильно функционирует при КЗ в зоне действия при токе повреждения более начального тока срабатывания чувствительного реле до  $40 \cdot I_{\text{БАЗ.СТОП}}$  при значении токовой погрешности высоковольтных трансформаторов тока в установившемся режиме, вызванной их насыщением при работе на активную нагрузку, до 50%.

ДТЗ отстроена от тока внешнего КЗ при максимальной кратности входного тока не более  $40 \cdot I_{\text{БАЗ.СТОП}}$  при значении полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока в установившемся режиме, вызванной их насыщением при работе на активную нагрузку, до 10%.

**Б1.1.8** Ток включения БСК для продольной дифзащиты является сквозным током, так как измерительные трансформаторы тока (ТТ) защиты установлены с двух сторон одной цепи (БСК).

Для МП устройств дифференциальной токовой защиты, использующих функцию эффективного торможения токами, протекающими на сторонах объекта (полная сумма или отдельные из модулей токов), отстройка тока срабатывания от токов небаланса при включении БСК **по величине** не требуется.

Ввиду того, что бросок тока включения БСК является сквозным, отстройка (не действие) дифзащиты в указанном случае обеспечивается правильным выбором наклона характеристики срабатывания (торможения) реле, который характеризуется величиной коэффициента торможения ( $K_{\text{ТОРМ}}$ ), представляющей собой  $\text{tg}\alpha$  (или тангенс угла наклона характеристики срабатывания).

**Б1.1.9** Кроме того, существуют другие специальные возможности устройства, предотвращающие неселективные действия защиты, вероятные при переходных процессах короткого замыкания в сети и на защищаемом оборудовании, вызывающих увеличение погрешности измерения трансформаторов тока дифзащиты. Детальное описание всех характеристик защиты приведено в руководстве по эксплуатации микропроцессорного устройства.

В настоящих указаниях характеристики дифзащиты (и прочих защит) БСК рассматриваются в объеме, необходимом для выбора параметров или расчета уставок функций РЗА БСК.

**Б1.2 Выбор начального тока срабатывания основной характеристики дифзащиты БСК**

С учетом отстройки срабатывания дифзащиты от сквозного тока при включении (или при восстановлении напряжения после отключения КЗ) БСК с помощью токового торможения, рекомендуется следующая уставка минимального тока срабатывания основной (чувствительной) функции дифзащиты, обеспечивающая отстройку от тока небаланса реле в нормальном (нагрузочном) режиме работы БСК, вызванного погрешностью измерения ТТ и терминала защиты.

**Б1.2.1** Для устройств SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6х изготовителем рекомендуется уставка по минимальному току срабатывания основной (чувствительной) функции дифзащиты:

$$87C (I - DIFF >) = 0,2 \cdot I_{NObj}, \quad (Б1.1)$$

где  $I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта (БСК).

Указанная выше величина уставки минимального тока срабатывания дифференциальной защиты может быть проиллюстрирована следующим базовым выражением:

$$87C (I - DIFF >) = K_{ОТСТР} \cdot I_{НБ.ТОРМ.НАЧ} \geq 0,15 \cdot I_{NObj}, \quad (Б1.2)$$

где  $I_{НБ.ТОРМ.НАЧ} = (K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta f_{ВЫР}) \cdot I_{NObj}$  – ток небаланса в режиме до начала торможения;

$K_{ОТСТР} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$K_{ОДН} = 1$  – коэффициент однотипности ТТ (при различии типов или характеристик ТТ на сторонах БСК, для идентичных ТТ –  $K_{ОДН} = 0,5$ );

$\varepsilon = 0,05$  – относительное значение полной погрешности измерительных ТТ (в диапазоне токов нагрузки не превышающих номинальный ток ТТ);

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,05$  – относительное значение токовой погрешности промежуточных ТТ и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) терминала.

Таким образом, величина тока срабатывания согласно (Б1.1) имеет дополнительный запас по отстройке от токов небаланса в нагрузочном режиме работы БСК по сравнению с максимальным расчетным значением уставки.

Уставка **I-DIFF>** (**дифференциальный ток >**) это пороговая величина срабатывания по дифференциальному току, который является полным током повреждения защищаемого объекта.

Уставка **I-DIFF>** определяется относительно номинального тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{DIFF}}{I_{NOBJ}}$ ).

Если на обеих сторонах БСК используются идентичные трансформаторы тока, для устройств защиты **SIPROTEC** можно рекомендовать даже меньшую относительную величину минимального тока срабатывания дифзащиты ( $0,15 \cdot I_{NOBJ}$ ). Однако, при этом необходимо учитывать, что если номинальные токи трансформаторов тока значительно (более, чем в 10 раз) превышают номинальный ток БСК, возможно появление больших погрешностей при измерении тока нагрузочного режима.

В таких случаях, в выражении выше (Б1.1) рекомендуется увеличить уставку по току срабатывания основной функции дифзащиты –  $(0,25 \div 0,3) \cdot I_{NOBJ}$ , а также следовать указаниям п. **Б1.8**, ниже.

**Б1.2.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)**, в общем случае, также может быть рекомендована уставка, аналогичная указанному выше в п. **Б1.2.1**, рассчитываемая на основе базовой формулы указанного пункта:

$$87C(I - DIFF >) = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{NOBJ} \quad (\text{Б1.3})$$



Кроме того, устройства защиты фирмы **AREVA** имеют дополнительную характеристику **Idif>(CTS) (Идиф>(КЦИ)** – автоматическое повышение порога уставки начального тока срабатывания при обнаружении повреждения в цепях измерительных ТТ (согласно рисунку Б3). По умолчанию она равна **Idiff>**. Для дифзащиты БСК указанная функция вряд ли может быть применима, виду того, что обрыв провода любой из шести фаз измерительных ТТ приведет к автоматическому срабатыванию дифзащиты на отключение, так как ток нагрузки батареи имеет постоянную величину и значительно превышает ток срабатывания основной (чувствительной) функции дифзащиты БСК.

Уставка **I-DIFF>** определяется относительно базисного тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{\text{дифф}}}{I_{\text{БАЗ}}}$ ), который рассчитывается следующим образом (для обеих сторон БСК):

$$I_{\text{БАЗ.А}} = \frac{S_{\text{БАЗ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.А}}}, \quad (\text{Б1.4})$$

где  $S_{\text{БАЗ}}$  – базисная трехфазная мощность, в данном случае номинальная мощность БСК (в общем случае наибольшая  $S_{\text{НОМ}}$  сторон объекта);

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

$U_{\text{НОМ.А}}$  – номинальное линейное напряжение стороны А.

Таким образом, для рассматриваемого случая  $I_{\text{БАЗ}} = I_{\text{НОМ.БСК}}$  – единая величина для обеих сторон БСК.

С помощью вычисленных базисных токов устройство **Р63х** автоматически рассчитывает коэффициенты согласования токов по амплитуде на основе заданных первичных номинальных токов трансформаторов тока

каждой стороны защищаемого объекта, например для БСК коэффициенты согласования сторон (А и В) определяются по отношениям:

$$K_{AM,A} = \frac{I_{НОМ,А}}{I_{БАЗ,А}}, K_{AM,B} = \frac{I_{НОМ,В}}{I_{БАЗ,В}}, \quad (B1.5)$$

где  $K_{AM}$  – амплитудный коэффициент согласования рассматриваемой стороны БСК;

$I_{НОМ}$  – первичный номинальный ток трансформатора тока рассматриваемой стороны.

Коэффициент амплитудного согласования каждой стороны должен находиться в пределах:

$$0,5 \leq K_{AM} \leq 16.$$

В том случае, если коэффициент амплитудного согласования не попадает в эти пределы, возможны два варианта:

- установить промежуточный ТТ, погрешность которого необходимо учесть при расчете тока небаланса;
- при возможности изменения (в допустимых пределах) базисной мощности, необходимо соответственно ее уменьшить (при  $K_{AM} \leq 0,5$ ), или увеличить при ( $K_{AM} \geq 16$ ).

**Б1.2.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60**, согласно рекомендациям изготовителя, уставку минимального тока срабатывания обуславливает величина дифференциального тока, который может возникать во время нормальных рабочих режимов, в основном, из-за погрешностей ТТ. Например, если установлены ТТ с погрешностью измерения до 10% с обеих

сторон БСК, то минимальный дифференциальный ток в относительных единицах может быть определен исходя из максимальной погрешности:

$$I_W^{\text{ПОГР}} = \frac{\pm 0,1 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}} \cdot V_N}, \quad (\text{Б1.6})$$

где  $S_N$  – номинальная мощность одной фазы БСК;

$V_N$  – номинальное линейное напряжение энергосистемы;

$I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}$  – номинальный первичный ток ТТ на основной стороне БСК, например, на стороне нейтрали (базовый ток).

Примечание. Как следует из руководства по эксплуатации, терминал выбирает основную сторону с наименьшим запасом первичного тока ТТ относительно номинального тока защищаемого объекта. То есть, в данном случае, за базовый ток защиты следует принимать первичный номинальный ток ТТ одной из сторон БСК, имеющий наименьшую относительную величину (к номинальному току БСК).

Тогда ток срабатывания дифференциальной защиты для расчетного режима номинальной мощности БСК, увеличения вторичного тока из-за погрешности ТТ с одной стороны БСК и уменьшения вторичного тока из-за погрешности ТТ с другой стороны БСК (при равенстве номинальных токов ТТ и напряжений с обеих сторон БСК) может быть рассчитан как:

$$\begin{aligned} DIF_{\text{СРАБ}} &= \left| \frac{1,1 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} - \frac{0,9 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} \right| + K = \frac{0,2 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} + K = \\ &= \frac{(0,2 \div 0,3) \cdot I_{\text{NOBJ}}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}}, \end{aligned} \quad (\text{Б1.7})$$

где  $K$  – запас надежности, задается от 5% до 10%, или  $(0,05 \div 0,1)$  о.е.

Примечание. пределы уставки  $(0,2 \div 0,3) \cdot I_{NObj}$  в выражении (Б1.7) обеспечиваются при условии  $I_{ПЕРВ}^{ТТ} \approx (3 \div 1) \cdot I_{NObj}$ , с величиной запаса  $K = 0,05 \div 0,1$  (в любых случаях, уставка по току менее  $0,2 \cdot I_{NObj}$ , не может быть рекомендована).

Расчетные величины уставок защиты по току (напряжению) определяются в относительных единицах (о.е.):

– величина в относительных единицах = (фактическая величина)/(базовая величина).

Базовой величиной для расчета и настроек дифференциальных и тормозных токов дифзащиты с торможением является  $I_{ПЕРВ}^{ТТ}$  – **первичный ток ТТ** установленных на базовой стороне объекта, которой (как указано выше) является сторона с наименьшим отношением номинального первичного тока ТТ стороны объекта к номинальному току данной стороны.

Коэффициенты компенсации величин ( $M$ ) – это масштабируемые значения, на которые умножается значение тока каждой стороны, чтобы привести его значение к основной стороне защищаемого объекта.

Терминал **Т35/60** автоматически рассчитывает коэффициенты компенсации значений для каждой стороны следующим образом:

$$M [W] = \frac{I_{ПЕРВИЧН} [W] \cdot U_{НОМ} [W]}{I_{ПЕРВИЧН} [W_{БАЗ}] \cdot U_{НОМ} [W_{БАЗ}]}, \quad (Б1.8)$$

где  $I_{ПЕРВИЧН}$  – первичный номинальный ток ТТ данной обмотки;

$U_{НОМ}$  – номинальное междуфазное напряжение данной обмотки;

$W$  – номер данной обмотки (для которой рассчитывается коэффициент  $M$  или базовой обмотки).

Максимально допустимый коэффициент компенсации измеряемых значений токов равен 32.

**Б1.2.4** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET670** также может быть рекомендована уставка, рассчитываемая на основе базовой формулы в п. **Б1.2.1**:

$$87C(I - DIFF >) = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{NObj}. \quad (\text{Б1.9})$$

Уставка **I-DIFF>** определяется также относительно базового или номинального тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{DIF}}{I_{NObj}}$ ).

Номинальный ток стороны защищаемого объекта (для обеих сторон БСК) определяется по известному выражению:

$$I_{NObj} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ.СР}},$$

где  $S_{НОМ}$  – номинальная мощность защищаемого объекта (БСК);

$U_{НОМ}$  – номинальное напряжение защищаемого объекта.

На некоторых присоединениях (по ряду причин) часто применяются ТТ с первичным номинальным током намного превышающим номинальный ток силового оборудования со стороны его подключения к ВН. В таких случаях рекомендуется предварительно вычислять вторичный ток ТТ в номинальном режиме БСК:

$$I_{НОМ.ВТ} = \frac{I_{NObj}}{K_{ТТ}},$$

где  $I_{НОМ.ВТ}$  – вторичный ток ТТ в номинальном режиме БСК;

$I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта (БСК), смотрите выше;

$K_{ТТ}$  – коэффициент трансформации ТТ.

Если указанный расчетный ток окажется  $\leq 1$  А (для ТТ с вторичным номинальным током 5 А), то можно принимать номинальный ток устройства **RET670** с соответствующей стороны равным 1 А.

Если подобная ситуация (соотношение токов) возникнет в случае применения ТТ с вторичным номинальным током 1 А, то должны выполняться следующие ограничения:

–  $I_{НОМ.ВТ} \geq 0,1$  А (диапазон цифрового масштабирования не более десятикратного);

– Уставка **I-DIFF** должна приниматься  $(0,25 \div 0,3) \cdot I_{NObj}$ .

Если  $I_{НОМ.ВТ} \leq 0,1$  А, то можно использовать дополнительные промежуточные трансформаторы или автотрансформаторы тока (с целью снижения нагрузки на вторичную обмотку основного ТТ, дополнительные ТТ следует устанавливать вблизи от устройства RET670 (желательно в том же шкафу).

**Б1.2.5** Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045 также может быть рекомендована уставка, рассчитываемая на основе базовой формулы в п. **Б1.2.1**:

$$I_{ДО} = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{НОМ}. \quad (\text{Б1.10})$$

Уставка  $I_{ДО}$  определяется относительно базисного (или номинального) тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{ДО}}{I_{НОМ}}$ ).

Номинальный ток стороны защищаемого объекта (для обеих сторон БСК) определяется по известному выражению:

$$I_{\text{НОМ.СТОП}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}},$$

где  $S_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность защищаемого объекта (БСК);

$U_{\text{НОМ}}$  – номинальное напряжение защищаемого объекта

### **Выравнивание различий по коэффициентам ТТ присоединений.**

По значениям базисных токов производится выбор числа витков первичных обмоток входных ТТ терминала (грубое выравнивание) и точное (цифровое) выравнивание токов присоединений.

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  $4,001 \div 16,000$  А, на втором отводе при  $W1 = 4$  витка обеспечивается диапазон токов  $1,001 \div 4,000$  А, на  $W1 = 16$  витков обеспечивается диапазон токов  $0,251 \div 1,000$  А. Таким образом для ДТЗ в терминале обеспечивается выравнивание токов в диапазоне от 0,25 А до 16 А.

Далее необходимо произвести расчет базисных токов по сторонам с помощью выражения:

$$I_{\text{БАЗ.СТОП}} = I_{\text{НОМ.СТОП}} \cdot \frac{K_{\text{СХ}}}{K_{\text{ТТ}}},$$

где  $K_{\text{ТТ}}$  – коэффициент трансформации главного ТТ соответствующей стороны;

$K_{CX}$  – коэффициент схемы ТТ (для ТТ на стороне высоковольтных вводов и нейтрали БСК во всех случаях применяется соединение по схеме «звезда с нулем» с  $K_{CX} = 1$ );

$I_{НОМ.СТОП}$  – номинальный ток стороны защищаемого объекта (БСК).

В случае, когда значение тока  $I_{БАЗ}$  выходит за пределы диапазона выравнивания, рекомендуется использовать внешние выравнивающие трансформаторы или автотрансформаторы (АТ31 или АТ32).

### **Б1.3 Порядок расчета коэффициента торможения $K_{ТОРМ(1)}$ дифзащиты БСК (определение первого наклона характеристики срабатывания/торможения)**

**Б1.3.1** В общем случае,  $K_{ТОРМ}$  определяется по выражению:

$$K_{ТОРМ} = \frac{\Delta I_{ДИФ}}{K \cdot \Delta I_{ТОРМ}} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (\text{Б1.11})$$

где  $\Delta I_{ДИФ}$  – приращение относительного дифференциального тока;

$\Delta I_{ТОРМ}$  – приращение относительного тормозного тока (арифметическая сумма токов всех плеч дифзащиты);

$\alpha$  – угол наклона характеристики торможения.

$K$  – специальный коэффициент, определяемый функциональными параметрами реле, который учитывает относительную величину части тока используемой для торможения. Например, при использовании полной суммы токов сторон дифзащиты –  $K = 1$ ; при использовании полусуммы токов сторон –  $K = 0,5$ .

Если в качестве базовой величины тормозного тока реле рассматривать полную сумму токов протекающих на сторонах защищаемого объекта в



режимах внешних повреждений или бросков тока, для устройств разных изготовителей применимы следующие коэффициенты  $K$ :

**Siemens AG** (серия **SIPROTEC**):  $K = 1$ .

**Areva T&D** (серия **MiCOM**):  $K = 0,5$ .

**General Electric** (серия **GE Multilin**):  $K = 0,5$ .

**ABB (RET670)**:  $K = 0,5$ .

**«НПП ЭКРА» (ШЭ 2607 041/045)**:  $K = 0,5$ .

Примечание. Для устройств **GE Multilin**, **ABB** и **«НПП ЭКРА»** указанный коэффициент  $K$  принимается условно, так как в качестве тормозного тока защиты используется максимальная из величин токов сторон (или в случае устройств **ШЭ 2607 041/045** – значение  $I_T = \sqrt{\text{Re}(I'_1 \cdot I'_2)}$  объекта (БСК). Однако в режиме протекания сквозного тока, который является расчетным для выбора  $K_{\text{ТОРМ}}$ , указанное допущение приемлемо, так как величина максимального тока (любой стороны БСК) будет равна (приблизительно) половине суммы модулей токов сторон, аналогичное допущение может быть принято и в отношении выражения

$$I_T = \sqrt{\text{Re}(I'_1 \cdot I'_2)} \approx \frac{I'_1 + I'_2}{2}.$$

**Б1.3.2** Для выбора  $K_{\text{ТОРМ}}$  в качестве расчетного, принимается режим, при котором коэффициент является максимальным:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{K_{\text{ОТСТР}} \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.П}} - I_{\text{СЗ.МИН.П}}}{K \cdot \sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. П}} - I_{\text{ТОРМ.НАЧ.П}}}, \quad (\text{Б1.12})$$

где  $K_{\text{ОТСТР}} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{НБ.РАСЧ.П}}$  – максимальный расчетный первичный ток небаланса.

Ток небаланса определяется для величины максимального тока сквозного тока:

$$\begin{aligned}
I_{\text{НБ.РАСЧ.П}} &= (K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{ОДН}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{МАКС.ВН}} = \\
&= (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,05) \cdot I_{\text{МАКС.ВН}} = 0,25 \cdot I_{\text{МАКС.ВН}}
\end{aligned}
\tag{Б1.13}$$

Ток торможения определяется соответственно, для этого же режима:

$$\begin{aligned}
\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. П}} &= I_{\text{МАКС.ВН}} + (1 - \varepsilon - \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{МАКС.ВН}} = \\
&= (2 - \varepsilon - \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{МАКС.ВН}} = 1,85 \cdot I_{\text{МАКС.ВН}}
\end{aligned}
\tag{Б1.14}$$

где  $I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – максимальный сквозной ток дифзащиты (ток включения БСК, смотрите ниже);

$K_{\text{ПЕР}} = (1,5 \div 2)$  – коэффициент увеличения тока в переходном режиме включения БСК (учитывающий апериодическую составляющую);

$K_{\text{ОДН}} = 1$  – коэффициент однотипности ТТ;

$\Delta f_{\text{ВЫР}} = 0,05$  – относительное значение токовой погрешности промежуточных ТТ и АЦП терминала;

$\varepsilon \leq 0,10$  – относительное значение полной погрешности ТТ.

Значение погрешности 0,10 принимается при условии, если подключенное сопротивление нагрузки вторичной обмотки ТТ не превышает предельно допустимой величины, которая определяется по кривым предельной кратности ТТ для максимального сквозного тока БСК.

**Расчет тока включения конденсаторной батареи (максимальный сквозной ток продольной дифзащиты БСК) выполняется согласно [6].**

При подаче напряжения на батарею возникает ток включения, зависящий от емкости батареи и сопротивления сети. Ток батареи в переходном режиме включения (амплитудное значение) может быть определен по формуле:

$$I_{\text{ВКЛ.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right), \quad (\text{Б1.15})$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = \frac{\omega \cdot C_{\Phi} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}}$  – номинальный ток БСК, кА;

$W_{\text{КЗ}} = \frac{E_C^2}{X_C + X_P}$  – трехфазная мощность КЗ на шинах, в месте установки

БСК, МВА;

$Q_{\text{Н.БСК}} = \omega \cdot C_{\Phi} \cdot U_{\text{НОМ}}^2 \cdot 10^{-6}$  – номинальная трехфазная мощность БСК, МВАр;

$\omega = 2\pi f = 314$  – угловая скорость вращения векторных величин тока и напряжения, соответствующая номинальной частоте напряжения  $f = 50$  Гц;

$C_{\Phi}$  – общая (суммарная) емкость фазы БСК, мкФ;

$U_{\text{НОМ}}$  – междуфазное номинальное напряжение БСК, кВ;

$E_C$  – среднее междуфазное рабочее напряжение (ЭДС) питающей энергосистемы, кВ;

$X_C$  – эквивалентное реактивное сопротивление питающей энергосистемы в максимальном режиме,  $\frac{\text{Ом}}{\text{фазу}}$ ;

$X_P$  – реактивное сопротивление токоограничивающего реактора, установленного в фазе БСК,  $\frac{\text{Ом}}{\text{фазу}}$ ;

$K_U = \frac{U_{\text{РАСЧ}}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{Н.К}}}$  – коэффициент загрузки конденсаторов по

напряжению в большинстве случаев может быть принят равным 1;

$U_{\text{РАСЧ}}$  – расчетное напряжение БСК;

$n$  – количество рядов конденсаторов;

$U_{н.к}$  – номинальное напряжение конденсатора.

Коэффициент загрузки  $K_U$  конденсаторов может быть принят равным 1.

Примечания.

1 Другие способы расчета тока включения БСК, ввиду их сложности, не рассматриваются.

2 В расчетах коэффициента торможения далее используется действующее значение тока включения БСК, то есть при расчете максимального сквозного тока по выражению (Б1.15) множитель  $\sqrt{2}$  не учитывается.

При наличии на ПС нескольких БСК, необходимо учитывать взаимное влияние конденсаторных батарей, предварительно подключенных к шинам. В этом случае ток определяется по формуле:

$$I_{\text{вкл}} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_p \cdot C_1}{\sqrt{3} \cdot X_0 \cdot (C_0 + C_1)} \cdot \sqrt{\frac{1}{314^2 \cdot (L_0 + L_p) \cdot C}}, \quad (\text{Б1.16})$$

где  $U_p$  – номинальное (расчетное) напряжение БСК, кВ;

$X_0 = \frac{1}{\omega \cdot C}$  – эквивалентное расчетное реактивное сопротивление ранее

включенных БСК, Ом. Параметр  $C$  определяется по

формуле:  $C = \frac{C_0 \cdot C_1}{C_0 + C_1}$ ;

$C_0$  – эквивалентная емкость фазы ранее включенных БСК, учитываемая как сумма емкостей батарей, Ф;

$C_1$  – емкость фазы включаемой БСК, Ф;

$L_0$  – эквивалентная индуктивность схемы замещения (Гн), включающая:

– индуктивность ошиновки между включенными и включаемой батареями (удельную индуктивность ошиновки можно принять равной  $1,27 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ , при наличии нескольких включенных БСК должно учитываться среднее расстояние);

– эквивалентную индуктивность токоограничивающих реакторов ранее включенных БСК, которая в целях упрощения (в большинстве случаев) может рассматриваться как суммарная величина индуктивностей токоограничивающих реакторов БСК, при их параллельном включении;

$L_p$  – индуктивность токоограничивающего реактора включаемой БСК, Гн.

#### **Специальные пояснения:**

1. Во всех случаях требуется выполнение проверки основных измерительных трансформаторов тока дифференциальной защиты на соответствие допустимой погрешности ( $\leq 0,10\%$ ) при максимальных сквозных токах БСК.

**Требование соответствия погрешности измерительных трансформаторов тока дифференциальной защиты допустимой величине ( $\leq 0,10\%$ ) при внешних КЗ является основополагающим.**

Указанная проверка осуществляется в целях обеспечения селективной работы дифзащиты БСК, и производится (основной метод) с использованием кривых предельной кратности токов КЗ, путем сравнения и последующего приведения в соответствие подключенной (действительной) и предельной допустимой нагрузки вторичной обмотки ТТ.

2. В случаях, если сопротивление (мощность) действительной нагрузки, подключенной к ТТ, превышает предельно допустимое значение сопротивления (мощности), величина которого соответствует расчетной

кратности максимального сквозного тока (определяется по кривым предельной кратности ТТ), и дальнейшее уменьшение сопротивления подключенной нагрузки ТТ, либо изменение параметров (коэффициента трансформации) применяемых ТТ невозможно, необходимо установить **действительную** величину погрешности измерения ТТ.

3. Величина **действительной** погрешности измерения ТТ может быть определена с достаточной точностью по кривой зависимости токовой погрешности  $f_i(\%)$  от отношения  $\frac{K_{\text{МАХ.РАСЧ}}}{K_{\text{РАСЧ}}}$  (коэффициент А), приведенной в [5, (раздел 4–3)], где  $K_{\text{МАХ.РАСЧ}}$  – это кратность максимального тока внешнего КЗ  $I_{\text{МАКС.ВН.КЗ}}$ , а  $K_{\text{РАСЧ}}$  – предельная кратность тока КЗ для **действительной** нагрузки ТТ, определенная по кривым предельной кратности ТТ.

Величина действительной погрешности измерения ТТ может быть также вычислена с помощью специальных расчетных программ, учитывающих электрические параметры ТТ и подключенной нагрузки вторичных цепей.

4. В расчетах  $K_{\text{ТОРМ}}$  следует использовать расчетную (действительную) величину полной погрешности  $\varepsilon$ . Должно учитываться наибольшее значение погрешности, из полученных для разных комплектов ТТ дифзащиты БСК.

5. Ниже рассматривается расчет коэффициента торможения с использованием относительных величин токов, поэтому параметры  $I_{\text{СЗ.МИН.П}}$  (уставка минимального тока срабатывания защиты) и  $I_{\text{ТОРМ.НАЧ.П}}$  (величина тока начала торможения) в первичных именованных величинах здесь и далее отсутствуют.

**Б1.3.3** При расчете в относительных величинах (в этом случае, значения токов определяются относительно величины  $I_{\text{NOBJ}}$ ), **основное** выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** идентично выражению (Б1.5):

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТ Н}} - I_{\text{СЗ.МИН.ОТН}}}{\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. ОТН}} - I_{\text{ТОРМ.НАЧ.О ТН}}}. \quad (\text{Б1.17})$$

Величина  $I_{\text{СЗ.МИН}}$  является заданной уставкой минимального тока срабатывания защиты (**I-DIFF**>).

Величина  $I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  - величина **тока начала торможения** может быть определена по графической характеристике срабатывания реле, или задана изначально (смотрите ниже).

В общем случае, необходимо определить  $I_{\text{Б.Т.ТОРМ}}$  (ток базовой точки характеристики торможения) – специально задаваемое смещение точки пересечения характеристики торможения с осью  $\frac{I_{\text{ТОРМ}}}{I_{\text{НОМ}}}$  вдоль этой оси.

Положение базовой точки на оси  $\frac{I_{\text{ТОРМ}}}{I_{\text{НОМ}}}$ , определяющей начало наклонного участка характеристики срабатывания/торможения, определяется из выражения:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН}}}{I_{\text{ТОРМ.НАЧ}} - I_{\text{Б.Т.ТОРМ}}} \quad (\text{Б1.18})$$

или

$$I_{\text{Б.Т.ТОРМ}} = I_{\text{ТОРМ.НАЧ}} - \frac{I_{\text{СЗ.МИН}}}{K_{\text{ТОРМ}}}. \quad (\text{Б1.19})$$

Таким образом, для определения всех параметров характеристики срабатывания/торможения необходимо найти величину  $I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$ .

**Б1.3.3.1** Согласно рекомендациям изготовителя устройства дифзащиты **7UT6x (SIEMENS AG)**, может быть принято –  $I_{\text{Б.Т.ТОРМ}} = 0$  (характеристика торможения проходит через начало координат).

Тогда расчет  $K_{\text{ТОРМ}}$  значительно упрощается:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K \cdot \sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ}}}. \quad (\text{Б1.20})$$

Подставляя вышеприведенные значения  $I_{\text{НБ.РАСЧ.П}}$  (Б1.13) и  $\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ}}$  (Б1.14), можно представить основное расчетное выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  для определения первого наклона характеристики торможения (или  $K_{\text{ТОРМ1}}$ ) дифзащиты БСК:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot (2 \cdot \varepsilon + 0,05)}{K \cdot (2 - \varepsilon - 0,05)} = \frac{3 \cdot \varepsilon + 0,075}{1,95 - \varepsilon}. \quad (\text{Б1.21})$$

При этом ток начала торможения:

$$I_{\text{ТОРМ.НАЧ}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН}}}{K_{\text{ТОРМ}}}. \quad (\text{Б1.22})$$

Как указывалось выше, в расчете  $K_{\text{ТОРМ}}$  следует использовать действительную величину полной погрешности ТТ  $\varepsilon$  – максимальную для комплектов ТТ ДЗ БСК.

В качестве уставки следует принимать стандартную большую величину  $K_{\text{ТОРМ}}$ .



**Б1.3.3.2** Если при выборе номинальных характеристик ТТ учитывается максимальная величина сквозного тока включения БСК, то можно предполагать, что относительная величина погрешности для всех ТТ дифзащиты БСК –  $\varepsilon \leq 0,10$ .

Согласно вышеприведенным выражениям, **минимальное** значение  $K_{\text{ТОРМ}}$  (для большинства расчетных случаев) будет определяться величиной:

$$87C(SLOPE1) = \frac{3 \cdot \varepsilon + 0,075}{1,95 - \varepsilon} = 0,2 \text{ (о.е.)}.$$

Соответственно:

$$I_{\text{ТОРМ.НАЧ}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН.П}}}{K_{\text{ТОРМ}}} = 1 \text{ (о.е.)}.$$

Примечание. Соотношения, приведенные в настоящем и предыдущих пунктах, могут быть проиллюстрированы на поясняющей диаграмме характеристики срабатывания/торможения функции дифзащиты БСК (согласно п. **Б1.1.3**, рисунок Б2).

**Б1.3.4** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)** выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  (Б1.17) должно быть скорректировано с учетом специального коэффициента  $K = 0,5$ , вводимого при использовании в качестве тормозного тока полусуммы токов сторон дифзащиты, следующим образом:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТ Н}} - I_{\text{СР.МИН.ОТН}}}{0,5 \cdot \sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. ОТН}} - I_{\text{ТОРМ.НАЧ.О ТН}}}.$$

Учитывая, что в соответствии с характеристикой торможения на рисунке Б3 изначально установлено соотношение  $I_{\text{ТОРМ.НАЧ.ОТН}} = 0,5 \cdot I_{\text{СР.МИН.ОТН}}$ , получаем:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТН}} - I_{\text{СР.МИН.ОТН}}}{0,5 \cdot (\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ.ОТН}} - I_{\text{СР.МИН.ОТН}})} \quad (\text{Б1.23})$$

При подстановке значений токов из выражений (Б1.3), (Б1.13) и (Б1.14) в относительных величинах (к  $I_{\text{NOBJ}}$ ), получим:

$$87C(m1) = \frac{1,5 \cdot (0,25 \cdot K_I - 0,2)}{0,5 \cdot (1,85 \cdot K_I - 0,2)}, \quad (\text{Б1.24})$$

где  $K_I = \frac{I_{\text{МАКС.ВН}}}{I_{\text{NOBJ}}}$ .

**Б1.3.5** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60** выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  (Б1.17) должно быть скорректировано в соответствии с характеристикой торможения на рисунке Б4 (характеристика проходит через начало координат) аналогично (Б1.20) и с учетом специального коэффициента  $K = 0,5$ , вводимого при использовании в качестве тормозного тока полусуммы токов сторон дифзащиты (**или максимального значения токов сторон**), при этом, как указано в п. **Б1.2.3** для устройств **GE Multilin T35/60** расчетные величины токов могут определяться относительно значения  $I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}$ , следующим образом:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТН}}}{0,5 \cdot \sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ.ОТН}}}$$

или

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{3 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТ Н}}}{\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. ОТН}}} \quad (\text{Б1.25})$$

**Б1.3.5.1** При подстановке значений токов из выражений (Б1.13) и (Б1.14) в относительных величинах (к  $I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}$ ), получим:

$$87C(\text{Наклон 1}) = \frac{3 \cdot 0,25 \cdot K_I}{1,85 \cdot K_I}, \quad (\text{Б1.26})$$

где  $K_I = \frac{I_{\text{МАКС.ВН}}}{I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}}$ .

**Б1.3.5.2** При сокращении  $K_I$ , определим **минимальное** значение  $K_{\text{ТОРМ}}$  для большинства расчетных случаев:

$$87C(\text{Наклон 1}) = \frac{3 \cdot 0,25}{1,85} = 0,4 \text{ о.е.},$$

что соответствует уставке **Наклон1** – 40%.

Значение тока начала торможения может быть определено аналогично (Б1.22):

$$I_{\text{ТОРМ.НАЧ.О ТН}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН.ОТН}}}{K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{0,2 \div 0,3}{0,4} = 0,5 \div 0,75 \text{ (о.е.)}$$

**Б1.3.6** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET670** выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  (Б1.17) должно быть скорректировано в соответствии с характеристикой

торможения на рисунке Б5. При этом допускается, что характеристика также может проходить через начало координат (в связи с отсутствием сквозного тока нагрузки в поврежденной фазе) аналогично (Б1.20) и с учетом специального коэффициента  $K = 0,5$ , вводимого при использовании в качестве тормозного тока полусуммы токов сторон дифзащиты (**или максимального значения токов сторон**) аналогично (Б1.25):

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{3 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТ Н}}}{\sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. ОТН}}}$$

**Б1.3.6.1** При подстановке значений токов из выражений (Б1.13) и (Б1.14) в относительных величинах (к  $I_{\text{NOBJ}}$ ), аналогично (Б1.26) получим:

$$87C(\text{SlopeSection2}) = \frac{3 \cdot 0,25 \cdot K_I}{1,85 \cdot K_I}$$

**Б1.3.6.2** При сокращении  $K_I$ , определим **минимальное** значение  $K_{\text{ТОРМ}}$  для большинства расчетных случаев:

$$87C(\text{SlopeSection2}) = \frac{3 \cdot 0,25}{1,85} = 0,4,$$

что соответствует уставке наклона характеристики на участке 2 – 40%.

Значение тока начала торможения (конец участка 1 по горизонтали в о.е. номинального тока защищаемого объекта) может быть определено аналогично (Б1.22):

$$\text{EndSection1} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН.ОТН}}}{K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{0,2 \div 0,3}{0,4} = 0,5 \div 0,75 \text{ о.е.}$$

**Б1.3.7** Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» (ШЭ 2607 041/045) выражение  $K_{\text{ТОРМ}}$  (Б1.17) должно быть скорректировано с учетом специального коэффициента  $K = 0,5$ , вводимого при использовании в качестве тормозного тока полусуммы токов сторон (или значения:  $I_T = \sqrt{\text{Re}(I'_1 \cdot I'_2)}$ ) дифзащиты, следующим образом:

$$K_{\text{ТОРМ}} = \frac{1,5 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.ОТ Н}} - I_{\text{СР.МИН.ОТН}}}{0,5 \cdot \sum I_{\text{ТОРМ.РАСЧ. ОТН}} - I_{\text{ТОРМ.НАЧ.О ТН}}}$$

Учитывая, что в соответствии с заводскими характеристиками устройства минимальное значение  $I_{\text{т0}} = I_{\text{ТОРМ.НАЧ.ОТН}} = 0,6 \text{ о.е.}$ , и при подстановке значений токов из выражений (Б1.10), (Б1.13) и (Б1.14) в относительных величинах (к  $I_{\text{NOBJ}}$ ), получим:

$$87C(K_T) = \frac{1,5 \cdot 0,25 \cdot K_I - 0,2}{0,5 \cdot 1,85 \cdot K_I - 0,6} = \frac{0,375 \cdot K_I - 0,2}{0,925 \cdot K_I - 0,6} \quad (\text{Б1.27})$$

где  $K_I = \frac{I_{\text{МАКС.ВН}}}{I_{\text{NOBJ}}}$ .

#### **Б1.4 Параметры дополнительной характеристики торможения (второй наклон характеристики)**

Дополнительная характеристика (ветвь) предназначена для предотвращения действия защиты при больших токах внешнего повреждения, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения ТТ (> 10%). В связи с отсутствием сквозных токов, превышающих бросок тока включения БСК для функции дифзащиты БСК, для второго наклона

характеристики торможения функции дифзащиты БСК, могут использоваться параметры, идентичные первому наклону характеристики, или (при невозможности) – параметры, обеспечивающие минимальное торможение. Таким образом:

**Б1.4.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** может быть принят один из вариантов:

– максимальная уставка базовой точки (величина смещения вдоль оси  $\frac{I_{ТОРМ}}{I_{НОМ}}$ ) и минимальная уставка **второго наклона** характеристики торможения **(SLOPE2)**;

– одинаковые уставки для **первого и второго наклонов** характеристики торможения, соответствующие минимальному значению базовой точки (величина смещения вдоль оси  $\frac{I_{ТОРМ}}{I_{НОМ}}$  равна нулю) и уставки **второго наклона (SLOPE1 = SLOPE2 = 0,25**, с возможным незначительным закруглением характеристики торможения на первом участке).

Примечание. Рекомендации в части уставок второго наклона характеристики торможения даны здесь применительно к минимальному расчетному значению коэффициента торможения, приведенному в п. **Б1.3.3.2**.

**Б1.4.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)** могут быть приняты одинаковые уставки для **первого и второго наклонов** характеристики торможения (**m1=m2**).

**Б1.4.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60** может быть принят один из вариантов:

– максимальные уставки точек **Перегиб1, Перегиб2** и минимальная уставка **второго наклона** характеристики торможения (**Наклон2**);

– одинаковые уставки для **первого и второго наклонов** характеристики торможения, соответствующие минимальному значению уставки **второго наклона** характеристики торможения (**Наклон1 = Наклон2 = 0,5 (50%)**), с возможным незначительным заглублением характеристики торможения на первом участке).

В последнем случае заданные значения точек **Перегиб1, Перегиб2** не играют особой роли (например, могут быть заданы равными 2,0 о.е.).

Примечание. Рекомендации в части уставок второго наклона характеристики торможения даны здесь применительно к минимальному расчетному значению коэффициента торможения, приведенному в п. **Б1.3.5.2**.

**Б1.4.4** Для устройств **RET 670** дифзащиты БСК фирмы «**ABB**» могут быть приняты:

– Максимальная уставка **длины (конца) участка 2** по горизонтали (**EndSection2**).

– Одинаковые уставки **наклонов второго и третьего участков** характеристики торможения, соответствующие значению уставки **наклона второго участка** (**SlopeSection2 = SlopeSection3 = 0,4 (40%)**).

Примечание. Рекомендации в части уставок второго наклона характеристики торможения даны здесь применительно к минимальному расчетному значению коэффициента торможения, приведенному в п. **Б1.3.6.2**.

**Б1.4.5** Характеристика торможения дифзащиты устройств «**НПП ЭКРА**» **ШЭ 2607 041/045** не имеет второго (увеличенного) наклона, однако в указанных устройствах применяется функция блокировки действия дифзащиты при сквозных токах (объекта) большой величины, как указано выше в п. **Б1.1.7**, которая в характеристике срабатывания дифзащиты представлена как вертикальная граница правой части зоны действия защиты уставкой  $I_{Т.БЛ}$ .

Уставка по току торможения блокировки ( $I_{Т.БЛ}$ ) ДТЗ определяется исходя из отстройки от максимально возможного сквозного тока нагрузки. Наибольшее значение сквозной ток нагрузки БСК ( $I_{СКВ.Н}$ ) достигнет при вероятных перенапряжениях в питающей сети ВН. В соответствии с этим, уставка может приниматься равной:

$$I_{Т.БЛ} = K_{ОТС} \cdot I_{СКВ.Н} \quad (Б1.28)$$

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

$I_{СКВ} = (1,35 \div 1,5) \cdot I_{НОМ}$  – максимальный (сквозной) ток нагрузки БСК;

$I_{НОМ}$  – номинальный ток БСК.

Примечание. Уставка по току торможения блокировки ( $I_{Т.БЛ}$ ), определяется в относительных единицах, аналогично указанному в п. **Б1.2.5** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**I<sub>diff</sub>>**).

### **Б1.5 Дифференциальная отсечка**

Как правило, кроме уставки **I-DIFF>**, для дифференциального тока повреждения БСК вводится дополнительная пороговая величина **I-DIFF>>** (**I-DIFF>>>**) – дифференциальная отсечка. Если эта пороговая величина тока повреждения превышает, то происходит срабатывание защиты на отключение вне зависимости от величины тока торможения, или других условий дополнительного торможения.

Величина этой уставки должна быть выше, чем **I-DIFF>** (Чувствительная функция дифзащиты).

Таким образом, выбор уставок по току срабатывания ступени **I-DIFF>>** (**I-DIFF>>>**) осуществляется:



**Б1.5.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**.

Пороговую величину срабатывания **I-DIFF>>** рекомендуется принимать равной величине максимального сквозного тока БСК (с учетом максимально возможной степени насыщения ТТ на одной из сторон БСК):

$$87C(I - DIFF >>) \geq I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}}, \quad (\text{Б1.29})$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – действующее значение максимального сквозного тока (ток включения) БСК – определяется в соответствии с выражением (Б1.15) (с учетом примечания к п. **Б1.3.2**).

Примечание. Уставка дифотсечки по току срабатывания **Idif>>**, определяется в относительных единицах, аналогично указанному в п. **Б1.2.1** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**Idiff>**).

**Специальные пояснения**

1 Выполнение условия выбора уставки по выражению (Б1.29) обеспечивает простой и надежный способ предотвращения неправильных действий дифотсечки, не имеющей специальных функций торможения/блокирования защиты (используемых основной ступенью дифзащиты I-DIFF>) при броске тока включения БСК.

2 Однако, безотносительное выполнение этого требования может привести к неэффективности (нечувствительности) дифотсечки в минимальных режимах работы сети, и как следствие, вероятности некоторого увеличения времени отключения повреждения действием основной функцией дифзащиты в сложных переходных процессах КЗ.

3 В случаях необходимости повышения чувствительности дифотсечки к минимальным токам КЗ на стороне высоковольтных вводов БСК (при  $I_{\text{КЗ.МИН}}$

меньше  $I-DIFF \gg$ ), могут быть рассмотрены дополнительное условие выбора уставки дифотсечки по току срабатывания:

– Отстройка тока срабатывания дифотсечки от максимального первичного тока небаланса при переходном процессе внешнего КЗ, по выражению:

$$(I - DIFF \gg) > K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.П}}; \quad (B1.30)$$

$$(I - DIFF \gg) = 1,3 \cdot (2,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,05) \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}} = 0,39 \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}},$$

где  $K_{\text{ОТС}} = 1,3$  – коэффициент отстройки, учитывающий необходимый запас;

$I_{\text{НБ.РАСЧ.П}} = (K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{ОДН}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}}$  – ток небаланса в режиме включения БСК:  $I_{\text{МАКС.ВНЕШ}} = I_{\text{ВКЛЮБСК}}$ ;

$K_{\text{ПЕР}} = 2,5 \div 3$  – коэффициент увеличения тока в переходном режиме включения БСК, учитывающий апериодическую составляющую (при одинаковой схеме соединения ТТ, обычно принимается минимальная величина –  $K_{\text{ПЕР}} = 2,5$ );

$K_{\text{ОДН}} = 1$  – коэффициент однотипности ТТ (при различии типов/характеристик ТТ на сторонах БСК);

$I_{\text{МАКС.ВНЕШ}}$  – максимальный сквозной ток включения БСК, определяемый согласно п. **Б1.3.2**;

$\varepsilon \leq 0,10$  – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме включения БСК. Значение погрешности, равное 0,10 принимается при условии, если подключенное сопротивление нагрузки вторичной обмотки ТТ не превышает предельно допустимой величины, которая определяется по кривым предельной кратности ТТ для максимального сквозного тока.

В случае, если рассматриваемое условие будет определяющим для выбора уставки, согласно рекомендациям изготовителя необходимо выполнить дополнительную проверку соответствия ТТ на сторонах БСК:

$$\frac{3}{4} \leq \frac{k_{\text{oalf\_HV}} \cdot \frac{I_{N\_HV}}{I_{\text{pn\_HV}}}}{k_{\text{oalf\_MV}} \cdot \frac{I_{N\_MV}}{I_{\text{pn\_MV}}}} \leq \frac{4}{3} \quad (\text{B1.31})$$

где  $k_{\text{oalf}} = k_{\text{nalf}} \frac{R_{\text{ct}} + R_{\text{n}}}{R_{\text{ct}} + R_{\text{total}}}$  – действительная кратность тока ТТ (в

заданном классе точности);

$k_{\text{nalf}}$  – номинальная кратность тока ТТ (в заданном классе точности);

$R_{\text{ct}}$  – внутреннее сопротивление ТТ;

$R_{\text{n}}$  – номинальное сопротивление нагрузки ТТ;

$R_{\text{total}}$  – подключенное сопротивление нагрузки ТТ;

$I_{N\_HV}$  – номинальный ток БСК;

$I_{\text{pn\_HV}}$  – номинальный первичный ток ТТ на стороне ВН;

$I_{N\_MV}$  – номинальный ток БСК;

$I_{\text{pn\_MV}}$  – номинальный первичный ток ТТ на стороне нейтрали.

Выполнение указанного выше дополнительного условия гарантирует, что различие характеристик ТТ является приемлемым.

### **Б1.5.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)**:

Уставки по току срабатывания **Idif>>** и **Idif>>>** могут быть приняты равными по величине, в соответствии с выражениями (Б1.29), (Б1.30) п.

#### **Б1.5.1.**

Примечание. Уставка дифотсечки по току срабатывания **Idif>>** (**Idif>>>**), определяется в относительных единицах, аналогично указанному в п. **Б1.2.2** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**Idif>**).

### **Б1.5.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60**:

Учитывая нижеследующие рекомендации изготовителя:

– Пороговое значение срабатывания следует задать больше, чем максимальный дифференциальный ток небаланса, который может быть вычислен в режимах протекания сквозного тока (бросок тока включения или тока возникающего при перенапряжениях).

– Уставка должна быть больше, чем максимальный дифференциальный ток, который может фиксировать реле при сквозном КЗ, учитывая насыщение ТТ.

– Уставка должна быть ниже максимального тока внутреннего КЗ, фиксируемого от любого источника.

Уставка по току срабатывания **Idif>>** может быть принята в соответствии с выражениями (Б1.29), (Б1.30) п. **Б1.5.1**.

Примечание. Уставка дифотсечки по току срабатывания **Idif>>**, определяется в относительных единицах, аналогично указанному в п. **Б1.2.3** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**Idiff>**).

### **Б1.5.4** Для устройств дифзащиты **ABB RET670**:

Уставка по току срабатывания **Idif>>** может быть принята в соответствии с выражениями (Б1.29), (Б1.30) п. **Б1.5.1**.

Примечание. Уставка дифотсечки по току срабатывания **Idif>>**, определяется в относительных единицах, аналогично указанному в п. **Б1.2.4** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**Idif>**).

**Б1.5.5** Для устройств дифзащиты «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045 уставка по току срабатывания **I<sub>отс</sub> (Idiff>>)** может быть принята в соответствии с выражениями **(Б1.29), (Б1.30) п. Б1.5.1.**

Примечание. Уставка дифотсечки по току срабатывания **Idiff>>**, определяется в относительных единицах, аналогично указанному в **п. Б1.2.5** для уставки основной функции продольной дифзащиты БСК (**Idiff>**).

## **Б1.6 Дополнительное торможение**

Как указывалось выше, для БСК неприменима категория больших токов при внешних повреждениях. Максимальный сквозной ток БСК определяется величиной броска зарядного токов включения, разряда или тока, возникающего при перенапряжениях);. Однако, в случаях высокой вероятности неодинакового насыщения ТТ в одноименных фазах на сторонах БСК при протекании апериодической составляющей тока включения БСК (вследствие различия характеристик ТТ), для дифзащиты необходимо использовать дополнительное динамическое торможение (блокировку), применяемое в устройствах **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** (смотрите описание в **п. Б1.1.3.6**), **MiCOM P63x (AREVA)** (смотрите описание в **п. Б1.1.4.4**) и **ABB RET670** (смотрите описание в **п. Б1.1.6.2**).

**Б1.6.1** В устройствах **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** величина уставки **дополнительного торможения** по току (**I ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ**, определяется относительно номинального тока защищаемого объекта), должна находиться в диапазоне токов, при которых ожидается возникновение апериодической составляющей с насыщением и значительным увеличением погрешности измерения ТТ. Для БСК, с учетом величины броска тока включения, эта величина может приниматься в диапазоне (3,0÷4,0) о.е. Угол наклона используется тот же, что и для **первого наклона** характеристики торможения (согласно рисунку Б2).

Уставка по длительности дополнительного торможения дифзащиты определяется ожидаемым временем переходного процесса при включении БСК (с величиной тока дополнительного торможения).

Дополнительное торможение действует отдельно для каждой фазы, но при необходимости, можно ввести одновременную блокировку во всех трех фазах при срабатывании функции дополнительного торможения в любой из них (так называемая перекрестная блокировка).

Если необходимо блокировать действие дифзащиты во всех фазах, рекомендуется использовать уставку по длительности аналогичную, задаваемой для дополнительного торможения (рекомендуемую выше).

**Б1.6.2** В устройствах дифференциальной защиты **MiCOM P63x (AREVA)** также существует дискриминатор (функция) насыщения, который в случае появления дифференциального тока при насыщении ТТ токами внешних КЗ генерирует стабилизирующий блокирующий сигнал.

Величина тока, при которой генерируется этот сигнал, определяется сохранением необходимой чувствительности при внутренних повреждениях, поэтому для максимального тока сквозного короткого замыкания выбор параметров из условий запаса при внешних КЗ не требуется.

Блокировка осуществляется только в той измерительной системе, в которой было обнаружено внешнее повреждение.

Блокировка не выполняется, если величина дифференциального тока превышает уставку **ДИФФ: I диф>>>**.

**Б1.6.3** В устройствах дифференциальной защиты **ABB RET670** существует селектор внутренних (внешних) повреждений дифзащиты, выполненный на основе измерения токов обратной последовательности. В указанном селекторе используется сочетание дифференциального и фазного принципов.

Полученный дифференциальный ток сравнивается с уставкой **IMinNegSeq**, которая может задаваться в пределах  $0,02 \div 0,20$  о.е. (по умолчанию используется значение 0,04).

Производится также сравнение векторов (комплексов) токов обратной последовательности сторон. Имеется уставка угла срабатывания **NegSeqROA**, которая может задаваться в пределах от  $\pm 30$  до  $\pm 90$  электрических градусов (по умолчанию используется значение  $\pm 60$  электрических градусов).

Проверка направленности выполняется в том случае, когда на любой стороне ток обратной последовательности превышает уставку **IMinNegSeq**.

### **Б1.7 Контроль дифференциального тока**

Дифференциальная защита БСК, как правило, имеет высокую чувствительность для того, чтобы обеспечить отключение при небольших токах повреждения. Сравнительно низкие уставки по току срабатывания не позволяют использовать функцию контроля дифференциального тока из-за стабильного характера тока нормального режима (нагрузки) БСК, который значительно превышает ток срабатывания дифзащиты. Вследствие сказанного выше, функция контроля дифференциального тока для дифференциальной защиты БСК не используется и расчет уставки для нее не рассматривается.

### **Б1.8 Применение промежуточных трансформаторов тока**

В некоторых случаях, в цепь трансформаторов тока, встроенных в высоковольтные вводы (втулки) БСК, может быть включен промежуточный (разделительный) трансформатор тока (ПТТ) с изменяемым  $K_{\text{ТТ}}$ , например, для понижения результирующего коэффициента трансформации на стороне высоковольтных вводов БСК.

Ниже рассматривается применение промежуточных ТТ на примере устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG)**.

**Б1.8.1** В соответствии с техническими данными изготовителя (руководство по эксплуатации), для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** максимально возможная величина отношения номинального тока ТТ к номинальному току защищаемого объекта должна находиться в диапазоне (0,125 ÷ 8) (ограничение по чувствительности измерения величин тока в устройстве защиты).

Указанная величина называется коэффициентом согласования по величине (амплитуде) в заданной точке измерения ( $F_{Adap}$ ) и, как сказано выше, ограничивается предельной разрешающей способностью измерений устройства:

$$F_{Adap} = \frac{I_{NObj}}{I_{N.CT.Prim}},$$

где  $I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта (см. выше п. **Б1.2.1**);

$I_{N.CT/Prim}$  – номинальный первичный ток ТТ (на соответствующей стороне БСК).

Таким образом, для основной функции дифзащиты устройства **7UT613** должно выполняться условие:

$$\frac{1}{8} \leq F_{Adap} \leq 8.$$

Однако, согласно имеющимся рекомендациям изготовителя, при реальном проектировании, допустимо расширение указанного выше диапазона в необходимых случаях до значений (0,1 ÷ 10) о.е.

Примечание. В отношении требований по согласованию измерительных трактов токовых цепей для устройств **MiCOM P63x (AREVA)**, **GE Multilin T35/60** и «АВВ» **RET670** и «НПП ЭКРА» **ШЭ 2607 041/045** аналогичная информация приведена в п. **Б1.2.2**, **Б1.2.3**, **Б1.2.4** и **Б1.2.5** выше.



В случаях несоответствия указанному требованию, совместно с устройствами дифзащиты, как правило, применяются выравнивающие (согласующие) промежуточные ТТ типа **4AM51707AA (SIEMENS AG)**, имеющие многолетний опыт успешной эксплуатации совместно с устройствами серии **SIPROTEC**.

Уменьшение результирующего коэффициента трансформации во вторичной цепи основного измерительного ТТ необходимо (в большинстве случаев), для увеличения измеряемого тока БСК в номинальных режимах работы (без КЗ) – по условиям чувствительности и минимизации погрешности измерительных органов защиты.

Коэффициент трансформации трансформатора тока регулируется путем изменения числа витков (секций) первичной или вторичной обмотки.

**Б1.8.2** Ниже представлен часто применяемый вариант схемы соединений и внешнего подключения ПТТ **4AM5170-7AA** в каждой фазе (А, В, С) отдельно (рисунок Б7):

- Первичная обмотка ПТТ (выводы С-О) подключается в цепь основного измерительного ТТ.
- Вторичная обмотка ПТТ (выводы В-F) подключается в токовые цепи защиты (к отдельному фазовому измерительному входу).

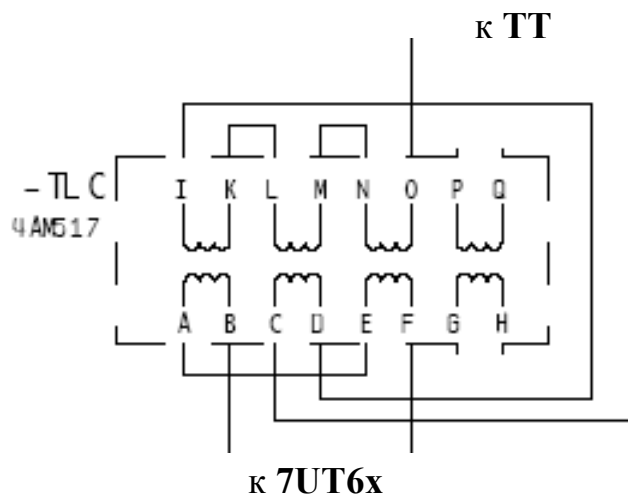


Рисунок Б7 – Вариант схемы соединений и внешнего подключения ПТТ

**Б1.8.3** Наличие ПТТ приводит к увеличению нагрузки на измерительные трансформаторы тока в связи с потреблением ПТТ и реле, включенного во вторичную цепь ПТТ, пропорционально его коэффициенту трансформации. При использовании ПТТ необходимо его коэффициент трансформации выбирать минимально возможным (с учетом условий чувствительности измерительного органа защиты).

В рассматриваемом случае  $K_{\text{ПТТ}} = \frac{W_2}{W_1} = 0,5$ , таким образом результирующий  $K_{\text{ТТ}}$  уменьшается в 2 раза по отношению к  $K_{\text{ТТ}}$  основного измерительного ТТ, а измеряемый устройством защиты ток соответственно в 2 раза увеличивается.

Примечание. В качестве параметров ТТ для устройства защиты должны задаваться данные, соответствующие расчетному результирующему  $K_{\text{ТТ}}$ , в данном случае, задаваемый первичный ток ТТ должен быть уменьшен в 2 раза по отношению к действительному номинальному первичному току ТТ (при соответствующем изменении коэффициента  $F_{\text{Adap}}$  до приемлемой величины в соответствии с п. Б1.8.1).

Как правило, дополнительных расчетов по проверке соответствия указанных ПТТ требованиям допустимой нагрузки и погрешности измерения

не требуется (суммарная погрешность ТТ не превышает предельно допустимую).

Детальное рассмотрение и примеры выбора параметров ПТТ типа **4AM5170-7AA** приводятся в [3, (Раздел 5. Измерительные трансформаторы тока. п. 5.8. Промежуточные ТТ)].

Примечание. При наличии достоверных данных о величине погрешности измерения промежуточных ТТ ( $\varepsilon \geq 5\%$ ), применяемых для дополнительного выравнивания (уменьшения результирующего  $K_{\text{ТТ}}$ ), в расчетных выражениях (**пункты Б1.2, Б1.3**), использующих величину полной погрешности ТТ ( $\varepsilon$ ), рекомендуется принимать суммарное относительное значение погрешностей основного и промежуточного ТТ.

### **Б1.9 Проверка чувствительности дифзащиты БСК**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ДЗ БСК определяется (только для чувствительного органа) при металлическом КЗ на выводах ВН и нейтрали защищаемой БСК в следующем порядке:

**Б1.9.1** Определяется величина тока торможения ( $I_{\text{T}}$ ), соответствующая минимальному дифференциальному току при металлическом КЗ в зоне действия дифзащиты вблизи заземленной нейтрали БСК ( $I_{\text{д.мин}}$ ), который **в режиме номинальной нагрузки БСК** упрощенно может быть принят равным номинальному току БСК:  $I_{\text{д.мин}} = I_{\text{ном.БСК}}$ .

**Пояснение** – Предполагается, что в рассматриваемом режиме КЗ (металлическое междуфазное или однофазное замыкание на землю вблизи заземленной нейтрали БСК) измерительный ТТ дифзащиты, установленный в месте повреждения БСК, будет практически полностью шунтирован, и ток протекающий через его первичную обмотку, может быть принят равным нулю.

Величина тока торможения  $I_T$  определяется по выражениям, соответствующим расчетному алгоритму, индивидуальному для каждого типа рассматриваемых устройств защиты, в том числе:

– Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, по выражению:

$$I_T = \sum |I_{1-n}|,$$

где  $|I_{1-n}|$  – модульные величины токов, протекающих по сторонам измерения дифзащиты БСК (1-2) в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ.

– Для устройств дифзащиты БСК **MICOM P63x (AREVA)**, по выражению:

$$I_T = 0,5 \cdot |I_1 - I_2|,$$

где  $I_1, I_2$  – векторные величины токов, протекающих по сторонам измерения дифзащиты БСК в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ (для случая металлического КЗ принимается:  $I_2 = 0$ ).

– Для устройств дифзащиты БСК **Multilin T35/60** и **ABB RET670**, по выражению:

$$I_T = I_{\text{МАКС}},$$

где  $I_{\text{МАКС}}$  – максимальный из токов, протекающих по сторонам измерения дифзащиты БСК (1-2) в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ.

– Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» ШЭ2607 041/045, по выражению:

$$I_T = \sqrt{\operatorname{Re}(I'_1 \cdot I'_2)},$$

где  $I'_1$  – наибольший из токов сторон защиты (ВН-НН);

$I'_2 = I_1 + I_2 - I'_1$  – комплексно сопряженный вектор суммы всех токов защиты, за исключением  $I'_1$  (для случая металлического КЗ принимается:  $I'_2 = 0$ );

$\operatorname{Re}(I'_1 \cdot I'_2)$  – действительная часть векторного произведения токов.

Примечание. В целях упрощения расчета значений дифференциальных и тормозных токов дифзащиты, все величины токов, используемые в расчетных формулах настоящего раздела (выше и ниже), целесообразно указывать в относительных величинах (приведенных к базовым или номинальным токам сторон дифзащиты).

**Б1.9.2** В случае получения расчетного значения  $I_T \leq I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  (горизонтальный участок характеристики), для определения  $K_{\text{ч}}$  используется следующее выражение:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}}} \geq 2, \quad (\text{Б1.32})$$

**Б1.9.3** В случае получения расчетного значения  $I_T > I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  (наклонный участок характеристики), для определения  $K_{\text{ч}}$  используются следующие выражения:

**Б1.9.3.1** Для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x, GE Multilin T35/60 и ABB RET670:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_T \cdot K_{\text{ТОРМ}}} \geq 2. \quad (\text{Б1.33})$$

**Б1.9.3.2** Для устройства **MICOM P63x (AREVA):**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}} + K_{\text{ТОРМ}} \cdot (I_T - 0,5 \cdot I_{\text{СЗ.МИН}})} \geq 2, \quad (\text{Б1.34})$$

где  $I_{\text{СЗ.МИН}}$  – минимальный ток срабатывания защиты (при отсутствии торможения), определяемый по (Б1.1), (Б1.3), (Б1.7), (Б1.9), (Б1.10);

$I_{\text{Д.МИН}}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК (смотрите выше);

$I_T$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне (расчетные выражения  $I_T$  для рассматриваемых устройств защиты смотрите п. **Б1.9.1** выше);

$I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  – расчетное значение тока начала торможения, соответствующее началу **первого наклона** характеристики, определяемое для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x, GE Multilin T35/60, ABB RET670**, в соответствии с (Б1.22);

$K_{\text{ТОРМ}}$  – коэффициент торможения, определяемый по (Б1.21), (Б1.24), (Б1.26) или (Б1.27).

Для устройства **MICOM P63x (AREVA)** в обоих рассматриваемых случаях  $K_{\text{ч}}$  должен определяться по выражению (Б1.34), в связи с тем, что фактически выполняется только одно из расчетных условий:  $I_{\text{T}} > I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$ .

**Б1.9.3.3** Для устройств «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 041/045** в обоих рассматриваемых случаях  $K_{\text{ч}}$  должен определяться по выражению (Б1.32), в связи с тем, что фактически выполняется только одно из расчетных условий:  $I_{\text{T}} = 0, I_{\text{T}} \leq I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$ .

Примечания.

1 Для дифзащиты, имеющей уставку по току срабатывания около  $0,2 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}}$ , при малых токах повреждения в защищаемой зоне чувствительность обеспечивается в подавляющем большинстве случаев с запасом.

2 Из выражения (Б1.33) следует, что при токе торможения, превышающем значение  $I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$ , и равенстве расчетных токов  $I_{\text{Д.МИН}} = I_{\text{T}}$ , величина  $K_{\text{ТОРМ}}$  является определяющей для чувствительности ДЗ БСК (при  $K_{\text{ТОРМ}} \geq 0,5, K_{\text{ч}} \leq 2$ ), поэтому значения  $K_{\text{ТОРМ}} \geq 0,5$  следует применять только в особых, обоснованных случаях.

## **Б2 ANSI 87C&V. Продольная дифференциальная токовая защита БСК (с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов), использующая характеристики стабилизации (торможения)**

**Б2.1** Функция дифзащиты БСК с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов рассматривается применительно к БСК 330 кВ, присоединенному через два выключателя к шинам и/или к другому смежному присоединению. Устройство защиты, реализующее данную функцию, должно иметь три (по числу сторон присоединения) отдельные группы трехфазных аналоговых входов для прямого измерения токов групп ТТ – в цепи двух выключателей на стороне высоковольтных вводов БСК и в цепи нейтральных выводов БСК. Указанная защита совмещает в себе функции дифзащиты БСК и ошиновки ВН, в результате чего, при реализации аппаратного дублирования функций основных защит БСК (напряжением 330 кВ) ДЗО ВН и дифзащиты БСК, достаточно применения трёх отдельных устройств дифзащиты, вместо четырёх с упрощением (разгрузка) схемы вторичных цепей ТТ.

**Б2.1.1** Недостатком дифзащиты с расширенной зоной является возможное снижение чувствительности ее действия при КЗ в БСК, в режимах одновременного протекания большого сквозного тока нагрузочного режима через оба выключателя на стороне высоковольтных вводов БСК, и как следствие, значительного увеличения тока торможения защиты, с вероятностью перемещением точки повреждения в зону нечувствительности защиты. Однако, с учетом резервирующего характера данной защиты, применение дифзащиты с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов БСК в большинстве случаев может оказаться эффективным и целесообразным.



**Б2.1.2** Если трансформаторы тока, расположенные по сторонам защищаемого объекта, имеют различные первичные токи, то, как правило, внешних выравнивающих устройств не требуется, так как выравнивание (или приведение) токов осуществляется в устройстве с помощью расчетного алгоритма. Однако, в случае возникновения такой необходимости (**согласно п. Б1.8**), следует руководствоваться рекомендациями указанного пункта.

**Б2.1.3** Поскольку на сторонах БСК могут использоваться трансформаторы тока с различными первичными номинальными токами, то в качестве номинального тока объекта (БСК и ошиновки ВН) принимается номинальный рабочий ток, который будет являться базовым для всех остальных токов. Уставки функций защиты будут определяться в относительных величинах относительно этого базового тока.

**Б2.1.3.1** Для устройств защиты **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, **MiCOM P63x (AREVA)** и **ABB RET670** и «НПП ЭКРА» **ШЭ 2607 041/045** в качестве рабочего номинального тока должен приниматься **номинальный ток БСК**.

**Б2.1.3.2** Для устройств защиты **GE Multilin T35/60**, за базовый ток защиты следует принимать первичный номинальный ток ТТ стороны БСК, имеющий наименьшую относительную величину (к номинальному току БСК). В большинстве случаев **базовым током** является ток ТТ, установленных в фазах на стороне нейтрали БСК.

**Б2.2** Для дифзащиты БСК с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов БСК рекомендуются следующие условия выбора

начального (минимального) тока срабатывания основной (чувствительной) функции защиты:

**Б2.2.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.2.1**.

**Б2.2.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.2.2**.

**Б2.2.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.2.3**.

**Б2.2.4** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET670** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.2.4**.

**Б2.2.5** Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» **ШЭ 2607 041/045** - в соответствии с рекомендациями п. **Б1.2.5**.

### **Специальные пояснения**

Для ДЗ БСК с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов БСК применяется такая же чувствительная уставка по току срабатывания, как и для основной функции ДЗ БСК (раздел 1), ввиду того, что указанная защита рассматривается в качестве второй (резервной) дифзащиты БСК (дополнительно включающей зону ошиновки на стороне высоковольтных вводов БСК), которая в случаях отказа или временного вывода из работы основной функции ДЗ БСК должна выполнять задачи последней, в максимально возможной степени.

**Б2.3** Расчет коэффициента торможения дифзащиты БСК/ДЗО ВН БСК – 87В (определение **первого наклона** характеристики срабатывания/торможения  $K_{ТОРМ1}$ ) – выполняется аналогично указанному в **п. Б1.3**, с учетом следующего:

– в данном расчете, для определения величины погрешности измерения ТТ ( $\epsilon$ ) в качестве максимального сквозного тока, должен приниматься максимальный ток внешнего КЗ на смежных элементах, проходящий транзитом через выключатели ВН БСК;

– При определении  $K_{ТОРМ}$  следует использовать действительную величину погрешности измерения ТТ ( $\epsilon$ ), определенную согласно рекомендациям **п. Б1.3.2**.

Таким образом, выбор уставки функции токового торможения (**первый наклон** характеристики) осуществляется:

**Б2.3.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** - в соответствии с рекомендациями **п. Б1.3.3**.

**Б2.3.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)** - в соответствии с рекомендациями **п. Б1.3.4**.

**Б2.3.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60** - в соответствии с рекомендациями **п. Б1.3.5**.

**Б2.3.4** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET 670** - в соответствии с рекомендациями **п. Б1.3.6**.

**Б2.3.5** Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045 - в соответствии с рекомендациями **п. Б1.3.7**.

**Б2.3.6** Для ТТ с большим первичным номинальным током (в цепи выключателей БСК) рекомендуется также определить действительную величину погрешности измерения ( $\varepsilon$ ) **сквозного тока нагрузки БСК**. Кратность тока нагрузки БСК по отношению к номинальному току ТТ может оказаться меньше 1 (и значительно ниже точки перегиба кривой  $K_{(10)} = f(Z_{\text{НАГР}})$ ), при соответствующем уменьшении величины  $Z_{\text{НАГР.ДОП}}$  и увеличении действительной величины погрешности измерения ТТ).

В таких случаях, если дальнейшее уменьшение величины подключенной нагрузки ТТ невозможно, следует:

- прежде всего, обеспечить отстройку тока срабатывания от небаланса с учетом повышенной погрешности измерения ТТ (увеличить уставку по току срабатывания основной функции дифзащиты аналогично указанному в п. **Б1.2.1**);
- в расчете  $K_{\text{ТОРМ 1}}$  учитывать величину действительной (расчетной) погрешности измерения ТТ ( $\varepsilon$ ).

**Б2.3.7** Как указано выше в п. **Б1.3.3**, при условии  $\varepsilon \leq 0,1$ , для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** величина  $K_{\text{ТОРМ}}$  дифзащиты не превышает 0,2 о.е.

В целях повышения чувствительности рассматриваемой дифзащиты в условиях протекания сквозных токов нагрузки большой величины, этот коэффициент мог бы быть оптимально снижен до минимально возможной величины  $K_{\text{ТОРМ}} = 0,15$ , если действительная величина погрешности ТТ  $\varepsilon \leq 0,05$ , и при соблюдении условий, что расчетная кратность максимального сквозного тока КЗ, или включения БСК (по отношению к номинальному току ТТ дифзащиты) имеет сравнительно небольшую величину, а мощность нагрузки ТТ не превышает номинальную величину.

Однако, в этом случае необходимо учитывать вероятность различной степени насыщения ТТ на сторонах ВН и нейтрали БСК, при протекании апериодической составляющей тока включения БСК вследствие различия характеристик ТТ. Если такая вероятность существует, то **уменьшение коэффициента торможения не рекомендуется.**

### **Специальные пояснения**

Приведенная выше величина  $K_{\text{ТОРМ } 1}$  рассчитана по выражению (Б1.21) на основе методик, традиционно применявшихся ранее в практике эксплуатации и в предположении использования достоверных технических данных ТТ, расчетных токов КЗ.

Однако в подобных случаях (при получении расчетной величины  $K_{\text{ТОРМ}} < 0,5$ ), пользователь вправе принять в качестве рабочей уставки, обеспечивающей граничное условие по чувствительности ДЗР/ДЗО ( $K_{\text{Ч}} = 2$ ), величину  $K_{\text{ТОРМ}} = 0,5$ , учитывая также рекомендации производителя **SIEMENS AG**, который гарантирует правильные действия функции дифзащиты ошиновки устройства **7UT6x** в режимах внешних КЗ, при значениях  $K_{\text{ТОРМ}} \geq 0,5$ .

При этом, следует особо принимать во внимание возможное снижение чувствительности («заглубление») защиты при КЗ в фазе БСК вследствие торможения сквозными токами (существенной величины), протекающими через выключатели БСК в реальных нагрузочных режимах.

Примечание. Указанная рекомендация ( $K_{\text{ТОРМ}} = 0,5$ ) в случаях, рассматриваемых ниже (смотрите п. **Б3.3.4**), может быть применена также и для устройств **GE Multilin T35/60**, **MiCOM P63x (AREVA)** и **ABB RET670** и «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045.

## **Б2.4 Параметры дополнительной характеристики торможения (второй наклон характеристики)**

Дополнительная характеристика (ветвь) предназначена для предотвращения действия защиты при больших токах внешнего повреждения, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения ТТ (> 10%). В связи с использованием в расчете коэффициента торможения (первый наклон характеристики) действительной (расчетной) величины погрешности измерения ТТ при протекании максимального сквозного тока КЗ, для **второго наклона** характеристики торможения функции ДЗ БСК, могут использоваться параметры, идентичные первому наклону характеристики, или (при невозможности) – параметры, обеспечивающие минимальное торможение.

Таким образом, выбор уставки функции токового торможения (**второй наклон** характеристики) осуществляется:

**Б2.4.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.1**.

**Б2.4.2** Для устройств дифзащиты БСК **MiCOM P63x (AREVA)** - в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.2**.

**Б2.4.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.3**.

**Б2.4.4** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET670** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.4**.

**Б2.4.5** Для устройств дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045 – в соответствии с рекомендациями п. Б1.4.5, с учетом того, что величина  $I_{НОМ}$  – максимальный (сквозной) ток нагрузки БСК в расчетном выражении  $I_{Т.БЛ}$ , должна определяться как наибольший ток, протекающий в нагрузочном режиме по сторонам дифзащиты с расширенной зоной на стороне ВН.

### **Б2.5 Дифференциальная отсечка**

Для дифференциального тока повреждения может быть введена дополнительная пороговая величина **I-DIFF>>** (**I-DIFF>>>**) – дифференциальная отсечка. Если эта пороговая величина тока повреждения превышает, то происходит срабатывание защиты на отключение вне зависимости от величины тока торможения, или других условий дополнительного торможения, поэтому необходимо обеспечить порог ее чувствительности выше величины возможного тока небаланса дифзащиты при сквозном токе КЗ, определяемой действительной погрешностью измерения ТТ.

**Б2.5.1** Для устройств дифзащиты БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x, MiCOM P63x (AREVA), GE Multilin T35/60, ABB RET670, «НПП ЭКРА» ШЭ 2607 041/045** пороговую величину срабатывания **I-DIF>>**, рекомендуется принимать по условию чувствительности при КЗ на ошиновке ВН БСК, с  $K_{\text{ч}} = 1,5$ :

$$87C \ \& \ B(I - DIFF \gg) \geq 0,65 \cdot I_{\text{КЗ.ОШ.МИН}}, \quad (\text{Б2.1})$$

где  $I_{\text{КЗ.ОШ.МИН}}$  – минимальный ток КЗ на ошиновке ВН БСК.

### **Специальные пояснения**

Дополнительно должно быть обеспечено несрабатывание дифференциальной отсечки при максимальных сквозных токах КЗ (в том

числе ток включения БСК и ток при внешних КЗ в сети ВН БСК). В случае невыполнения данного условия, применение дифференциальной отсечки в рассматриваемой защите может считаться неэффективным и не обязательным.

Отстройка тока срабатывания дифотсечки от максимального первичного тока небаланса при переходном процессе внешнего КЗ проверяется по выражению:

$$(I - DIFF \gg) > K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ.П}} \quad (\text{Б2.2})$$

Или

$$(I - DIF \gg) = 1,3 \cdot (2,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,05) \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}} = 0,39 \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}}$$

где  $K_{\text{ОТС}} = 1,3$  – коэффициент отстройки, учитывающий необходимый запас;  
 $I_{\text{НБ.РАСЧ.П}} = (K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{ОДН}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{ВЫР}}) \cdot I_{\text{МАКС.ВНЕШ}}$  – ток небаланса в режиме внешнего КЗ на стороне ВН БСК, или при включении БСК (смотрите ниже);

$K_{\text{ПЕР}} = 2,5 \div 3$  – коэффициент увеличения тока в переходном режиме внешнего КЗ, учитывающий апериодическую составляющую (при одинаковой схеме соединения ТТ обычно принимается минимальная величина –  $K_{\text{ПЕР}} = 2,5$ );

$K_{\text{ОДН}} = 1$  – коэффициент однотипности ТТ (при различии типов/характеристик ТТ в цепи выключателей на стороне ВН БСК);

$I_{\text{МАКС.ВНЕШ}}$  – максимальный сквозной ток (при внешнем КЗ на стороне ВН БСК, или ток включения БСК; за расчетную принимается максимальная величина);



$\varepsilon \leq 0,10$  – относительное значение полной погрешности ТТ в режиме протекания сквозных токов БСК. Значение погрешности, равное 0,10 принимается при условии, если подключенное сопротивление нагрузки вторичной обмотки ТТ не превышает предельно допустимой величины, которая определяется по кривым предельной кратности ТТ для максимального сквозного тока БСК.

В качестве уставки (**I-DIFF>>**), должно приниматься максимальное расчетное значение тока из условий по выражениям (Б2.1) и (Б2.2).

Примечание. В случаях невозможности ввода уставки по (**I-DIFF>>**) в соответствии с выражением (Б2.2) из-за превышения верхней границы диапазона регулирования для данного типа реле, дифотсечка должна быть выведена из работы.

**Б2.5.2** Выдержки времени ступеней защиты с действием на отключение и пуск УРОВ БСК, при необходимости отстройки от селективного действия быстродействующих (основных) защит БСК, могут быть приняты:

$$\begin{aligned} I - DIFF > (T) &= 0,3 \text{ с,} \\ I - DIFF >> (I - DIFF >>>) (T) &= 0,3 \text{ с.} \end{aligned} \tag{Б2.3}$$

### **Специальные пояснения**

Для резервной ДЗ БСК с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов БСК применяется (минимально возможная) выдержка времени на срабатывание, в целях надежного обеспечения действия основных защит БСК (основная функция ДЗ БСК, или отдельная ДЗО на стороне высоковольтных вводов БСК) без выдержки времени на отключение электрооборудования с одновременным пуском АПВ шин ВН или другими воздействиями противоаварийного управления, которые принципиально не

могут осуществляться резервной ДЗ БСК, в силу функционального расширения зоны селективности действия этой защиты.

### **Б2.6 Дополнительное торможение**

Для совмещенной функции дифзащиты БСК/ДЗО распределительных устройств с большими сквозными токами при внешних повреждениях применимы указания п. **Б1.6** в части **дополнительного динамического торможения** (смотрите выше) с учетом специфики устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**:

– Величина уставки дополнительного торможения по току должна находиться в диапазоне токов КЗ, при которых ожидается насыщение, или при которых ожидается возникновение апериодической составляющей с насыщением и значительным увеличением погрешности измерения ТТ. Для БСК, с учетом величины броска тока включения, эта величина может приниматься в пределах  $3,0 \div 4,0$  о.е.

– Уставка по длительности дополнительного торможения дифзащиты определяется ожидаемым временем ликвидации внешнего КЗ (с величиной тока дополнительного торможения) или временем переходного процесса при включении БСК.

### **Б2.7 Контроль дифференциального тока**

В соответствии с указанным выше в п. **Б1.7** функция контроля дифференциального тока для дифференциальной защиты БСК не используется и расчет уставки для нее не рассматривается.

### **Б2.8 Применение промежуточных трансформаторов тока**

При определении необходимости использования промежуточных (разделительных) трансформаторов тока (ПТТ) с изменяемым  $K_{ТТ}$  для

понижения коэффициента трансформации основного измерительного ТТ выключателей ВН БСК, следует руководствоваться указаниями **п. Б1.8**.

**Б2.9** Проверка чувствительности дифзащиты с расширенной зоной на стороне высоковольтных вводов БСК осуществляется аналогично указанному выше в **п. Б1.9**.

**Б3 ANSI 87В. Дифференциальная токовая защита ошиновки на стороне высоковольтных вводов БСК (ДЗО ВН), использующая характеристики стабилизации (торможения)**

**Б3.1** Функция ДЗО ВН рассматривается применительно к БСК, присоединенному через два выключателя к шинам и/или к другому, смежному присоединению. Устройство защиты, реализующее данную функцию, должно иметь не менее трех (по числу сторон присоединения ошиновки) отдельных групп трехфазных аналоговых входов для прямого измерения токов трех групп ТТ.

**Б3.1.1** Если устройство используется в качестве защиты ошиновки, все токи должны быть (по возможности) приведены к номинальному току защищаемых шин.

**Б3.1.2** Если трансформаторы тока, расположенные по сторонам защищаемого объекта, имеют различные первичные токи, то, как правило, внешних выравнивающих устройств не требуется, так как выравнивание (или приведение) токов осуществляется в устройстве с помощью расчетного алгоритма. Однако, в случае возникновения такой необходимости, следует руководствоваться указанным выше в п. **Б1.8**.

**Б3.1.3** Поскольку на сторонах ошиновки могут использоваться трансформаторы тока с различными первичными номинальными токами, то в качестве номинального тока объекта (шин)  $I_{NObj}$  необходимо принять номинальный рабочий ток, который будет являться базовым для всех остальных токов. В устройстве **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** уставки функций ДЗО определяются в относительных величинах относительно базового тока защиты, в качестве которого (обычно) задается **максимальный номинальный первичный ток ТТ**.

При использовании в качестве ДЗО других устройств защиты (не имеющих указанного задаваемого параметра), могут применяться следующие допущения:

– Задание **единого параметра для сторон (присоединений) ДЗО: полной номинальной мощности** ( $S_{\text{БАЗ}}$  – для устройств **MiCOM P63x (AREVA)**), или **номинального тока** ( $I_{\text{НОМ}}$  – для устройств **ABB RET670**), соответствующего величине базового (номинального) тока защищаемого объекта (шины), относительно которой уставка по току срабатывания ДЗО (чувствительного органа) будет определена в требуемом диапазоне (актуально для верхнего порога чувствительности).

Исключение представляют устройства **GE Multilin T35/60**, для которых (согласно **п. Б1.2.3**) за базовый ток защиты следует принимать первичный номинальный ток ТТ одной из сторон ДЗО, имеющий наименьшую относительную величину (к номинальному току данной стороны шин). В этом случае возможно вынужденное уменьшение уставки по току срабатывания ДЗО ниже расчетной величины (по условию отстройки от обрыва токовых цепей в максимальных нагрузочных режимах). При необходимости, основная сторона объекта для дифзащиты, с соответствующим номинальным током, может быть выбрана вручную.

**Б3.2** Для устройств ДЗО ВН БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, **MiCOM P63x (AREVA)**, **GE Multilin T35/60**, и **ABB RET670** выбор уставки минимального тока срабатывания защиты основной (чувствительной) функции защиты рекомендуется осуществлять по условию отстройки от тока небаланса в реле при обрыве вторичных токовых цепей защиты в нагрузочном режиме:

$$87B(I - DIFF >) = K_{отс} \cdot I_{\text{МАКС.ДЛ.ДО П}} = 1,2 \cdot I_{\text{МАКС.ДЛ.ДО П}}, \quad (\text{Б3.1})$$

где  $I_{\text{МАКС.ДЛ.ДО П}}$  – максимальный длительно допустимый ток нагрузки присоединений ошиновки;

$K_{отс} = 1,2$  – коэффициент отстройки.

Уставка **I-DIFF>** определяется в о.е. относительно номинального (или базового) тока защищаемого объекта  $\frac{I_{DIF}}{I_{NObj}} \left( \frac{I_{\text{ДИФ}}}{I_{\text{БАЗ}}} \right)$ , где:

–  $I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x, MiCOM P63x (AREVA) и ABB RET670** (определяемый выше согласно п. **Б3.1.3**);

–  $I_{\text{БАЗ}}$  – базовый ток для устройств **GE Multilin T35/60** (определяемый выше согласно пунктам **Б1.2.3** и **Б3.1.3**).

**Б3.3** Для устройств защиты фирмы «НПП ЭКРА» ШЭ2607 051 начальный ток срабатывания ( $I_{\text{ДО}}$ ) выбирается обычно максимальным и равным  $1,2 \cdot I_{\text{БАЗ}}$ . (при условии, что чувствительность ДЗО к току повреждения достаточна). При этом обеспечивается отстройка ДЗО от обрыва цепей тока.

Защита обеспечивает селективность на максимальных уставках по начальному току срабатывания и коэффициенту торможения ДЗО при условии обеспечения полной погрешности высоковольтных ТТ не более 30% при токах до  $40 \cdot I_{\text{БАЗ}}$ , что должно быть проверено расчетом нагрузок на высоковольтные трансформаторы тока.

### **Выравнивание токов присоединений.**

Входные ТТ терминала имеют число витков первичной обмотки  $W1 = 16$  с отводами от 1 и 4 витков для выравнивания токов. На  $W1 = 1$  виток

обеспечивается диапазон токов  $(4 \div 16) \text{ А}$ , на  $W1 = 4$  витка обеспечивается диапазон токов  $(1 \div 4) \text{ А}$ , на  $W1 = 16$  витков обеспечивается диапазон токов  $(0,25 \div 1) \text{ А}$  (диапазон токов  $(0,25 \div 1) \text{ А}$  для терминала **БЭ2704V051** не используется).

Расчет базисных токов присоединений ТТ производится в следующей последовательности:

1 Главные ТТ присоединений расположить в порядке уменьшения их коэффициентов трансформации.

2 При  $I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$  базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ( $K_{\text{ТТ1}}$ ) принимается равным  $I_{\text{БАЗ}} = 1,001$ .

3 При  $I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$  базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации ( $K_{\text{ТТ1}}$ ) принимается равным  $I_{\text{БАЗ}} = 5,000$ .

4 Базисные токи присоединений с меньшими коэффициентами трансформации ( $K_{\text{ТТ2}}$ ) определяются с помощью выражения:

$$I_{\text{БАЗ2}} = I_{\text{БАЗ1}} \frac{K_{\text{ТТ1}}}{K_{\text{ТТ2}}},$$

где  $I_{\text{БАЗ2}}$  – базисный ток присоединения с меньшим коэффициентом трансформации главного ТТ  $K_{\text{ТТ2}}$ ;

$I_{\text{БАЗ1}}$  – базисный ток ТТ с наибольшим коэффициентом трансформации главных ТТ  $K_{\text{ТТ1}}$ .

Для остальных присоединений расчет аналогичен.

Полученные значения базисных токов присоединений необходимо ввести в терминал с помощью программы или через клавиатуру терминала.

По значениям базисных токов присоединений производится выбор числа витков первичных обмоток входных ТТ терминала для выравнивания токов (согласно таблице выбора в руководстве по эксплуатации).

Дифференциальный ток формируется как модуль геометрической суммы всех токов, поступающих на входы реле ДЗО. Тормозной ток определяется как полусумма модулей всех токов, поступающих на входы реле ДЗО.

Функция ДЗО устройства **ШЭ2607 051** дополнительно имеет так называемый дифференциально-фазный орган, который является дополнительным фактором, определяющим место нахождения КЗ: в зоне действия защиты (на ошиновке) или вне ее.

Определение зоны КЗ осуществляется по углу сдвига фаз между векторами токов, сформированных из токов присоединений. При КЗ на ошиновке угол между векторами токов близок к нулю. При внешних КЗ угол между векторами токов может составлять величину до  $180^\circ$ .

#### Примечания.

1 В целях повышения чувствительности защиты шин в качестве  $I_{\text{МАКС.ДЛ.ДО П}}$  рекомендуется принять максимальный длительно допустимый ток самого нагруженного присоединения, в данном случае, это может быть сквозной ток нагрузки смежных присоединений БСК. При затруднении в определении действительных токов нагрузки, следует принять максимальный номинальный первичный ток ТТ.

2 Отстройка по току от максимального тока небаланса в переходном режиме внешнего короткого замыкания, принципиально не требуется, так как для данной защиты используется функция торможения током повреждения для отстройки от возможных срабатываний при внешних КЗ.



3 Следует помнить, что при уставке по току срабатывания меньшей максимального длительно допустимого тока нагрузки ошиновки возможно излишнее действие защиты при обрыве токовых цепей присоединений.

**Б3.4** Расчет коэффициента торможения дифзащиты ошиновки ВН БСК (определение **первого наклона** характеристики срабатывания/торможения)

Расчет коэффициента торможения ДЗО  $K_{\text{ТОРМ 1}}$  выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными выше в п. **Б1.3**, с учетом требований п. **Б2.3**.

Таким образом, выбор уставки функции токового торможения (**первый наклон** характеристики) осуществляется:

**Б3.4.1** Для устройств ДЗО ВН БСК SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.3.3**.

**Б3.4.2** Для устройств ДЗО ВН БСК MiCOM P63x (AREVA) – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.3.4**.

**Б3.4.3** Для устройств ДЗО ВН БСК GE Multilin T35/60 – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.3.5**.

**Б3.4.4** Для устройств ДЗО ВН БСК ABB RET670 – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.3.6**.

**Б3.4.5** Для устройств ДЗО ВН БСК «НПП ЭКРА» ШЭ2607 051 уставка  $K_{\text{ТОРМ}}$  может также определяться в соответствии с рекомендациями п. **1.3.6**, в связи с тем, что функция ДЗО выполнена с торможением от арифметической полусуммы входных токов (то есть расчетное выражение аналогично).

Тем не менее, ниже предлагаются следующие рекомендации производителя устройств ДЗО ВН БСК фирмы «НПП ЭКРА» ШЭ2607 051, очевидно предусматривающие возможность значительной степени насыщения ТТ ДЗО, с появлением погрешностей измерения тока, превышающих расчетные величины.

Длина начального участка характеристики срабатывания должна быть не более тормозного тока, соответствующего максимальному нагрузочному режиму ошиновки с учетом допустимой перегрузки (максимальной мощности или сквозному току  $I_{\text{СКВ.МАКС}}$  через шины с учетом возможной перегрузки):

$$I_{\text{ТО}} \leq \frac{K_{\text{ЗАП}} \cdot I_{\text{СКВ.МАКС}}}{I_{\text{БАЗ}}}, \quad (\text{Б3.2})$$

где  $1,1 < K_{\text{ЗАП}} < 1,5$  – коэффициент запаса (перегрузки);

$I_{\text{СКВ.МАКС}}$  – максимальный сквозной ток нагрузки шин;

$I_{\text{БАЗ}}$  – базовый ток.

Коэффициент торможения ДЗО выбирается, обычно, максимальным и равным  $K_{\text{T}} = 1,2$  о.е. (при условии, что чувствительность ДЗО к току КЗ достаточна).

### Специальные пояснения

1 Приведенная выше величина  $K_{\text{ТОРМ 1}}$  для устройств защиты SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x рассчитана по выражению (Б1.21) на основе методик, традиционно применявшихся ранее в практике эксплуатации, и в предположении использования достоверных технических данных ТТ и расчетных токов КЗ.

Однако в подобных случаях (при получении расчетной величины  $K_{\text{ТОРМ}} < 0,5$ ), пользователь вправе принять в качестве рабочей уставки, обеспечивающей граничное условие по чувствительности ДЗО ( $K_{\text{ч}} = 2$ ), величину  $K_{\text{ТОРМ}} = 0,5$ , учитывая также рекомендации производителя

**SIEMENS AG**, который гарантирует правильные действия функции дифзащиты ошиновки устройства **7UT6x** в режимах внешних КЗ, при значениях  $K_{\text{ТОРМ}} \geq 0,5$ .

Примечание. Указанная рекомендация ( $K_{\text{ТОРМ}} = 0,5$ ) в случаях, рассматриваемых ниже (согласно п. **Б3.4.5**), может быть применена также и для устройств **GE Multilin T35/60**, **MiCOM P63x (AREVA)**, **ABB RET670** и «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 051 (при необходимости)**.

2 Рекомендации настоящих указаний по выбору коэффициента торможения дифзащиты основаны на предположении, что метод учета максимальной допустимой (или расчетной действительной) величины погрешности измерения трансформаторов тока, принятых для проектирования, является приоритетным и достаточным.

3 Однако указания не исключают применения рекомендаций производителя по предварительному выбору параметров ТТ, который предусматривает обеспечение правильной работы ТТ только в течение времени, достаточного для действия алгоритма защиты, в соответствии с положениями, приведенными в [4, (Раздел 5 «Измерительные ТТ»)]. Указанная проверка рекомендуется в случаях применения в проекте трансформаторов тока, имеющих сравнительно небольшую мощность допустимой нагрузки и способность быстрого насыщения (вследствие небольшой величины коэффициента предельной кратности ТКЗ).

В основном, такой упрощенный способ выбора  $K_{\text{ТОРМ}}$  рекомендуется западноевропейскими изготовителями микропроцессорных защит, как позволяющий значительно снизить стоимость применяемых ТТ. При этом предусматривается, что новые цифровые устройства дифзащиты должны иметь специальные характеристики и свойства, позволяющие избежать неправильных срабатываний, вследствие некорректного измерения токов указанными ТТ.

**Б3.4.6** В случаях невозможности выполнения проверки ТТ на соответствие максимально допустимой погрешности измерения (не выше **10%**), или определения действительной величины погрешности из-за отсутствия достоверных данных (необходимых для расчетов), для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, в соответствии с рекомендацией производителя (и вследствие отсутствия альтернативных методик), следует задавать величину:

$$87(K_{\text{ТОРМ1}}) \geq 0,5 \text{ о.е.} \quad (\text{Б3.3})$$

### **Б3.5 Параметры дополнительной характеристики торможения (второй наклон характеристики)**

Дополнительная характеристика (ветвь) предназначена для предотвращения действия защиты при больших токах внешнего повреждения, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения ТТ (>10%). В связи с использованием в расчете коэффициента торможения (**первый наклон** характеристики) действительной (расчетной) величины погрешности измерения ТТ при протекании максимального сквозного тока КЗ, для **второго наклона** характеристики торможения функции ДЗО БСК, могут использоваться параметры, идентичные первому наклону характеристики, или (при невозможности) – параметры, обеспечивающие минимальное торможение.

Таким образом, выбор уставки функции токового торможения (**второй наклон** характеристики) осуществляется:

**Б3.5.1** Для устройств ДЗО ВН БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** – в соответствии с рекомендациями **п. Б1.4.1**.

**Б3.5.2** Для устройств ДЗО ВН БСК **MiCOM P63x (AREVA)** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.2**.

**Б3.5.3** Для устройств ДЗО ВН БСК **GE Multilin T35/60** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.3**.

**Б3.5.4** Для устройств ДЗО ВН БСК **ABB RET670** – в соответствии с рекомендациями п. **Б1.4.4**.

**Б3.5.5** Для устройств дифзащиты ДЗО ВН БСК «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 051** указанные параметры неактуальны (характеристика срабатывания дифзащиты имеет один общий наклон).

### **Б3.6 Дифференциальная отсечка**

Для функции дифзащиты шин/ошиновки дополнительная пороговая величина **I-DIFF>> (I-DIFF>>>)** – дифференциальная отсечка как правило не определяется, ввиду практической невозможности выбора критерия срабатывания, так как данная функция предназначена для ликвидации КЗ с большими токами при повреждениях в защищаемой зоне элементов, обладающих значительным внутренним сопротивлением (например, трансформаторы), а ток срабатывания **I-DIFF>> (I-DIFF>>>)** должен превышать ток сквозного КЗ. В связи с вышеуказанным, дифференциальная отсечка для ДЗО не используется.

### **Б3.7 Дополнительное торможение**

Для функции ДЗО распределительных устройств с большими сквозными токами при внешних повреждениях применимы указания п. **Б1.6** (смотрите выше) в части **дополнительного динамического торможения**, с учетом специфики устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**:

– Уставка по току начала дополнительного торможения дифзащиты должна находиться в диапазоне токов КЗ, при которых ожидается насыщение и значительное увеличение погрешности ТТ.

– Уставка по длительности дополнительного торможения дифзащиты определяется ожидаемым временем ликвидации внешнего КЗ (с величиной тока дополнительного торможения).

Для выбора уставки **87В (I-ADD ON STAB) (I ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ)** может использоваться рекомендация производителя, согласно которой должно быть предотвращено срабатывание функции дополнительного торможения в максимальных нагрузочных режимах ошиновки:

$$I_{\text{НАГР.МАКС.ШИН}} = 1,2 \cdot \sum I_{\text{НАГР.МАКС.ПРИС}}, \quad (\text{БЗ.4})$$

где  $\sum I_{\text{НАГР.МАКС.ПРИС}}$  – суммарный максимальный ток нагрузки присоединений данной ошиновки (должны рассматриваться максимальные нагрузочные режимы шин, включая ремонтные).

Уставка по току ввода дополнительного торможения определяется по выражению:

$$87\text{В (I-ADD ON STAB)} \geq \frac{2 \cdot I_{\text{НАГР.МАКС.ШИН}}}{I_{\text{NOBJ}}}, \text{ (о.е.)}. \quad (\text{БЗ.5})$$

Уставка длительности дополнительного торможения **(T ADD ON-STAB)**:

$$T_{\text{ДОП.ТОРМ}} \geq T_{\text{СЗ.ПРИС}} + T_{\text{ОТКЛ.ПРИС}}, \quad (\text{БЗ.6})$$

где  $T_{\text{СЗ.ПРИС}}$  – максимальная выдержка времени защиты присоединений шин на отключение внешнего КЗ с током, превышающим уставку

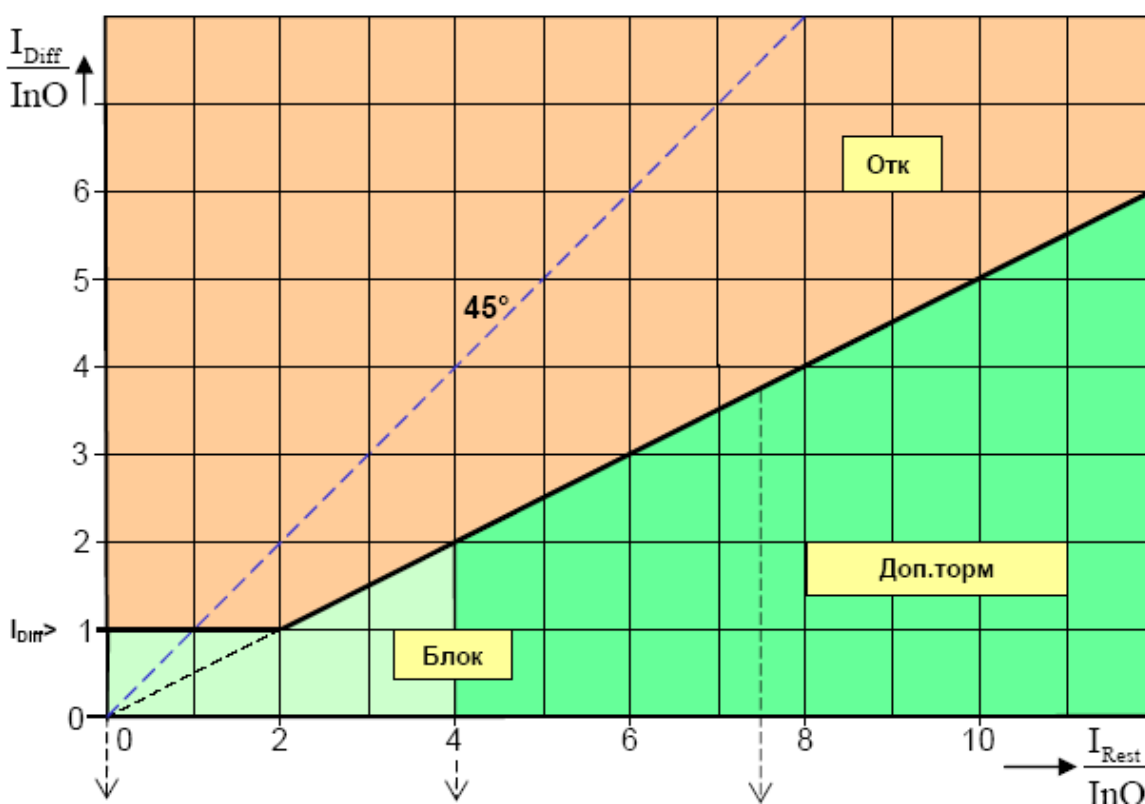
**87B (I-ADD ON STAB)**, в периодах синусоидального тока (частотой 50 Гц);

$T_{\text{откл.прис}}$  – максимальное время отключения выключателя в периодах синусоидального тока.

Дополнительное торможение действует отдельно для каждой фазы, но при необходимости, можно ввести одновременную блокировку во всех трех фазах при срабатывании функции дополнительного торможения в любой из них (так называемая перекрестная блокировка).

Если необходимо блокировать действие дифзащиты во всех фазах, рекомендуется использовать уставку по длительности аналогичную, задаваемой для дополнительного торможения (рекомендуемую выше).

**Б3.8 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения для функции ДЗО ВН БСК на примере устройств SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**



Нач. точка 1(2)      I доп. Торможения      Угол наклона 1(2)

Рисунок Б8 – Характеристика срабатывания ДЗО на базе устройства 7UT6x

Характеристика отключения формируется двумя ветвями. Угол наклона первой ветви (**УГОЛ НАКЛОНА 1**), начальная точка (**НАЧАЛЬНАЯ ТОЧКА 1**). Эта ветвь покрывает основные погрешности трансформаторов тока пропорциональные току.

Вторая ветвь обеспечивает большее торможение в диапазоне больших токов, которые могут приводить к насыщению трансформаторов тока. Ее начальная точка (**НАЧАЛЬНАЯ ТОЧКА 2**), угол наклона (**УГОЛ НАКЛОНА 2**). Эти уставки влияют на устойчивость действий защиты. Большой угол наклона приводит к большей устойчивости (загрублению защиты). Как указано выше (**п. Б3.4**), параметры второй характеристики торможения для ДЗО принимаются (по возможности) идентичными параметрам первой.

### **Б3.9 Контроль дифференциального тока в устройствах ДЗО ВН БСК SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**

Для дифзащиты шин (ошиновки), целесообразно использовать функцию непрерывного контроля дифференциального тока, которая реагирует на появление дифференциального тока в диапазоне рабочих нагрузочных токов, которое означает повреждение во вторичных цепях трансформаторов тока.

Контроль дифференциального тока осуществляется в каждой фазе. Если в течение продолжительного времени измеряемый дифференциальный ток превышает заданную уставку, фиксируется повреждение во вторичных токовых цепях защиты (короткое замыкание или обрыв). При этом, дифференциальная защита с выдержкой времени блокируется в соответствующей фазе и формируется сообщение о этом состоянии.



**Б3.9.1** Величина тока срабатывания контроля (мониторинга) дифференциального тока должна быть ниже уставки срабатывания дифференциальной защиты (**I-DIFF**>); в противном случае невозможно будет определить разницу между эксплуатационными неисправностями ТТ, сопровождающимися исчезновением вторичных токов, и токами повреждения, обусловленными короткими замыканиями в защищаемом объекте.

Для устройств ДЗО ВН БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** уставка по току срабатывания функции контроля дифференциального тока принимается, как правило, ниже минимального номинального тока присоединений шин, или (при технической невозможности) – минимальная по техническим параметрам реле:

$$87B(I - DIFF > MON.) \leq I_{\text{МИН.НАГР}}, \quad (\text{Б3.7})$$

где  $I_{\text{МИН.НАГР}}$  – минимальный рабочий ток нагрузки присоединений ошиновки.

Величина тока срабатывания приводится к номинальному току защищаемого объекта (шин).

Так как функция контроля дифференциального тока реле **7UT6x** имеет минимальный порог чувствительности  $0,15 \cdot I_{\text{NOBJ}}$ , а величина  $I_{\text{NOBJ}}$  принимается равной **максимальному первичному номинальному току ТТ** (смотрите выше **п. Б3.1.3**), можно считать, что условие отстройки от возможных токов небаланса ТТ в нагрузочных режимах выполняется автоматически.

**Б3.9.2** Выдержка времени контроля дифференциального тока обеспечивает не действие блокировки в условиях возникновения

повреждения. Обычно выдержка времени составляет несколько секунд и определяется из опыта эксплуатации объекта стандартной величиной:

$$87B(TI - DIFF > MON.) = (1,0 \div 10,0) \text{ с.} \quad (\text{Б3.8})$$

### **Б3.10 Контроль тока отходящей линии в устройствах ДЗО ВН БСК SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**

В устройствах **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** существует дополнительная возможность контроля исправности токовых цепей дифзащиты ошиновки. Это, так называемый «контроль тока Фидера», который осуществляет контроль (мониторинг) токов в каждой фазе каждой стороны измерения защищаемого объекта. Уставка срабатывания относится к индивидуальному рабочему току стороны каждого присоединения. Если «контроль тока Фидера» используется (то есть уставка больше 0), то обеспечивается дополнительное условие отключения, в соответствии с которым, команда на отключение осуществляется только в том случае, если хотя бы один из контролируемых токов присоединений превысил соответствующую (установленную) пороговую величину **87B (I > КОНТРОЛЬ ТОКА)**.

Уставка по току контроля должна быть менее величины тока одной (какой-либо) из питающих сторон (присоединений) шин, при токе КЗ, соответствующем минимальной чувствительности ДЗО, то есть:

$$87B(I > CURR.GUARD) \leq \frac{I - DIFF >}{n \cdot K_{\text{ч}}} = \frac{0,9 \cdot (I - DIFF >)}{n}, \quad (\text{Б3.9})$$

где  $(I - DIFF >)$  – уставка по минимальному току срабатывания ДЗО в соответствии с (Б3.1);

$n$  – количество основных питающих присоединений ошиновки;

$K_q = 1,1$  – коэффициент чувствительности.

Уставка **I > CURR.GUARD** определяется относительно номинального тока данной стороны защищаемого объекта  $I_{nS}$  (о.е.).

Примечание.  $I_{nS}$  – здесь и далее обозначает номинальный ток данной стороны защищаемого объекта (присоединения ошиновки).

Применение функции контроля тока отходящей линии не является обязательным и выполняется по требованиям эксплуатации.

### **Специальные пояснения**

Применение дополнительной функции контроля обрыва провода токовых цепей каждого трехфазного измерительного входа (**Broken wire monitoring**), которая имеется в устройстве защиты **7UT6x**, в общем случае не рекомендуется в связи с вероятностью ошибочного блокирования дифзащиты ошиновки при КЗ в защищаемой зоне при отсутствии первичного тока ТТ в поврежденной фазе (фазах) на присоединениях, имеющих питание только со стороны защищаемого объекта (ошиновки).

### **Б3.11 Контроль исправности цепей измерений в устройствах ДЗО ВН БСК MiCOM P63x (AREVA)**

Повреждения во вторичных цепях трансформаторов тока могут быть распознаны с помощью функции контроля исправности цепей измерений устройства **P63x**.

Каждой контролируемой устройством **P63x** стороне защищаемого объекта жестко присвоена функция контроля исправности цепей измерений (КЦИ\_1, КЦИ\_2, КЦИ\_3 или КЦИ\_4).

В качестве критерия для контроля цепей измерений используется отношение тока обратной последовательности к току прямой последовательности. Контроль исправности цепей измерений срабатывает,

если превышено заданное отношение  $\frac{I_2}{I_1}$  и величина тока обратной или прямой последовательностей превышает  $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ .

По истечении заданной задержки на срабатывание, выдается предупредительный сигнал (смотрите также п. Б1.2.2). Если уставка по **I-DIFF**> ДЗО выбирается по условию отстройки от тока небаланса в реле при обрыве вторичных токовых цепей защиты в максимальном нагрузочном режиме любого присоединения ошиновки (как это указано в п. Б3.2 выше), автоматическое увеличение порога срабатывания дифзащиты не требуется.

### **Б3.12 Контроль исправности цепей измерений в устройствах дифзащиты ДЗО ВН БСК «ABB» RET670**

Использование контроля токовых цепей ДЗО **RET670** (уставки **tOCTAlarmDelay** – выдержка времени сигнала обнаружения разрыва контроля цепей ТТ, **tOCTResetDelay** – время возврата сигнала обнаружения разрыва контроля цепей ТТ, **tOCTUnrstDelay** – выдержка времени блокировки дифференциальной отсечки после обнаружения разрыва контроля цепей ТТ) не рекомендуется по следующим причинам: функция не выявляет двухфазные и трехфазные обрывы цепей ТТ, а также неэффективно функционирует в режимах качаний на питающих ЛЭП.

### **Б3.13 Контроль исправности цепей измерений в устройствах дифзащиты ДЗО ВН БСК «НПП ЭКРА» ШЭ2607 051**

**Б3.13.1** В ДЗО предусмотрен контроль исправности цепей переменного тока. Реле тока обеспечивают контроль дифференциальных токов в фазах ДЗО. При обрыве токовой цепи присоединения баланс токов нарушается. Реле тока соответствующей фазы срабатывает и через логические цепи устройства обеспечивает сигнализацию поврежденной фазы. Кроме этого, осуществляется

блокировка срабатывания ДЗО. Через программную накладку может быть введен подхват блокировки ДЗО при обрыве цепей переменного тока.

**Б3.13.2** Выбор уставок реле контроля исправности цепей переменного тока.

Уставка выбирается с учетом полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока и неточности выравнивания коэффициентов трансформации ТТ в защите 3%.

Ток срабатывания реле контроля исправности цепей переменного тока определяется по условию отстройки от тока небаланса максимального рабочего (нагрузочного) режима:

$$I_{\text{CP}} = K_{\text{ОТС}} \frac{I_{\text{НБ}}}{K_{\text{ТА}}} \quad (\text{Б3.10})$$

где  $I_{\text{НБ}} = K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{НАГР.МАКС}}$  ;

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

$K_{\text{НБ}} = 0,03$  – коэффициент небаланса;

$I_{\text{НАГР.МАКС}}$  – первичный ток нагрузки наиболее мощного присоединения для защиты ошиновки;

$K_{\text{ТА}}$  – коэффициент трансформации главного трансформатора со стороны наиболее мощного присоединения для защиты ошиновки.

Выдержка времени элемента задержки на срабатывание, действующего на сигнал и блокировку ДЗО при обрыве цепей тока выбирается по условиям:

– Отстройки от наибольшего возможного времени качаний, которые могут возникнуть после включения присоединений ошиновки и вызвать работу реле контроля исправности цепей переменного тока:

$$t_{\text{В}} = t_{\text{КАЧ}} + t_{\text{ЗАП}} \quad (\text{Б3.11})$$

где  $t_{\text{КАЧ}}$  – наибольшее возможное время качаний;

$t_{\text{ЗАП}} = 0,5$  с – время запаса.

– Согласования с выдержкой времени, осуществляющей запоминание срабатывания ДЗО:

$$t_{\text{В}} = t_{\text{ВЗ}} + t_{\text{ЗАП}} \quad (\text{Б3.12})$$

Из двух рассчитанных значений принимается большее.

### **Б3.14 Проверка чувствительности дифзащиты ошиновки ВН БСК**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ДЗО ВН определяется для чувствительного органа при металлическом КЗ на ошиновке ВН защищаемой БСК в расчетном режиме, обуславливающим минимальный ток КЗ, в следующем порядке:

**Б3.14.1** Определяется величина тока торможения ( $I_{\text{T}}$ ), соответствующая минимальному дифференциальному току при металлическом КЗ в зоне действия ДЗО ВН БСК ( $I_{\text{ДМИН}}$ ).

Величина тока торможения  $I_{\text{T}}$  определяется по выражениям, соответствующим расчетному алгоритму, индивидуальному для каждого типа рассматриваемых устройств защиты, в том числе:

– Для устройств ДЗО ВН БСК **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, по выражению:

$$I_{\text{T}} = \sum |I_{1-n}|,$$

где  $|I_{1-n}|$  – модульные величины токов, протекающих по сторонам измерения дифзащиты ДЗО (1-3) в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ.

– Для устройств ДЗО ВН БСК **MICOM P63x (AREVA)** и «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 051**, по выражению:

$$I_T = 0,5 \cdot \sum |I_{1-n}|,$$

где  $|I_{1-n}|$  – модульные величины токов, протекающих по сторонам измерения ДЗО (1-3) в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ.

– Для устройств ДЗО ВН БСК **GE Multilin T35/60** и **ABB RET670**, по выражению:

$$I_T = I_{\text{МАКС}},$$

где  $I_{\text{МАКС}}$  – максимальный из токов, протекающих по сторонам измерения ДЗО (1-3) в рассматриваемом (минимальном) режиме КЗ.

Примечание. В целях упрощения расчета значений дифференциальных и тормозных токов дифзащиты, все величины токов, используемые в расчетных формулах настоящего раздела (выше и ниже), целесообразно указывать в относительных величинах (приведенных к базовым или номинальным токам сторон дифзащиты).

**Б3.14.2** В случае получения расчетного значения  $I_T \leq I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  (горизонтальный участок характеристики), для определения  $K_{\text{ч}}$  используется следующее выражение:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{д.мин}}}{I_{\text{сз.мин}}} \geq 2, \quad (\text{БЗ.13})$$

**БЗ.14.3** В случае получения расчетного значения  $I_{\text{T}} > I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  (наклонный участок характеристики), для определения  $K_{\text{ч}}$  используются следующие выражения:

**БЗ.14.3.1** Для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, **GE Multilin T35/60**, **ABB RET670** и «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 051**:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{д.мин}}}{I_{\text{T}} \cdot K_{\text{ТОРМ}}} \geq 2. \quad (\text{БЗ.14})$$

**БЗ.14.3.2** Для устройства **MICOM P63x (AREVA)**:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{д.мин}}}{I_{\text{сз.мин}} + K_{\text{ТОРМ}} \cdot (I_{\text{T}} - 0,5 \cdot I_{\text{сз.мин}})} \geq 2, \quad (\text{БЗ.15})$$

где  $I_{\text{сз.мин}}$  – минимальный ток срабатывания защиты (при отсутствии торможения) определяемый по (БЗ.1);

$I_{\text{д.мин}}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне (смотрите выше);

$I_{\text{T}}$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне (расчетные выражения  $I_{\text{T}}$  для рассматриваемых устройств защиты смотрите п. **БЗ.14.1** выше);

$I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  – расчетное значение тока начала торможения, соответствующее началу **первого наклона** характеристики, определяемое:



– Для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x, GE Multilin T35/60 и ABB RET670**, в соответствии с (Б1.22);

– Для устройства «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 051**, в соответствии с (Б1.22) или п. **Б3.4.5**.

Примечание. В последнем случае, для определения  $K_{\text{ч}}$  устройства ДЗО **ШЭ2607 051**, вместо выражения (Б3.13) выше, используется выражение:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{д.мин}}}{I_{\text{сз.мин}} + K_{\text{торм}} \cdot (I_{\text{т}} - 0,5 \cdot I_{\text{сз.мин}})} \geq 2, \quad (\text{Б3.16})$$

где  $K_{\text{торм}}$  – коэффициент торможения, определяемый соответственно по (Б1.21), (Б1.24), (Б1.26), (Б3.3) или п. **Б3.4.5**.

Для устройства **MICOM P63x (AREVA)** в обоих рассматриваемых случаях  $K_{\text{ч}}$  должен определяться по выражению (Б3.15), в связи с тем, что фактически выполняется только одно из расчетных условий:  $I_{\text{т}} > I_{\text{торм.нач}}$ .

Примечание. Из выражения (Б3.14) следует, что при токе торможения, превышающем значение  $I_{\text{торм.нач}}$ , и равенстве расчетных токов  $I_{\text{д.мин}} = I_{\text{т}}$ , величина  $K_{\text{торм}}$  является определяющей для чувствительности ДЗО (при  $K_{\text{торм}} \geq 0,5$ ,  $K_{\text{ч}} \leq 2$ ), поэтому значения  $K_{\text{торм}} \geq 0,5$  следует применять только в особых, обоснованных случаях.

## **Б4 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Дифференциальную (ограниченную) токовую защиту (ОЗ) нулевой последовательности от замыканий на землю рекомендуется применять в качестве дополнения (второй основной защиты) к продольной (фазной) дифференциальной защите БСК, так как ОЗ по сравнению с продольной дифзащитой обладает повышенной чувствительностью при КЗ на землю вблизи заземленной нейтрали БСК. Указанная функция может применяться для БСК, имеющих глухозаземленную нейтраль с установленным в ее цепи отдельным ТТ.

Примечание. Разные производители МП устройств РЗА применяют различающиеся названия указанной функции токовой защиты нулевой последовательности:

**Siemens AG** – ограниченная токовая защита от замыканий на землю;

**AREVA** – дифференциальная защита нулевой последовательности или дифференциальная защита от замыканий на землю;

**General Electric** – чувствительная защита от замыканий на землю;

**ABB** – дифференциальная токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

«НПП ЭКРА» (ШЭ2607 049) – Продольная дифференциальная токовая защита нулевой последовательности (ДТЗ НП).

### **Б4.1 Принципы действия дифференциальной (ограниченной) токовой защиты нулевой последовательности БСК или дифференциальной защиты от КЗ на землю**

Основной принцип действия ОЗ основан на измерении и сравнении основной гармоники тока, протекающего в нейтрали с основной гармоникой геометрической суммы фазных токов стороны ВН БСК.

Условием применения данной защиты является наличие трансформатора тока, установленного в цепи заземления нейтрали БСК и подключаемого к отдельному измерительному входу устройства защиты.

Таким образом, защищаемая зона ограничивается: ТТ в нейтрали и фазными ТТ на стороне высоковольтных вводов БСК.

При замыкании на землю в защищаемой зоне, в нейтрали будет протекать ток. В сетях с заземленной нейтралью от энергосистемы будет протекать ток нулевой последовательности, измеряемый как геометрическая сумма токов фаз ТТ на стороне высоковольтных вводов БСК, соединенных по схеме «звезда с нулем». Направление указанных токов в сторону защищаемой зоны, определяется в защите как положительное.

При КЗ на землю вне защищаемой зоны, в нейтрали будет протекать ток одинаковый с током  $3 \cdot I_0$  фазных ТТ на стороне высоковольтных вводов. Указанные токи будут находиться в противофазе.

В рассматриваемой защите от замыканий на землю с ограниченной зоной применено торможение, которое принципиально отличается от обычных способов торможения дифзащиты.

Производители микропроцессорных устройств РЗА применяют различные алгоритмы формирования рабочего и тормозного токов ОЗ.

**Б4.1.1** В устройствах защиты серии **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** основная гармоника тока в нейтрали ( $3I'_0$ ) в защите сравнивается с основной гармоникой суммы фазных токов ( $3I''_0$ ), то есть:

$$3I'_0 = I_N \text{ и } 3I''_0 = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}.$$

В качестве рабочего тока защиты используется  $3I'_0$ .

**Б4.1.1.1** При появлении замыкания на землю вне защищаемой зоны, через фазные ТТ протекает ток замыкания на землю в противофазе с током в нейтрали, имеющем ту же амплитуду. В реле оцениваются:

- величина тока отключения  $I_{\text{откл}} = |3I_0''|$ ;
- ток торможения  $I_{\text{торм}} = k \cdot (|3I_0' - 3I_0''| + |3I_0' + 3I_0''|)$ ;

где  $k$  – коэффициент торможения (смотрите ниже), в устройстве **7УТ612** –  $k = 2$ , в устройстве **7УТ613** –  $k = 4$ .

При внутреннем повреждении торможение отсутствует, потому что величина тока торможения равна нулю или отрицательна. Таким образом, даже малый ток КЗ может привести к отключению. И наоборот, при внешних повреждениях имеет место сильное торможение в области с отрицательными значениями отношения  $\frac{3I_0''}{3I_0'}$  (расчетные  $3I_0''$  и  $3I_0'$  находятся в противофазе и равны по величине).

Отключение не произойдет также при сквозных токах, вызывающих глубокое насыщение ТТ в нейтрали, потому что величина  $3I_0''$  (отрицательный ток) будет больше  $3I_0'$ .

Предполагается, что при внешних повреждениях, токи  $3I_0''$  и  $3I_0'$  находятся в противофазе, что справедливо только для первичных величин измерения.

**Б4.1.1.2** Характеристика срабатывания защиты от замыканий на землю с ограниченной зоной в зависимости от коэффициента тока нулевой последовательности  $\frac{3I_0''}{3I_0'}$  (оба тока в фазе (+) или в противофазе (-)) представлена на рисунке Б9.

$I_{\text{огр.33}}$  – ток защиты от замыкания на землю с ограниченной зоной, при котором происходит срабатывание (отключение);

$I_{\text{ОГР.33} >}$  – уставка защиты от замыкания на землю с ограниченной зоной (I-REF>).

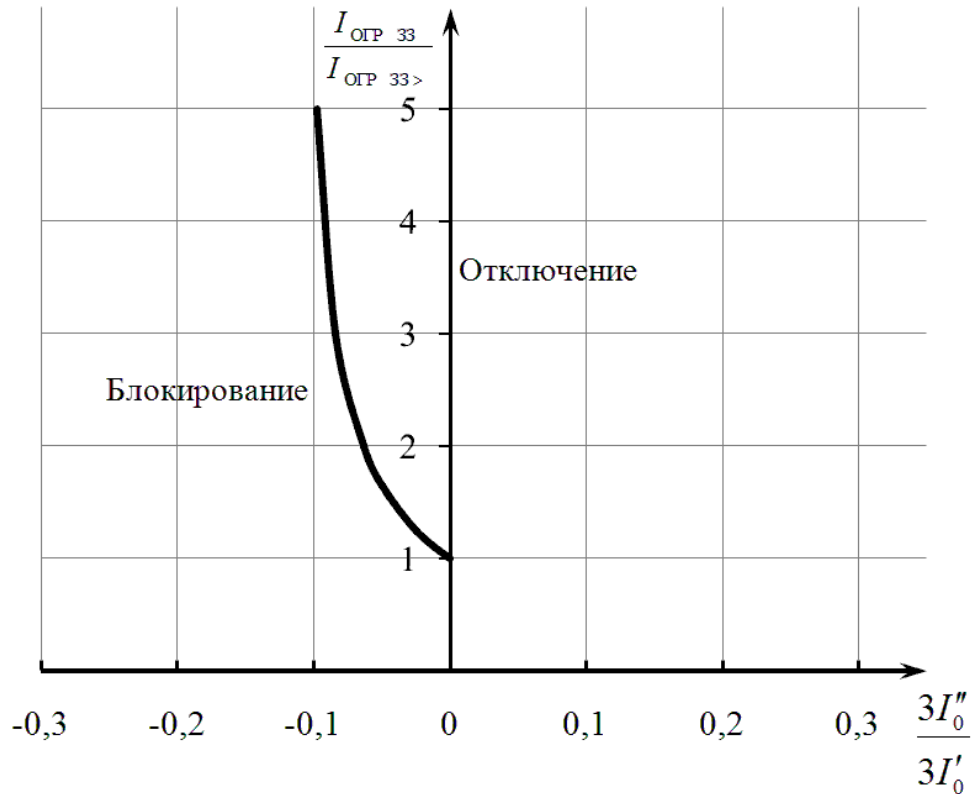


Рисунок Б9 – Характеристика срабатывания защиты от замыканий на землю с ограниченной зоной

**Б4.1.1.3** Насыщение трансформатора тока может вызвать сдвиг фаз измеряемых токов, который уменьшает величину торможения. Если фазовый сдвиг  $\varphi(3I''_0; 3I'_0) = 90^\circ$ , то величина торможения будет равна нулю.

На величину торможения влияет коэффициент  $k$ . Этот коэффициент имеет зависимость от предельного угла  $\varphi$ . Предельный угол определяет, для какого сдвига фаз между  $3I''_0$  и  $3I'_0$  величина срабатывания при  $3I''_0 = 3I'_0$  увеличивается до  $\infty$ , то есть пуска не происходит.

Для устройства **7УТ613** предельный угол  $\varphi = 100^\circ$ . Это означает, что при сдвиге фаз  $\varphi(3I''_0; 3I'_0) = +100^\circ$   $k = 4$ , то есть ток торможения  $I_{\text{ТОРМ}}$  в 8 раз больше тока  $I_{\text{ОТКЛ}}$ , поэтому отключение невозможно.

Для компенсации погрешности измерения фаз токов, величину тока отключения в зоне срабатывания можно дополнительно увеличить пропорционально арифметической сумме амплитуд токов ТТ в фазах и нейтрали:

$$\sum |I| = |I_{L1}| + |I_{L2}| + |I_{L3}| + |I_N|$$

в соответствии с заданным наклоном этой характеристики торможения (параметр **SLOPE**, смотрите ниже).

**Б4.1.1.4** Характеристика увеличения значения срабатывания защиты от замыканий на землю с ограниченной зоной представлена ниже на рисунке Б10.

Горизонтальный участок характеристики при заданном отсутствии торможения при внутреннем повреждении учитывает постоянную погрешность измерения токов, возникающую вследствие влияния токов намагничивания измерительных ТТ защиты.

Наклонный участок (**наклон характеристики торможения**) автоматически увеличивает величину уставки в области отключения пропорционально току торможения (арифметической суммы фазных токов и тока в нейтрали) и учитывает увеличение погрешности измерения (особенно в случаях больших токов внешнего повреждения или включения БСК, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения ТТ защиты выше допустимой (номинальной) величины, больше 10%).

Наклон характеристики торможения задается в диапазоне (0,00÷0,95) о.е.

**Обычно достаточно предустановленного значения 0.**

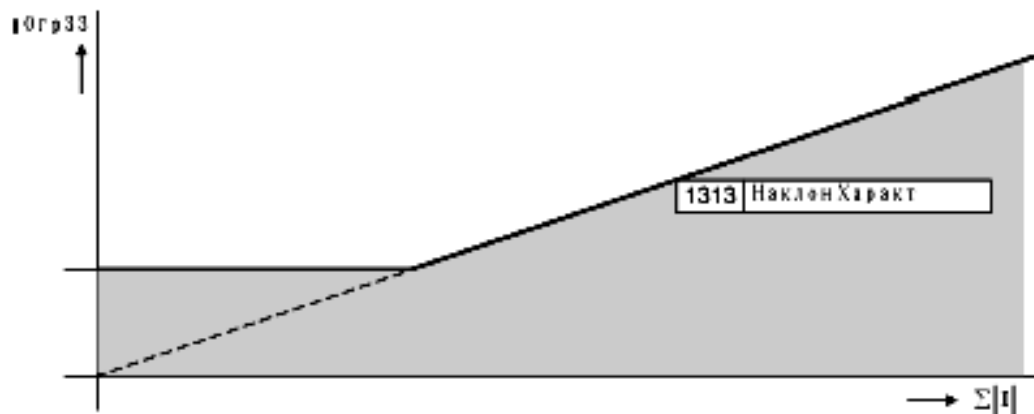


Рисунок Б10 – Характеристика увеличения значения срабатывания защиты от замыканий на землю с ограниченной зоной

**Б4.1.2** В устройствах серии дифференциальный (рабочий) ток ОЗ, представляет собой модуль геометрической (векторной) суммы измеряемых фазных токов и тока в нейтрали БСК. При этом предполагается, что токи, втекающие в защищаемую зону, имеют одинаковый «положительный» знак, и наоборот.

**Б4.1.2.1** Тормозной ток ОЗ представляет собой согласованную по амплитуде геометрическую сумму фазных токов стороны ВН БСК.

В последних версиях устройств **MiCOM P63x (AREVA)**, кроме **вышеуказанного**, имеются два дополнительных принципа действия дифференциальной защиты нулевой последовательности, а именно:

- дифференциальная защита нулевой последовательности с торможением от максимального фазного тока, где максимальный фазный ток вычисляется из согласованных по амплитуде токов соответствующей фазы всех введенных сторон, а тормозной ток равен полусумме модулей максимального тока фазы и тока в нейтрали. Использование данного режима формирования тормозного тока позволяет получить характеристику срабатывания ОЗ с двумя участками торможения (согласно рисунку Б12).

– высокоимпедансная дифференциальная защита нулевой последовательности. Далее не рассматривается, так как не применяется в отечественной практике.

Примечание. В устройстве **MiCOM P631 (AREVA)** функция ОЗ отсутствует.

Следуя рекомендации фирмы **AREVA** в дальнейшем будем рассматривать только ОЗ с торможением по сумме фазных токов стороны ВН БСК.

#### **Б4.1.2.2 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции ОЗ устройств MiCOM P63x (AREVA).**

Характеристика имеет один участок с коэффициентом торможения  $m$ . Коэффициент торможения не регулируется и имеет значение  $m = 1,005$ .

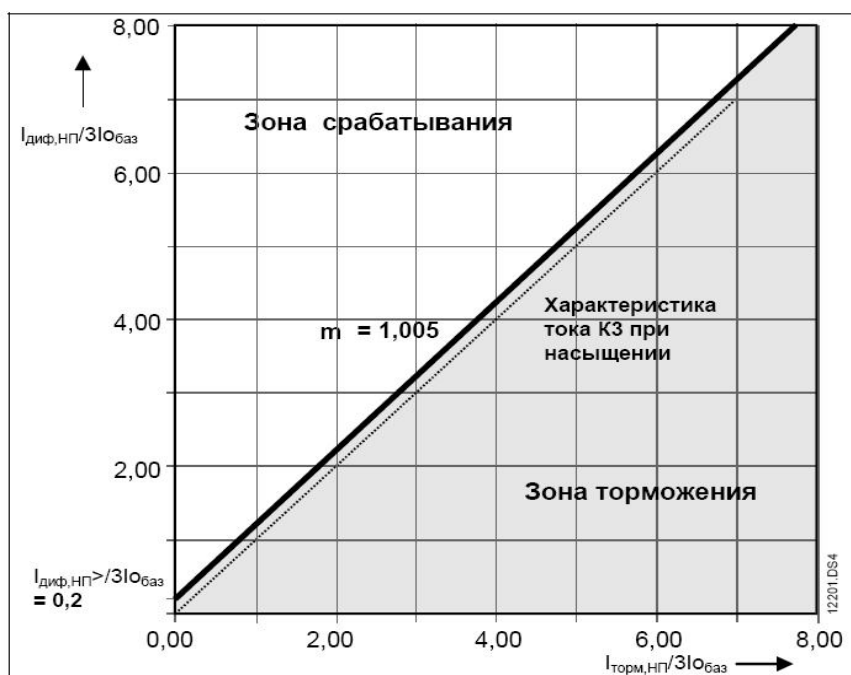


Рисунок Б11 – Характеристика срабатывания устройства **MiCOM P63x (AREVA)** с использованием торможения по сумме фазных токов



**Наклон характеристики торможения** позволяет отстроить защиту как от дифференциального тока небаланса вызванного номинальными погрешностями трансформаторов тока, так и от погрешности трансформаторов тока в случае больших токов нулевой последовательности внешнего повреждения или включения БСК, которые могут вызвать насыщение и увеличение погрешности измерения, а также учитывает увеличения тормозного тока в максимальном нагрузочном режиме.

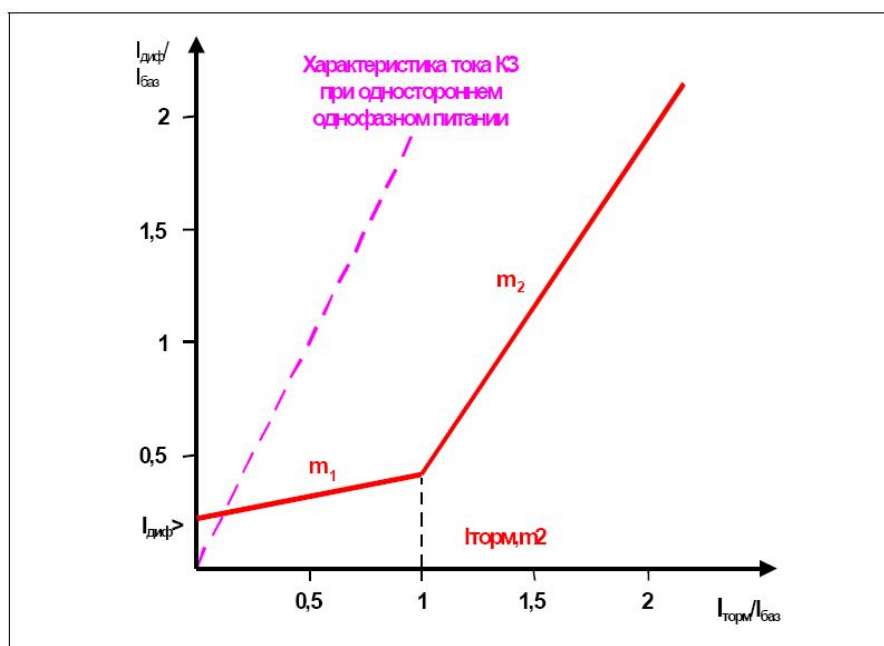


Рисунок Б12 – Характеристика срабатывания устройства **MicOM P63x (AREVA)** с использованием торможения от максимального фазного тока

**Б4.1.3** В устройствах серии **GE Multilin T60** дифференциальный (рабочий) ток ОЗ, представляет собой модуль геометрической (векторной) суммы измеряемых фазных токов и тока в нейтрали БСК, аналогично указанному выше в п. **Б4.1.2**.

**Б4.1.3.1** Тормозной сигнал формируется как максимальное значение из трёх составляющих токов нулевой, прямой и обратной последовательностей

фазных токов, что позволяет обеспечить устойчивость защиты в условиях насыщения ТТ:

$$I_{\text{ТОРМ}} = \text{Max}( I_{\text{ТОРМ } 0}, I_{\text{ТОРМ } 1}, I_{\text{ТОРМ } 2} ).$$

**Б4.1.3.2** Составляющая нулевой последовательности тормозного сигнала ( $I_{R0}$ ) обеспечивает максимальное торможение при внешнем КЗ на землю, и вычисляется как разность векторов токов нейтрали и нулевой последовательностей:

$$I_{\text{ТОРМ } 0} = |I_{\text{НТР}} - I_{\text{НП}}| = |I_{\text{НТР}} - (I_{\text{А}} + I_{\text{В}} + I_{\text{С}})|.$$

**Б4.1.3.3** Составляющая обратной последовательности тормозного сигнала ( $I_{R2}$ ) обеспечивает максимальное торможение при внешних междуфазных КЗ и вычисляется следующим образом:

$$I_{\text{ТОРМ } 2} = |I_{-2}| \text{ или } I_{\text{ТОРМ } 2} = 3 \cdot |I_{-2}|.$$

Примечание. Коэффициент (множитель) «1» в выражении выше применяется в алгоритме расчета первые два периода после включения БСК под напряжение (отключенное состояние декларируется, если токи во всех фазах менее 5% в течение пяти периодов); коэффициент (множитель) «3,0» – после двух периодов следующих за включением БСК под напряжение.

**Б4.1.3.4** Составляющая прямой последовательности тормозного сигнала ( $I_{\text{ТОРМ } 1}$ ) предназначена для обеспечения максимального торможения в симметричных условиях (или симметричных КЗ, или симметричной нагрузке) и вычисляется следующим образом:

1. Если  $|I_{-1}| > 1,5$  о.е. фазного ТТ, то
2. Если  $|I_{-1}| > |I_{-0}|$ , то  $I_{\text{ТРМ1}} = 3 \cdot (|I_{-1}| - |I_{-0}|)$
3. иначе  $I_{\text{ТРМ1}} = 0$
4. иначе  $I_{\text{ТРМ1}} = |I_{-1}|/8$

При токах величины нагрузки (ниже 150% от номинального значения), тормозной сигнал прямой последовательности выставляется на 1/8 от тока прямой последовательности (Строка 4). Это должно обеспечить максимальную чувствительность при КЗ с низким током в условиях полной нагрузки.

При токах уровня КЗ, торможение по прямой последовательности снимается, если составляющая нулевой последовательности больше составляющей прямой последовательности (Строка 3) или выставляется как чистая разность этих двух составляющих (Строка 2).

**Б4.1.3.5 Характеристика срабатывания/торможения функции ОЗ устройств GE Multilin T60** имеет один участок с регулируемой уставкой величины наклона. Рекомендуемый фирмой **GE** угол наклона составляет 40%.

Примечание. характеристика срабатывания устройства **GE Multilin T60** идентична характеристике срабатывания устройства **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x**, показанной на рисунке Б10.

**Б4.1.4** В устройстве защиты **RET670** фирмы **ABB** вектор дифференциального тока основной частоты рассчитывается как сумма векторов тока основной частоты в нейтрали БСК и остаточного тока в фазах БСК:

$$\underline{I}_{diff} = \underline{I}_N + 3\underline{I}_0, .$$

где  $\underline{I}_N$  – вектор тока основной частоты в нейтрали БСК;

$3\underline{I}_0$  – вектор остаточного тока в фазах БСК.

**Б4.1.4.1** Ток торможения представляет собой наибольший из фазных токов и тока нейтрали, контролируемых защитой.

**Б4.1.4.2 Поясняющая диаграмма характеристики срабатывания/торможения функции ОЗ устройства АВВ RET670.**

Защита имеет тормозную характеристику с фиксированными наклонами, которая описана в таблице Б.1 ниже:

Таблица Б.1 – Данные тормозной характеристики

Конец участка 1	Первый наклон	Второй наклон
$I_{\text{баз}}, \%$	$I_{\text{баз}}, \%$	$I_{\text{баз}}, \%$
125	70	100

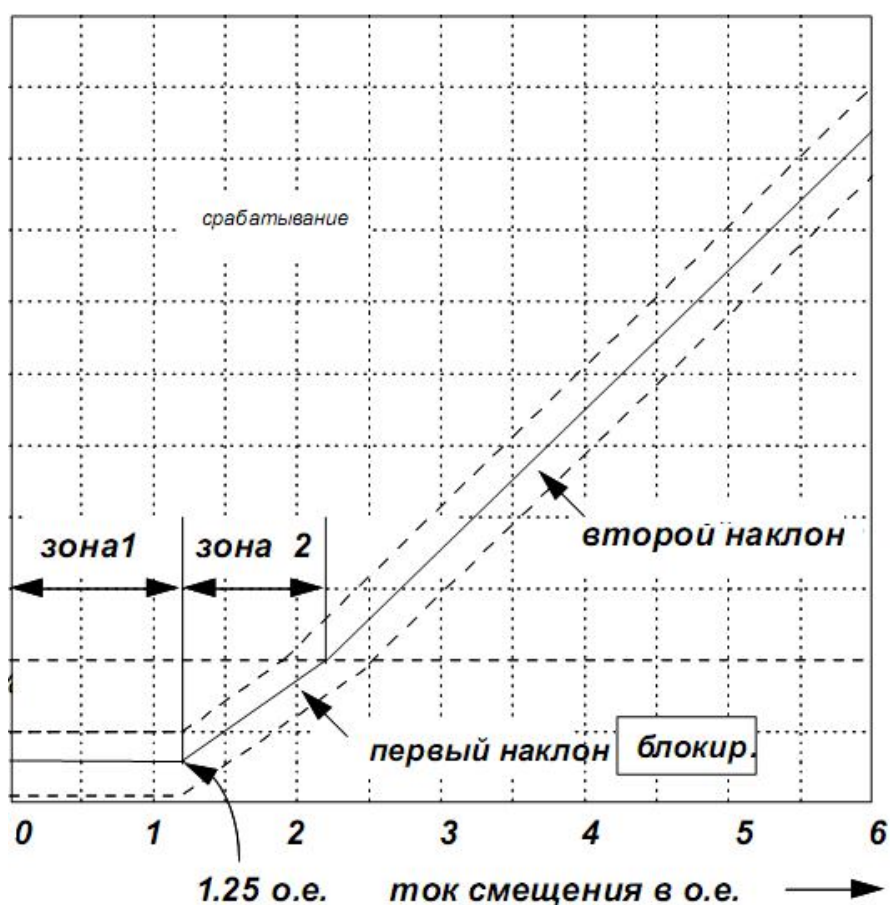


Рисунок Б13 – Характеристика срабатывания устройства АВВ RET670 с использованием торможения

При обнаружении внешнего замыкания, функция REF временно загрубляется. При этом защита не будет срабатывать, если значение тока в нейтрали менее 50% номинально тока защищаемой БСК. Это условие снимается в случае пропадания внешнего повреждения. Факт отсутствия внешнего повреждения определяется, когда значение тока в нейтрали становится равным менее 50% минимальной уставки срабатывания **I<sub>dmin</sub>** защиты.

Критерий направленности применяется для того, чтобы точно распознать тип (внутреннее или внешнее замыкание на землю) повреждения. Эта проверка является дополнительным условием, которое должно предотвращать излишнее срабатывание функции при тяжелых внешних замыканиях на землю и во время отключения таких повреждений другими защитами от замыкания на землю в сети, подключенной к БСК.

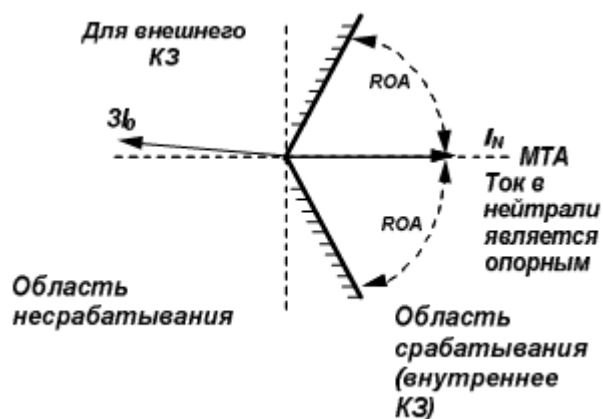


Рисунок Б14 – Токораспределение нулевой последовательности при внешнем замыкании на землю

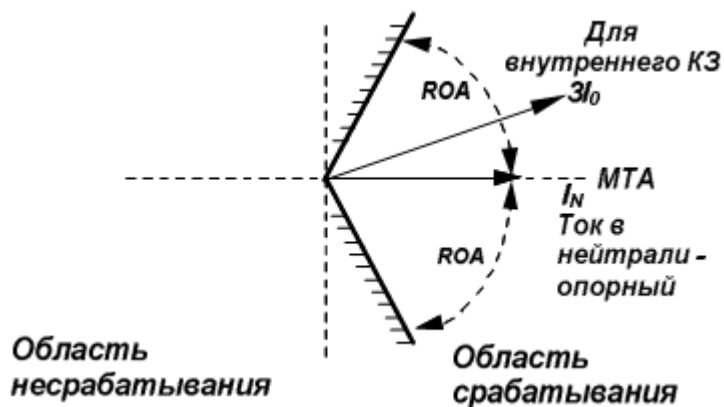


Рисунок Б15 – Токораспределение нулевой последовательности при внутреннем замыкании на землю

Проверка направленности выполняется в том случае, если остаточный ток в фазах  $3I_0$  составляет, по меньшей мере, 3% от номинального тока защищаемого объекта.

Срабатывание защиты разрешается, только если оба сравниваемых тока  $I_N$  и  $3I_0$ , по крайней мере, находятся в пределах области срабатывания ROA.

**Специальные пояснения:**

На рисунках Б14, Б15 выше представлена характеристика проверки направленности токов нулевой последовательности дифференциальной защиты нулевой последовательности при внешних и внутренних (в зоне) замыканиях на землю. Область активизации функции ограничивается углом срабатывания реле **ROA**, регулируемым (задаваемым) в пределах  $60 \div 90$  эл. град.

Обычно, при отсутствии явлений глубокого насыщения ТТ дифзащиты, уставка ROA принимается по умолчанию – 60 эл.град.

**Б4.1.5** В устройствах серии «НПП ЭКРА» (ШЭ2607 049) продольная ДТЗ НП имеет один (трехфазный) вход ЛВ для подключения к трехфазному трансформатору тока и два (однофазных) входа НВ1 (НВ2) для подключения к однофазным трансформаторам тока, установленным в заземляемой нейтрали.

При использовании функции ДТЗ НП для БСК, имеющей единственный ТТ на стороне нейтрали, достаточно подключить к ТТ нейтрали один из однофазных входов защиты, второй однофазный вход (при его наличии) не должен использоваться.

Предусмотрена возможность выравнивания различий по коэффициентам трансформации трансформаторов тока присоединений в пределах от 0,25 А до 16 А. 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 (4÷16) А, на втором отводе при  $W1 = 4$  витка обеспечивается диапазон токов (1,001÷4) А, на  $W1 = 16$  витков обеспечивается диапазон токов (0,251÷1,00) А.

Таким образом, для продольной ДТЗ НП для входов ЛВ, НВ1 (НВ2) обеспечивается выравнивание токов в диапазоне от 0,251 А до 16 А. Переключение отводов входных ТТ осуществляется на зажимах X1, X2 терминала.

Номинальный ток фазы БСК определяется по выражению:

$$I_{\text{НОМ.БСК}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}},$$

где  $S_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность защищаемого объекта (БСК);

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

Далее необходимо произвести расчет базисных токов по сторонам БСК с помощью выражения:

$$I_{\text{БАЗ}} = \frac{I_{\text{НОМ.БСК}}}{K_{\text{ТТ}}},$$

где  $K_{\text{ТТ}}$  – коэффициент трансформации ТТ стороны БСК.

Продольная ДТЗ НП выполнена в виде одноканальной дифференциальной токовой защиты.

Продольная ДТЗ НП имеет токозависимую характеристику с уставкой по начальному току срабатывания ( $I_{до}$ ), изменяемой в диапазоне  $(0,05 \div 1,0) \cdot I_{БАЗ.СТОП}$  с торможением от тока нейтрали:

$$I_T = \left| \frac{I_{НВ1-N}}{I_{БАЗ.НВ1}} + \frac{I_{НВ2-N}}{I_{БАЗ.НВ1}} \right|;$$

$$I_D = \left| \frac{I_{НВ1-N}}{I_{БАЗ.НВ1}} + \frac{I_{НВ2-N}}{I_{БАЗ.НВ1}} + \frac{I_{ЛВ-A} + I_{ЛВ-B} + I_{ЛВ-C}}{I_{БАЗ.ЛВ}} \right|.$$

где  $I_T$  – тормозной ток, о.е.;

$I_D$  – дифференциальный ток, о.е.;

$I_{НВ1-N}$  – ток нейтрали стороны НВ1, А;

$I_{НВ2-N}$  – ток нейтрали стороны НВ2, А;

$I_{ЛВ-A(B,C)}$  – токи фаз А, В, С стороны ЛВ, А;

$I_{БАЗ.НВ1}$  – базисный ток стороны НВ1, А;

$I_{БАЗ.НВ2}$  – базисный ток стороны НВ2, А;

$I_{БАЗ.ЛВ}$  – базисный ток стороны ЛВ, А.

#### Примечания.

1 Под базисным током стороны ( $I_{БАЗ.СТОП}$ ) понимается значение вторичного тока в плече защиты на определенной стороне при передаче на эту сторону номинальной мощности БСК (расчет базисных токов сторон смотрите в данном пункте выше).

2 В расчетных выражениях выше, для ДТЗ НП БСК используются величины только одной (подключенной) стороны НВ1 или НВ2.



Характеристика срабатывания продольной ДТЗ НП, приведенная на рисунке Б16, состоит из горизонтального и наклонного участков, соединенных плавным переходом:

$$\text{при } 0 \leq I_T \leq I_{T0}, I_{CP} = I_{D0};$$

$$\text{при } I_T > I_{T0}, I_{CP} = I_{D0} + K_T \cdot (I_T - I_{T0}),$$

где  $I_{CP}$  – ток срабатывания чувствительного реле;

$I_{D0}$  – начальный ток срабатывания;

$I_T$  – тормозной ток;

$I_{T0}$  – длина горизонтального участка тормозной характеристики;

$K_T$  – коэффициент торможения.



Рисунок Б16 – Характеристика срабатывания продольной ДЗР НП

Длина горизонтального участка ( $I_{T0}$ ) характеристики срабатывания продольной ДТЗ НП регулируется в диапазоне  $(1,0 \div 2,0) \cdot I_{\text{БАЗ.СТОП}}$ .  
 Рекомендуемая величина  $I_{T0} = 1,0$ .

Уставка по коэффициенту торможения продольной ДТЗ НП изменяется в диапазоне от  $(0,1 \div 0,5)$  о.е. Рекомендуемая величина  $K_T = 0,5$ .

В устройствах защиты **ШЭ2607 049** применяется функция блокировки действия ДТЗ НП при сквозных токах (объекта) большой величины, которая в характеристике срабатывания дифзащиты представлена как вертикальная граница правой части зоны действия защиты с уставкой  **$I_{т.мах}$**  – ток торможения блокировки продольной ДТЗ НП, регулируемой в диапазоне  $(1,2 \div 3,0)$  о.е.

Продольная ДТЗ НП правильно функционирует при КЗ в зоне действия при токе повреждения более начального тока срабатывания чувствительного реле до  $40 \cdot I_{БАЗ.СТОП}$  при значении токовой погрешности высоковольтных трансформаторов тока в установившемся режиме, вызванной их насыщением при работе на активную нагрузку, до 50%.

**Б4.1.6** Функция дифференциальной (ограниченной) токовой защиты нулевой последовательности БСК включает следующий принципиальный алгоритм действия:

– характеристика действия защиты с токовым торможением представляющая собой чувствительный орган защиты с током срабатывания, величина которого увеличивается пропорционально (в общем случае) тормозному току защиты, и уставкой начального тока срабатывания ниже номинального тока БСК (при отсутствии торможения на начальном заданном участке характеристики);

– характеристика быстрого действия защиты при повреждениях с низким сопротивлением в защищаемой зоне, представляющая собой грубый орган защиты с высоким порогом тока срабатывания (дифференциальная отсечка), который не ограничивается имеющимися тормозными характеристиками защиты и, вследствие этого, должен превышать

максимально возможный дифференциальный ток небаланса дифзащиты при сквозных (внешних) токах БСК.

Примечание. Функция дифференциальной отсечки существует только в устройстве **MiCOM P63x (AREVA)**.

#### **Б4.2 Выбор тока срабатывания характеристики ОЗ БСК**

С учетом обеспечения отстройки от возможных первичных токов небаланса в нейтрали БСК и небаланса, вызванного погрешностью измерения ТТ и терминала защиты в нормальном (нагрузочном) режиме работы, а также функций токового торможения/блокирования срабатывания ОЗ при сквозных токах БСК, рекомендуется следующая минимальная уставка тока срабатывания ограниченной защиты от замыканий на землю:

**Б4.2.1** Для устройств защиты серии **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7UT6x** и **ABB RET670**, уставка по току срабатывания ОЗ, согласно рекомендаций производителя:

$$87N(I - REF >) = 0,15 \cdot I_{NS} \quad (\text{Б4.1})$$

где  $I_{NS}$  – здесь и далее номинальный ток данной стороны защищаемого объекта (в данном случае – номинальный ток БСК).

Уставка по току срабатывания ( $I - REF >$ ) определяется относительно номинального тока стороны защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{REF}}{I_{NS}}$ ), в данном случае номинального тока БСК.

Примечание. Для обоснования величины уставки (Б4.1) предлагается базовая формула отстройки от токов небаланса, представленная выше в п. **Б1.2.1**).

**Б4.2.2** Для устройств серии **MiCOM P63x (AREVA)**, согласно рекомендации производителя, ток срабатывания ОЗ выбирается по условию отстройки от тока небаланса, обусловленного погрешностями ТТ и цифрового выравнивания в номинальном нагрузочном режиме:

$$87N(I - DIF >) \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.ном.нагр Р}} = (0,13 \div 0,15) \cdot I_{\text{ном.нагр}}, \quad (\text{Б4.2})$$

где  $K_{\text{отс}} = 1,3 \div 1,5$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности терминала, ошибки расчета и необходимый запас.

$$I_{\text{нб.расч}} = I'_{\text{нб.ном.нагр Р}} + I''_{\text{нб.ном.нагр Р}}, \quad (\text{Б4.3})$$

где  $I'_{\text{нб.ном.нагр Р}}$  – составляющая, обусловленная погрешностью ТТ при токах, соответствующих номинальному нагрузочному режиму;

$I''_{\text{нб.ном.нагр Р}}$  – составляющая, обусловленная погрешностью цифрового выравнивания токов плеч защиты при токах, соответствующих номинальному нагрузочному режиму.

$$I_{\text{нб.расч}} = K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{ном.нагр}} + \Delta f_{\text{выр}} \cdot I_{\text{ном.нагр}}, \quad (\text{Б4.4})$$

где  $K_{\text{пер}} = 1$  – рекомендуемый коэффициент, учитывающий переходный режим;

$K_{\text{одн}} = 1$  – рекомендуемый коэффициент однотипности трансформатора тока;

$\varepsilon = 0,05$  – относительное значение полной погрешности трансформаторов тока в режиме номинальных нагрузочных токов для ТТ класса 10Р (для ТТ класса 5Р, может быть принята величина  $\varepsilon = 0,03$ );

$\Delta f_{\text{ВЫР}}$  – коэффициент, учитывающий погрешность цифрового выравнивания и составляет 0,05 для терминалов **Р63х**;

$I_{\text{НОМ.НАГР}}$  – номинальный ток БСК.

Уставка **87N (I-DIF>)** определяется относительно базисного тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{\text{DIF}}}{I_{\text{БАЗ}}}$ ), который рассчитывается следующим

образом:

$$I_{\text{БАЗ.А}} = \frac{S_{\text{БАЗ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{БАЗ.А}}},$$

где  $S_{\text{БАЗ}}$  – базисная мощность, в данном случае номинальная мощность БСК (в общем случае наибольшая  $S_{\text{НОМ}}$  сторон объекта);

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

$U_{\text{НОМ.А}}$  – номинальное линейное напряжение стороны А.

Таким образом, для рассматриваемого случая  $I_{\text{БАЗ}} = I_{\text{НОМ}}$  БСК.

**Б4.2.3** Для устройств дифзащиты БСК **GE Multilin T35/60**, также может быть рекомендована уставка, аналогичная указанной выше в пунктах **Б4.2.1**, **Б4.2.2**.

Расчетные величины уставок защиты по току определяются в относительных единицах (о.е.):

– Величина в относительных единицах, равная отношению фактической величины к базовой величине.

Базовой величиной для расчета и настроек дифференциальных и тормозных токов дифзащиты с торможением является номинальный **первичный ток фазных ТТ**, используемых для вычисления тока нулевой последовательности  $I_{\text{нп}}$ .

Уставку наклона характеристики ОЗ (**НАКЛОН RGF<sub>x</sub>**) по рекомендации Изготовителя следует выбирать исходя из условия надежного определение внутренних КЗ, в точке расчетного расстояния от нейтрали. Определяется возможность обнаружения КЗ на землю на расстоянии 5% от нейтрали при полностью загруженной БСК (с учетом запаса по чувствительности 20%):

$$RGF_{\text{НАКЛОН}} = \frac{8,0 \cdot RGF_{\text{СРАБ}} \cdot I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}}{I_{N(W)}} \cdot 100\% - K_{\text{Н}} \%,$$

где  $RGF_{\text{СРАБ}}$  – уставка по току срабатывания защиты, о.е.;

$I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}$  – первичный номинальный ток ТТ, относительно которого определяется ток срабатывания защиты (смотрите выше);

$I_{N(W)}$  – первичный номинальный ток БСК, А;

$K_{\text{Н}} \% = 20\%$  – рекомендуемый коэффициент надежности.

**Б4.2.4** Для устройств дифзащиты БСК **ABB RET670** также может быть рекомендована уставка по выражению (Б4.1), рассчитываемая на основе базовой формулы в п. **Б4.2.1**.

Уставка **I-DIFF>** определяется также относительно базового или номинального тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{\text{DIF}}}{I_{\text{Nobj}}}$ ).

**Б4.2.5** Для устройств Дифзащиты БСК «НПП ЭКРА» (**ШЭ2607 049**) также может быть рекомендована уставка по выражению (Б4.1), рассчитываемая на основе базовой формулы в п. **Б1.2.1**:

Уставка  $I_{до}$  определяется также относительно базового или номинального тока защищаемого объекта (в о.е.  $\frac{I_{до}}{I_{ном}}$ ).

Уставка по току торможения блокировки ( $I_{т.макс}$ ) ДТЗ НП определяется исходя из отстройки от максимально возможного сквозного тока нагрузки БСК. Наибольшее значение сквозной ток нагрузки БСК ( $I_{скв.н}$ ) достигнет при вероятных перенапряжениях в питающей сети ВН. В соответствии с этим, уставка может приниматься равной:

$$I_{т.макс} = K_{отс} \cdot I_{скв.н}, \quad (Б4.5)$$

где  $K_{отс} = 1,2$  – коэффициент отстройки;

$I_{скв.н} = (1,35 \div 1,5) \cdot I_{ном}$  – максимальный (сквозной) ток нагрузки БСК;

$I_{ном}$  – номинальный ток БСК.

Примечание. Уставка по току торможения блокировки ( $I_{т.макс}$ ), определяется в относительных единицах, аналогично указанному выше для уставки основной функции продольной ДТЗ НП БСК (**I<sub>diff</sub>>**).

**Б4.2.6** В особых случаях может быть необходимым задержать сигнал отключения ограниченной защиты. Обычно дополнительная задержка устанавливается равной 0 с.

### **Б4.3 Дифференциальная отсечка**

Для устройств ОЗ БСК **MiCOM P63x (AREVA)** есть возможность кроме уставки **I-DIFF>**, для дифференциального тока повреждения БСК ввести дополнительную пороговую величину **I-DIFF>>** (**I-DIFF>>>**) – дифференциальная отсечка. Если эта пороговая величина тока повреждения

превышается, то происходит срабатывание защиты на отключение вне зависимости от величины тока торможения, или других условий дополнительного торможения.

Величина этой уставки должна быть выше чем  $I-DIFF>$  (чувствительная функция дифзащиты).

Рекомендуется принимать в соответствии с указаниями п. Б1.5.1.

#### **Б4.4 Проверка чувствительности дифзащиты от КЗ на землю БСК**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ограниченной ДЗ БСК определяется (только для чувствительного органа) при металлическом КЗ на землю на выводах ВН БСК при работе в расчетном режиме, обуславливающим минимальный ток в нейтрали БСК, по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}}} \geq 2, \quad (\text{Б4.5})$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}}$  – минимальное значение периодической составляющей тока нейтрали БСК при КЗ на землю в защищаемой зоне (на высоковольтных вводах БСК);

$I_{\text{СЗ.МИН}}$  – минимальный ток срабатывания защиты, определяемый по (Б4.1) (Б4.2), **в первичных величинах.**

Примечание. Для защиты, имеющей уставку по току срабатывания около  $0,15 \cdot I_{\text{НОМ.ТР}}$ , чувствительность обеспечивается в подавляющем большинстве случаев с большим запасом, поэтому необходимость в ее проверке практически отсутствует.



**Б5 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Примечание. Небалансная дифференциальная токовая защита БСК применяется для БСК, имеющих две параллельные группы (полуветви) конденсаторов в каждой фазе и трансформаторы тока в цепи проводника, соединяющем средние точки полуветвей в каждой из фаз батареи.

Небалансная защита предназначена для резервирования быстродействующих защит при внутренних повреждениях батареи статических конденсаторов. Защита выполняется для каждой фазы в отдельности и имеет две ступени, действующие на отключение БСК (или на сигнал).

**Б5.1** Небалансная дифференциальная токовая защита БСК представляет собой двухступенчатую (по току и времени срабатывания) фазовую максимальную токовую защиту с измерением системы трехфазного тока. Защита реагирует на появление тока небаланса трансформаторов тока, установленных в цепи проводника, соединяющем средние точки полуветвей в каждой из фаз А/В/С.

В нормальном режиме и режиме внешних КЗ токи в параллельных ветвях отдельной фазы БСК практически одинаковы, а при повреждениях конденсаторов в одной из ветвей это равенство нарушается, появляется **ток небаланса**, вызывающий срабатывание защиты в поврежденной фазе.

#### **Специальные пояснения**

1 Фаза или ветвь конденсаторной батареи представляет собой несколько соединенных последовательно рядов конденсаторов, при этом в каждом ряду единичные конденсаторы соединены между собой параллельно.

Суммарная емкость фазы (ветви фазы) БСК определяется как результат умножения емкости единичного конденсатора на количество конденсаторов в одном ряду, поделенный на количество указанных рядов.

Если фаза БСК состоит из двух параллельных ветвей, то суммарная емкость фазы определяется как сумма емкостей этих ветвей (или удвоение емкости одной ветви).

Исходя из вышеуказанного, можно достаточно просто рассчитать как общее реактивное сопротивление фазы БСК в нормальном режиме (модуль

$X_{\text{сф}} = \frac{1}{\omega \cdot C_{\text{ф}}}$ ), так и отдельные сопротивления схемы замещения фазы БСК

при повреждении (закорачивании) одного ряда конденсаторов в одной из двух частей (половин) ветви БСК, в соответствии с которыми определяется расчетная величина тока небаланса, протекающего через ТТ защиты в проводнике, соединяющем средние точки полуветвей отдельной фазы БСК.

2 Ниже приводятся общие понятия из ПУЭ (Глава 5.6) [1], применимые к электрооборудованию БСК:

– Конденсаторной батареей называется группа единичных конденсаторов, электрически соединенных между собой (согласно ПУЭ, п. 5.6.3).

– Единичным конденсатором называется конструктивное соединение одного или нескольких конденсаторных элементов в общем корпусе с наружными выводами (согласно ПУЭ, п. 5.6.4).

– Конденсаторным элементом (секцией) называется неделимая часть конденсатора, состоящая из токопроводящих обкладок (электродов), разделенных диэлектриком (согласно ПУЭ, п. 5.6.5).

– Последовательным рядом при параллельно-последовательном соединении конденсаторов в фазе батареи называется часть батареи, состоящая из параллельно включенных конденсаторов (согласно ПУЭ, п. 5.6.6).

Указанный расчет токов небаланса может быть проиллюстрирован на примере БСК, фаза которой состоит из четырех отдельных блоков, соединенных попарно параллельно, а обе пары – последовательно. Отдельный блок состоит из « $N$ » последовательно соединенных рядов, в каждом из которых находится « $M$ » параллельно соединенных единичных конденсаторов (согласно рисунку Б17,а ниже).

Типовой единичный конденсатор состоит из « $n$ » последовательно соединенных рядов, в каждом из которых находится « $m$ » параллельно соединенных конденсаторных элементов (согласно рисунку Б17,в ниже).

В проводнике, соединяющем средние точки двух образованных полуветвей фазы, подключен ТТ, измеряющий токи небаланса (несимметрии), которые возникают при повреждении отдельных конденсаторных элементов в любом из единичных конденсаторов БСК, находящихся под рабочим напряжением.

Общая емкость одного из четырех блоков БСК будет определяться согласно выражению:

$$C_{Б(1-4)} = \frac{M \cdot C_1}{N},$$

где  $N$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$M$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$C_1$  – емкость единичного конденсатора.

Емкость единичного конденсатора будет определяться согласно выражению:

$$C_1 = \frac{m \cdot C_0}{n},$$

где  $n$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов  
единичного конденсатора;

$m$  – количество конденсаторных элементов в одном ряду единичного  
конденсатора;

$C_0$  – емкость конденсаторного элемента

Учитывая число параллельно/последовательно соединенных блоков  
фазы БСК (по два блока), можно представить суммарную емкость фазы БСК  
выражением:

$$C_{\Phi} = \frac{2 \cdot M \cdot C_1}{2 \cdot N} = C_{B(1-4)} = \frac{M \cdot m \cdot C_0}{N \cdot n}.$$

Пробой одного конденсаторного элемента в ряду единичного  
конденсатора БСК означает закорачивание (шунтирование) всего указанного  
ряда конденсаторных элементов данного конденсатора.

Посредством параллельно/последовательного сложения сопротивлений  
поврежденного и неповрежденных единичных конденсаторов и отдельных  
блоков конденсаторов, а также расчета изменившегося токораспределения  
между блоками в схеме замещения фазы БСК, для определения величины тока  
небаланса, протекающего в проводнике, соединяющем средние точки двух  
полуветвей фазы, может быть получено следующее конечное выражение:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{U_{\Phi} \cdot \omega \cdot C_1 \cdot M}{N \cdot [4 \cdot (N \cdot \{M \cdot (n-1) + 1\}) - 3]}, \quad (\text{Б5.1})$$

или, в более простом виде:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n-1) + 1\}] - 3}, \quad (\text{Б5.2})$$

где  $U_{\Phi}$  – первичное рабочее (номинальное) напряжение фазы БСК, В;

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$  – угловая скорость вращения векторов электрических величин (токов и напряжений);

$C_1$  – ёмкость единичного конденсатора, Ф;

$M$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$N$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$n$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора;

$I_{\text{НОМ.Б}} = \frac{U_{\Phi} \cdot \omega \cdot C_1 \cdot M}{N}$  – номинальный первичный ток конденсаторной

батареи, А.

Примечание. При отличиях схемы БСК от используемой в примере расчета (приведенной на рисунке Б17,а), расчетные выражения (Б5.1) и (Б5.2) необходимо скорректировать в соответствии с реальной электрической схемой соединений БСК, например: при последовательном соединении двух (или более) единичных конденсаторов в одном ряду блока конденсаторной батареи (рисунок Б17,б), число « $n$ » (количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора согласно рис.Б17,в) необходимо увеличить в два (или более) раза, а число « $N$ » (количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК согласно рис. Б17,б) – соответственно уменьшить в два (или более) раза.

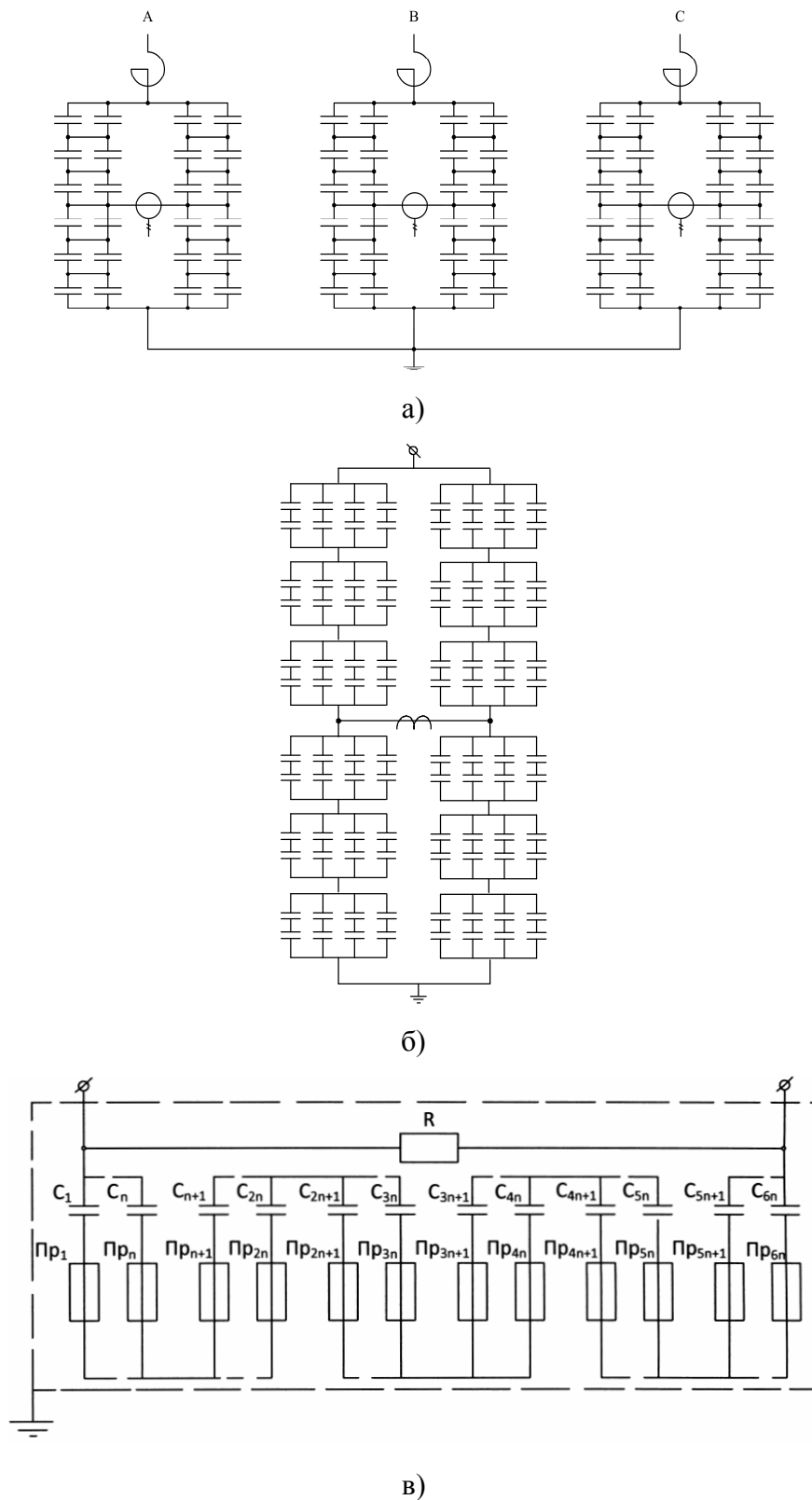


Рисунок Б17 – Пример типовых схем конденсаторной батареи (а, б) и схемы единичного конденсатора (в)

**Б5.2** Ток срабатывания ступени защиты, действующей на отключение БСК, рассчитывается по чувствительности при повреждении (полном пробое) единичного конденсатора БСК:

$$50 - 2(I \gg) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}}, \quad (\text{Б5.3})$$

где  $K_{\text{ч}} = (1,25 \div 1,5)$  – коэффициент чувствительности, о.е.;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – расчетный ток небаланса, протекающий в цепи проводника, соединяющем средние точки полуветвей фазы БСК (определяется при закорачивании отдельного конденсаторного элемента БСК, по выражениям (Б5.1), (Б5.2) выше), А.

Примечание. Расчетная величина  $I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  определяется предварительно, обязательным условием является отстройка уставки ступени  $50 - 2(I \gg)$  от токов небаланса нормального режима по результатам измерений при наладочных работах, или в процессе эксплуатации защиты.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК должна определяться с учетом отстройки от переходного режима включения БСК, предварительное значение может быть принято (с последующим уточнением по результатам измерений при наладочных работах):

$$50 - 2(T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.} \quad (\text{Б5.4})$$

**Б5.3** Ток срабатывания ступени защиты, действующей на сигнал, рассчитывается с учетом обеспечения ее упреждающего срабатывания при частичном нарушении свойств (изоляции) единичного конденсатора БСК согласно выражению:

$$50-1(I >) = 0,6 \cdot (I >>), \quad (\text{Б5.5})$$

где  $(I >>)$  – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Примечание. Обязательным условием является отстройка уставки ступени  $50-1(I >)$  от токов небаланса нормального режима по результатам измерений при наладочных работах, или в процессе эксплуатации защиты.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК) равна:

$$50-1(T) = 10 \text{ с.} \quad (\text{Б5.6})$$

Примечания.

1 Для целей реализации небалансной МТЗ рассматриваются следующие устройства защиты:

- **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7SJ61x.**
- **MiCOM P14x (AREVA).**
- **GE Multilin F35/F60.**
- **ABB – REF615.**
- **НПП ЭКРА – ШЭ2607 017217.**

2 Значения уставок максимальных токовых защит по току срабатывания (здесь и далее) рассчитываются и задаются:

- для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7SJ61x** и **ШЭ2607 (НПП ЭКРА)** – как правило, в именованных единицах, приведенных для вторичной величины расчетного параметра;
- для устройств **MiCOM P14x (AREVA)** – в относительных единицах от величины номинального тока устройства (о.е.);



– для устройств **GE Multilin F35/F60** – в относительных единицах от базовой величины, которой является **первичный (или вторичный) ток ТТ**, используемых защитой (о.е.);

– для устройств **ABB – REF615** в относительных единицах от величины номинального тока устройства (о.е.).

3 Значения уставок защит по напряжению срабатывания (далее) рассчитываются и задаются:

– для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7SJ61x, MiCOM P14x (AREVA)** и **ШЭ2607 (НПП ЭКРА)** – как правило, в именованных единицах, приведенных для **вторичной величины** расчетного параметра;

– для устройств **GE Multilin F35/F60** – в относительных единицах от базовой величины, которой является **номинальное вторичное напряжение ТН** (о.е.);

– для устройств **ABB – REF615** относительно номинального вторичного напряжения устройства 100 В.

## **Б6 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Примечание. Защита предназначена для резервирования действия быстродействующих защит при КЗ на землю в БСК.

**Б6.1** Функция защиты может использовать прямое измерение тока в нулевом проводе на стороне высоковольтных вводов БСК, или соответствующий расчетный ток нулевой последовательности.

**Б6.1.1** Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается по условию отстройки от максимального тока в нулевом проводе ТТ при включении БСК под напряжение:

$$50N-1(I >) = I_{сз} \geq K_{отс} \cdot K_{пер} \cdot K_U \cdot I_{ном.БСК} = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot I_{ном.БСК} = 2 \cdot I_{ном.БСК}, \quad (Б6.1)$$

где  $K_{отс} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$K_{пер} = 1$  – коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме;

$K_U = 1,35$  – коэффициент запаса, учитывающий перенапряжения в сети ВН, допустимые для БСК в течение ограниченного периода времени (согласно ПТЭ, п. 5.11.17);

$I_{ном.БСК}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с}, \quad (Б6.2)$$

Дополнительная ступень (ступени) ТЗНП на стороне высоковольтных вводов БСК **50N-2 (I >>)** может использоваться, с идентичной уставкой по току

срабатывания и с большей (на ступень селективности) выдержкой времени действия **50N-2 (T)** для отключения смежных присоединений БСК (Шины).

Примечание. ТЗНП в устройстве **ШЭ2607 017217 (НПП ЭКРА)** выполнена трёхступенчатой, однако применение всех ступеней защиты может оказаться необязательным. В этом случае рекомендуется вывести её из работы регулированием максимально возможной уставки по току срабатывания и максимально возможной уставкой ступени по времени.

#### **Специальные пояснения**

В расчетах уставки по току срабатывания ТЗНП ВН БСК выше, предполагается, что условия выбора уставки ТЗНП ВН (с итоговой величиной  $2 \cdot I_{НОМ.Р}$ ) обеспечивают надежную степень отстройки от максимальных токов нулевой последовательности, протекающих в защите при включении БСК под напряжение, а также при близких внешних КЗ на землю на шинах или в сети ВН присоединенных смежных линий, когда напряжение в поврежденной фазе (фазах) близко к нулю, а в неповрежденных – близко к номинальному значению, или несколько превышает его с учетом возможных перенапряжений в сети ВН. При этом, также автоматически реализуется согласование по току срабатывания с первыми ступенями защит от КЗ на землю указанных линий.

Таким образом, защита может считаться селективной при минимальной выдержке времени ее срабатывания, необходимой для отстройки от кратковременных переходных процессов в сети, а также для обеспечения селективного действия основных защит БСК.

#### **Б6.1.2 Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК.**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТЗНП на стороне высоковольтных вводов БСК определяется при металлических КЗ на землю по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0.3}}{I_{\text{сз}}} \geq 1,5, \quad (\text{Б6.3})$$

где  $3I_{0.3}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту от питающей системы при КЗ на землю одной фазы на вводе ВН БСК;

$I_{\text{сз}}$  – ток срабатывания защиты.

**Б6.2** Ступень ТЗНП ВН **50-3 (I >>>)** может быть применена в качестве дополнительной токовой отсечки нулевой последовательности (ТО НП) на стороне высоковольтных вводов БСК, действующей без выдержки времени.

**Б6.2.1** Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК.

Указанная отстройка защиты необходима, в особенности, в случаях установки на БСК выключателей с пофазным приводом (в других случаях отстройка также целесообразна для реализации быстрого отключения повреждений БСК с большим током):

$$50 - 3 (I \gg \gg) = I_{\text{сз}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{вкл.БСК}} = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{вкл.БСК}}, \quad (\text{Б6.4})$$

где  $K_{\text{отс}} = 1,3 \div 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{вкл.БСК}}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п. **Б1.3.2**.

**Б6.2.2** Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0.3}}{I_{\text{сз}}} \geq 1,2 \quad (\text{Б6.5})$$

где  $3I_{0.3}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту от питающей системы при КЗ на землю одной фазы на вводе ВН БСК;

$I_{\text{сз}}$  – ток срабатывания защиты.

## **Б7 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Примечание. Защита предназначена для резервирования действия быстродействующих защит при КЗ на землю в БСК.

**Б7.1** Функция защиты использует прямое измерение тока в нулевом проводе ТТ на стороне нейтрали БСК или однофазного ТТ, установленного непосредственно в цепи заземления нейтрали БСК, что обеспечивает повышение чувствительности защиты к однофазным КЗ вблизи нейтрали.

**Б7.1.1** Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается по условию обеспечения максимальной чувствительности к КЗ на землю на стороне нейтрали БСК, в конце зоны защиты:

$$50N-1(I >) = I_{CЗ} \leq \frac{I_{НОМ.БСК}}{K_{\text{ч}}} = 0,65 \cdot I_{НОМ.БСК}, \quad (\text{Б7.1})$$

где  $I_{НОМ.БСК}$  – номинальный ток БСК;

$K_{\text{ч}} = 1,5$  – коэффициент чувствительности.

Время срабатывания защиты должно быть согласовано с временем действия резервных защит смежных присоединений в сети ВН.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = T_{\text{СЗ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (\text{Б7.2})$$

где  $T_{\text{СЗ.ПР}}$  – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;

$T_{\text{зап}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}$  – время запаса (степень селективности).

Дополнительная ступень (ступени) ТЗНП на стороне нейтрали БСК **50N-2 (I>>)** может использоваться, с идентичной уставкой по току срабатывания и с большей (на ступень селективности) выдержкой времени действия **50N-2 (T)** для отключения смежных присоединений БСК (Шины).

### **Специальные пояснения**

В расчетах уставки по току срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ БСК выше, основным требованием к защите является обеспечение чувствительности при КЗ на землю вблизи нейтрали БСК. При этом, предполагается, что достаточным условием селективности действия защиты является отстройка уставки по времени срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ от максимальных выдержек времени защит от КЗ на землю смежных линий в сети ВН, однако желательным дополнительным условием является проверка согласования ТЗНП НЕЙТРАЛИ по току срабатывания со вторыми ступенями защит от КЗ на землю указанных линий ( $K_{\text{согл}} = 1,1$ ), так как выполнение последнего условия обеспечивает применение минимально возможных выдержек времени срабатывания рассматриваемой защиты.

## **Б8 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

**Б8.1** Защита предназначена для резервирования действия быстродействующих защит при КЗ в БСК и от коротких замыканий между выводами БСК.

Функция защиты использует измерения фазных трансформаторов тока на стороне высоковольтных вводов БСК. Две ступени защиты реагируют на токи основной гармоники, третья ступень – на действующее значение тока, включающее высшие гармоники.

**Б8.2** Ступень МТЗ ВН **50-3 (I >>>)** рекомендуется выполнить в качестве токовой отсечки. При этом ток срабатывания токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК:

$$50 - 3 (I \gg \gg) = I_{сз} \geq K_{отс} \cdot I_{вкл.БСК} = 1,5 \cdot I_{вкл.БСК}, \quad (Б8.1)$$

где  $K_{отс} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{вкл.БСК}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п. **Б1.3.2**.

### **Б8.3** Проверка чувствительности токовой отсечки БСК

Коэффициент чувствительности ( $K_q$ ) МТЗ на стороне высоковольтных вводов БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_q = \frac{I_{кз.мин}}{I_{сз}} \geq 1,2, \quad (Б8.2)$$

где  $I_{\text{кз.мин}}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{\text{сз}}$  – ток срабатывания защиты.

**Б8.4** Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 (I>>) выбирается по условию отстройки от возможных перегрузок БСК по току в симметричных режимах повышения напряжения в сети ВН:

$$50 - 2 (I \gg) = I_{\text{сз}} \geq K_{\text{отс}} \cdot K_U \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,8 \cdot I_{\text{ном.БСК}}, \quad (\text{Б8.3})$$

где  $K_{\text{отс}} = 1,3$  – коэффициент отстройки;

$K_U = 1,35$  – коэффициент запаса, учитывающий перенапряжения в сети ВН, допустимые для БСК в течение ограниченного периода времени (согласно ПТЭ, п. 5.11.17);

$I_{\text{ном.БСК}}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК должна определяться с учетом отстройки от переходного режима включения БСК, предварительное значение может быть принято (с последующим уточнением по результатам измерений при наладочных работах):

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.} \quad (\text{Б8.4})$$

**Б8.5** Проверка чувствительности МТЗ ВН БСК.

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) МТЗ на стороне высоковольтных вводов БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} \geq 2, \quad (\text{Б8.5})$$



где  $I_{\text{кз.мин}}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{сз}}$  – ток срабатывания защиты.

**Б8.6** Ступень МТЗ на стороне высоковольтных вводов БСК **50-1 (I>)** используется в качестве защиты от перегрузки токами высших гармоник. Для реализации данной функции защита должна реагировать на величину полного тока фазы, включающую основную гармонику и высокочастотные гармонические составляющие тока, и действовать с выдержкой времени на отключение при превышении на 130% номинального тока БСК.

Примечание. Если в устройстве защиты отсутствует ступень (функция) МТЗ с измерением **полного действующего значения тока** нагрузки, возможно использование, в этом качестве, токового органа защиты от тепловой (термической) перегрузки **ANSI 49**, с активизацией дополнительной программируемой логики устройства.

Ток срабатывания ступени МТЗ **50-1 (I>)** определяется по выражению:

$$50-1(I >) = 1,3 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}}, \quad (\text{Б8.6})$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК (если отсутствуют специальные рекомендации изготовителя БСК):

$$50-1(T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.} \quad (\text{Б8.7})$$

**Б9 ANSI 46. Максимальная токовая защита обратной последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Примечание. Применение рассматриваемой ниже защиты для БСК не является обязательным.

**Б9.1** Защита предназначена для резервирования действия быстродействующих защит при несимметричных КЗ в БСК.

Функция защиты использует измерения фазных трансформаторов тока на стороне высоковольтных вводов БСК.

**Б9.2** Ток срабатывания ТЗОП ВН выбирается по условию отстройки от тока небаланса в БСК при нарушении симметрии напряжений в сети ВН:

$$46-1(I >) = I_{сз} \geq (0,1 \div 0,2) \cdot K_U \cdot I_{НОМ.БСК} = (0,135 \div 0,27) \cdot I_{НОМ.БСК}, \quad (Б9.1)$$

где  $I_{НОМ.БСК}$  – номинальный ток БСК;

$K_U = 1,35$  – коэффициент запаса, учитывающий перенапряжения в сети ВН, допустимые для БСК в течение ограниченного периода времени (согласно ПТЭ, п. 5.11.17).

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$46-1(T) = T_{ср.ТЗНП.ПН} + T_{ЗАП}, \quad (Б9.2)$$

где  $T_{ср.ТЗНП.ПН}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН;

$$T_{ЗАП} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

### Б9.3 Проверка чувствительности ТЗОП БСК.

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТЗОП на стороне высоковольтных вводов БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{2\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ}}} \geq 1,5, \quad (\text{Б9.3})$$

где  $I_{2\text{КЗ.МИН}}$  – минимальный (по режиму) ток обратной последовательности при КЗ в двух фазах на ошиновке ВН;

$I_{\text{СЗ}}$  – ток срабатывания защиты.

## **Б10 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Примечания.

1 Функция резервирования при отказе выключателя БСК предназначена для отключения смежных с БСК элементов (линия или шины) при повреждении БСК и отказе в отключении выключателя действием защит.

2 При установке децентрализованного устройства защиты шин и резервирования отказа выключателей РУ, для реализации функции УРОВ ВН БСК используется (как правило) это устройство. В связи с тем, что основные уставки УРОВ ВН имеют непосредственное отношение к центральному терминалу (координатору) децентрализованного устройства ДЗШ/УРОВ, и должны определяться в общей структуре и контексте этого устройства, **в данной работе указанные параметры не рассматриваются.**

**Б10.1** Пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)** – уставка интегрированного контроля тока, относящаяся ко всем трем фазам.

Рекомендуется уставка по току на 10% ниже минимального тока повреждения, при котором УРОВ должен работать. Значение тока срабатывания не должно быть задано слишком низким (выше возможного тока небаланса), иначе, в условиях отключения очень высокого тока, переходный процесс во вторичных цепях ТТ может привести к увеличению времени возврата УРОВ:

$$50BF (I > BF) \leq \frac{I_{КЗ.МИН}}{K_{\text{ч}}} = 0,9 \cdot I_{\text{РЗ.МИН}}, \quad (\text{Б10.1})$$

где  $I_{\text{РЗ.МИН}}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ;

$K_{\text{ч}} = 1,1$  – коэффициент чувствительности УРОВ.

**Б10.1.1** Для устройств **MiCOM P14x (AREVA)** задается пороговое значение срабатывания тока **50BF (I<BF)** – уставка интегрированного контроля тока, относящаяся ко всем трем фазам.

Рекомендуется уставка по току на 10% ниже минимального тока повреждения, при котором УРОВ должен работать:

$$50BF (I < BF) \leq \frac{I_{P3.МИН}}{K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}}} = \frac{I_{P3.МИН}}{1,1 \cdot 1,05} = 0,86 \cdot I_{P3.МИН}, \quad (\text{Б10.2})$$

где  $I_{P3.МИН}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ;

$K_{\text{ч}} = 1,1$  – коэффициент чувствительности УРОВ;

$K_{\text{в}} = 1,05$  – коэффициент возврата минимального реле тока.

**Б10.1.2** В устройствах **ABB REC670, RET670** может быть введена дополнительно (при необходимости) уставка уровня тока нулевой последовательности (**IN>**) для фиксации отказа выключателя. Функция позволяет выполнить отдельно УРОВ при замыканиях на землю, так как в сетях с заземленной нейтралью уставки защит от замыкания на землю могут принимать низкие значения.

**Б10.1.3** Для устройств «НПП ЭКРА» **ШЭ2607 017217, ШЭ2607 019** задается пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)** – уставка интегрированного контроля тока, относящаяся ко всем трем фазам.

Рекомендуемая изготовителем уставка по току:

$$50BF (I > BF) > (0,05 \div 0,1) \cdot I_{\text{НОМ}}. \quad (\text{Б10.3})$$

где  $I_{НОМ}$  – номинальный ток устройства защиты.

**Б10.2** Выдержка времени УРОВ должна учитывать максимальное время отключения выключателя, время возврата органа контроля протекания тока и время запаса, которое учитывает погрешность органа выдержки времени.

Таким образом, выдержка времени УРОВ определяется по выражению:

$$50BF(T) \geq T_{УРОВ} \geq T_{ОВ} + T_{РТ} + \Delta t_{ЗАП}, \quad (\text{Б10.4})$$

где  $T_{ОВ}$  – максимальное время отключения выключателя, которое определяется типом выключателя (ориентировочно это время составляет  $0,03 \div 0,06$  с для исправного выключателя);

$T_{РТ}$  – время возврата органа контроля протекания тока, принимается равным  $0,02$  с;

$\Delta t_{ЗАП}$  – время запаса, принимается равным  $0,05$  с.

**Б10.2.1** Первая (минимальная) выдержка времени на повторное отключение выключателя может составлять:

$$50BF(T1) \geq 0,1 \div 0,15 \text{ с.} \quad (\text{Б10.5})$$

Примечание. Не исключается, также, применение традиционного действия УРОВ на повторное отключение без выдержки времени.

**Б10.2.2** Соответственно, вторая или единственная выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом ступени селективности):

$$50BF (T2) \geq 0,25 \div 0,3 \text{ с.} \quad (\text{Б10.6})$$

**Б10.2.2.1 «НПП ЭКРА»** в устройствах **ШЭ2607 017217, ШЭ2607 019** рекомендует выдержку времени (0,2 ÷ 0,3) с.

**Б10.2.2.1** Значения уставок УРОВ по току срабатывания (здесь и далее) рассчитываются и задаются:

– Для устройств **SIPROTEC (SIEMENS AG) 7SJ61x, 6MD66x** – в **именованных единицах**, приведенных для **вторичной величины** расчетного параметра. Для устройств **7UT61x** – могут задаваться аналогично (**в именованных единицах**), **либо в относительных единицах** от величины номинального тока стороны присоединения (о.е.).

– Для устройств **MiCOM P14x (AREVA)** – в **именованных единицах**, приведенных для **вторичной величины** расчетного параметра.

– Для устройств **GE Multilin F35/F60** – в относительных единицах от базовой величины, которой является **первичный (или вторичный) ток ТТ**, используемых защитой (о.е.).

– Для устройств **ABB REF615** – в относительных единицах от величины номинального тока устройства (о.е.).

– Для устройств **RET670, REC670** – в **процентах от базового тока** (в общем случае рекомендуется для удобства работы выбрать уставку **IBase**, равной номинальному значению первичного тока ТТ).

– Для устройств **НПП «ЭКРА» ШЭ2607 017217, ШЭ2607 019** в **именованных единицах**, приведенных для **вторичной величины** расчетного параметра.

## **Б11 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

**Б11.1** Функция защиты от понижения напряжения реагирует на снижение напряжения на шинах и предназначена для предотвращения повреждения БСК при исчезновении напряжения на шинах и повторной подачи напряжения на шины без предварительного отключения БСК, в этом случае к БСК может быть приложено удвоенное напряжение.

При трехфазном подключении ТН защита при понижении напряжения использует основную гармонику составляющей прямой последовательности, либо как вариант возможно использование наименьшего значения из трех линейных напряжений.

Таким образом, оценивается значение составляющей напряжения прямой последовательности, также может оцениваться наименьшее линейное напряжение. Коэффициент возврата органов защиты от понижения напряжения может быть задан дополнительно.

При подключении только однофазного трансформатора напряжения, функцией используется основная гармоника линейного или фазного напряжения, в зависимости от типа подключения.

Защита от понижения напряжения имеет одну ступень с независимой выдержкой времени **27-1**.

После снижения напряжения ниже задаваемого значения срабатывания и по истечении выдержки времени (**27-1 ВЫД. ВРЕМ.**) выдается сигнал на отключение БСК.

Повторное включение блокируется на заданное время. Повторное включение конденсаторной установки допускается после восстановления напряжения в сети до номинального значения, но не ранее чем через 5 минут после ее отключения.



**Б11.2** Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется по выражению:

$$27-1(U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}}, \quad (\text{Б11.1})$$

где  $U_{\text{НОМ.С}}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1(T) = T_{\text{СР.СМ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (\text{Б11.2})$$

где  $T_{\text{СР.СМ.ПР}}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

## **Б12 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН**

**Б12.1** Функция защиты от повышения напряжения реагирует на повышение напряжения в сети и предназначена как для защиты БСК от перегрузки по напряжению, так и для предотвращения недопустимых рабочих режимов сети с возможным нарушением устойчивости. Защита не требуется, если БСК выбрана с учетом максимально возможного значения напряжения цепи. то есть так, что при повышении напряжения к единичному конденсатору не может быть длительно приложено напряжение более 110% номинального.

При трехфазном подключении ТН защита от повышения напряжения использует основную гармонику составляющей прямой последовательности, либо как вариант возможно использование наибольшее значения из трех линейных напряжений.

При подключении только однофазного трансформатора напряжения, функцией используется основная гармоника линейного или фазного напряжения, в зависимости от типа подключения.

Защита от повышения напряжения имеет одну ступень с независимой выдержкой времени (**59-1**).

Коэффициент возврата органов защиты от повышения напряжения может быть задан дополнительно.

После повышения напряжения выше задаваемого значения срабатывания и по истечении выдержки времени (**59-1 ВЫД. ВРЕМ.**) выдается сигнал на отключение БСК. Повторное включение конденсаторной установки допускается после снижения напряжения в сети до номинального значения, но не ранее чем через 5 минут после ее отключения.

**Б12.2** Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется по выражению:

$$59-1(U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{НОМ.С}}, \quad (\text{Б12.1})$$

где  $U_{\text{НОМ.С}}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержки времени действия ЗПН:

- на предупредительную сигнализацию (о повышении напряжения в сети ВН):

$$59-1(T1) = 5 \div 10 \text{ с.}$$

- на отключение БСК:

$$59-1(T2) = 3 \div 5 \text{ мин.} \quad (\text{Б12.2})$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Приложение В.1

**Таблица выбора МП устройств РЗА серии SIPROTEC (Siemens AG) для  
БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты)**

Функции РЗА		Рекомендуемые устройства РЗА SIPROTEC	Примечания
Наименование функции	Обозначение функции (ANSI)		
ДЗБ	87C	7UT612	
ДЗБ и ДЗО ВН	87C&B	7UT613	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ДЗО ВН	87B	7UT613	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН
ОЗ (от КЗ на землю)	87N	7UT612, 7UT613	Функция применяется для БСК с ТТ в нейтрали
Небалансная дифференциальная токовая защита БСК	50	7SJ61x	Функция применяется только для БСК, имеющего две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ между средними точками обеих ветвей фазы батареи.
ТЗНП нейтрали	50N	7SJ61x/7UT61x	Функция может быть реализована в устройстве небалансной дифзащиты, либо в устройстве продольной дифзащиты БСК.
ТЗНП вводов	50N	7SJ62-64x/ 7UT61x	Для БСК 110 – 220 кВ используются функция 7SJ62-64x (РЗА ВН); для БСК 330 кВ – функция 7UT613 (ДЗО ВН).
МТЗ вводов	50	7SJ62-64x/ 7UT61x	Смотрите примечание выше (функция может быть исключена).
ТЗОП вводов	46	7SJ62-64x/ 7UT61x	Смотрите примечание выше (функция может быть исключена).
УРОВ	50BF	7UT61x/7SS5x/ 6MD66x	Функция применяется для каждого выключателя БСК. Для БСК 110 – 220 кВ используется устройство 7UT61x (ДЗБ) или 7SS52x (ДЗШ). Для БСК 330 кВ используются устройства 6MD66x (АУВ).
ЗМН	27	7SJ62-64x	
ЗПН	59	7SJ62-64x	

Общие примечания. Функции ER, FR, MV используются в каждом устройстве РЗА.

## Приложение В.2

**Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы Areva для БСК 110 - 330 кВ  
(рекомендуемые варианты)**

Функции РЗА		Рекомендуемые устройства РЗА MiCOM	Примечания
Наименование функции	Обозначение функции (ANSI)		
ДЗБ	87C	P631	
ДЗБ и ДЗО ВН	87C&B	P633	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ДЗО ВН	87B	P633	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ОЗ (от КЗ на землю)	87N	P631, P633	Функция применяется для БСК с ТТ в нейтрали.
Небалансная дифференциальная токовая защита БСК	50	P141	Функция применяется только для БСК, имеющего две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ между средними точками обеих ветвей фазы батареи
ТЗНП нейтрали	50N	P141	
ТЗНП вводов	50N	P141/P63x	Для БСК 110 – 220 кВ используются функция P141 (РЗА ВН); для БСК 330 кВ – функция P63x (ДЗО ВН).
МТЗ вводов	50	P141/P63x	Смотрите примечание выше (функция может быть исключена).
ТЗОП вводов	46	P141	Смотрите примечание выше (функция может быть исключена).
УРОВ	50BF	P141/P63x	Функция применяется для каждого выключателя БСК. Для БСК 110 – 220 кВ используется устройство P631 (ДЗБ). Для БСК 330 кВ используются устройства P141.
ЗМН	27	P141	
ЗПН	59	P141	

Общие примечания. Функции ER, FR, MV используются в каждом устройстве РЗА.

### Приложение В.3

**Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы GE Multilin  
для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты)**

Функции РЗА		Рекомендуемые устройства РЗА GE Multilin	Примечания
Наименование функции	Обозначение функции (ANSI)		
ДЗБ	87C	T35/T60	
ДЗБ и ДЗО ВН	87C&B	T35/T60	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ДЗО ВН	87B	T35/T60	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ОЗ (от КЗ на землю)	87N	T60	Функция применяется для БСК с ТТ в нейтрали.
Небалансная дифференциальная токовая защита БСК	50	F35/F60 или T60/T35	Функция применяется только для БСК, имеющего две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ между средними точками обеих ветвей фазы батареи
ТЗНП нейтрали	50N	F35/F60/T35/T60	
ТЗНП вводов	50N	F35/F60/T35/T60	Для БСК 110 - 220 кВ используются функция F35/F60 (РЗА ВН); для БСК 330 кВ – функция T35/T60 (ДЗО ВН).
МТЗ вводов	50	F35/F60/T35/T60	Функция может быть исключена
ТЗОП вводов	46	F60/T35/T60	Функция может быть исключена
УРОВ	50BF	F60 или T60	
ЗМН	27	F60/T60	
ЗПН	59	F60/T60	

Общие примечания. Функции ER, FR, MV используются в каждом устройстве РЗА.

## Приложение В.4

**Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы «НПП ЭКРА» для БСК  
110 - 330 кВ (рекомендуемые варианты)**

Функции РЗА		Рекомендуемые устройства РЗА	Примечания
Наименование функции	Обозначение функции (ANSI)		
ДЗБ	87C	ШЭ2607 045/ ШЭ2607 049	
ДЗБ и ДЗО ВН	87C&B	ШЭ2607 045	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ДЗО ВН	87B	ШЭ2607 051	Функция применяется для БСК с двумя выключателями на стороне ВН.
ОЗ (от КЗ на землю)	87N	ШЭ2607 049	Функция применяется для БСК с ТТ в нейтрали.
Небалансная дифференциальная токовая защита БСК	50	ШЭ2607 017217	Функция применяется только для БСК, имеющего две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ между средними точками обеих ветвей фазы батареи
ТЗНП нейтрали	50N	ШЭ2607 017217	
ТЗНП вводов	50N	ШЭ2607 017217	
МТЗ вводов	50	ШЭ2607 017217	
УРОВ	50BF	ШЭ2607 017217/ ШЭ2607 019	Функция применяется для каждого выключателя БСК. Для БСК 110 - 220 кВ используется устройство ШЭ2607 017217. Для БСК 330 кВ используются устройства ШЭ2607 017217 и ШЭ2607 019.
ЗМН	27	ШЭ2607 017217	
ЗПН	59	ШЭ2607 017217	

Общие примечания. Функции ER, FR, MV используются в каждом устройстве РЗА.

**Таблица выбора МП устройств РЗА фирмы АВВ  
для БСК 110 – 330 кВ (рекомендуемые варианты)**

Функции РЗА		Рекомендуемые устройства РЗА REx6xx	Примечания
Наименование функции	Обозначение функции (ANSI)		
ДЗБ	87C	RET670	RET 670 применяются для БСК с дополнительным токовым модулем.
ДЗБ и ДЗО ВН	87C&B	RET670	Функция применяется только для БСК с двумя выключателями на стороне ВН
ДЗО ВН	87B	RET670	Функция применяется только для БСК с 2-мя выключателями на стороне ВН.
ОЗ (от КЗ на землю)	87N	RET670	Функция применяется для БСК с ТТ в нейтрали.
Небалансная дифференциальная токовая защита БСК	50	REF 615	Функция применяется только для БСК, имеющего две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ между средними точками обеих ветвей фазы батареи.
ТЗНП нейтрали	50N	RET670	Для ТЗНП БСК используется отдельный измерительный вход <b>RET670</b> .
ТЗНП вводов	50N	REF615	
МТЗ вводов	50	REF615	Функция может быть исключена
ТЗОП вводов	46	REF615	Функция может быть исключена
УРОВ	50BF	RET670/REF615	Функция применяется для каждого выключателя БСК. Для БСК 110-220 кВ используются функции <b>RET670</b> , <b>REF615</b> . Для БСК 330 кВ используется функция <b>REF615</b> .
ЗМН	59N	REF615	Применяется отдельное устройство МП РЗА.
ЗПН	27	REF615	

Общие примечания. Функции ER, FR, MV используются в каждом устройстве РЗА.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Приложение Г.1

**Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии SIPROTEC (Siemens AG), для БСК напряжением 110 – 330 кВ**

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве SIPROTEC (Адрес DIGSI)				
№ п. М.У.	Наименование Параметра	7UT612	7UT613	7SJ612	7SJ62_64x	6MD66x
<b>Б1</b>	<b>ANSI 87C (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			
Б1.2.1	87C (I-DIFF>)	1221	1221			
Б1.3.3	Кторм, I <sub>ТОРМ.НАЧ</sub>	1241A 1242A	1241A 1242A			
Б1.4.1	Кторм2, I <sub>ТОРМ.НАЧ2</sub>	1243A 1244A	1243A 1244A			
Б1.5.1	87C (I-DIFF>>)	1231	1231			
Б1.6.1	87C (I-ADD ON STAB/T ADD ON-STAB)		1261A/ 1262A			
<b>Б2</b>	<b>ANSI 87C&amp;B (ДЗБ&amp;ДЗО ВН)</b>		<b>X</b>			
Б2.2.1	87C&B (I-DIFF>)		1221			
Б2.3.1	Кторм, I <sub>ТОРМ.НАЧ</sub>		1241A 1242A			
Б2.4.1	Кторм2, I <sub>ТОРМ.НАЧ2</sub>		1243A 1244A			
Б2.5.1	87C&B (I-DIFF>>)		1231			
Б2.5.2	I-ДИФФ> (Т)		1226A			
Б2.5.2	I-ДИФФ>> (Т)		1236A			

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве SIPROTEC (Адрес DIGSI)				
Б2.6	87C (I-ADD ON STAB/T ADD ON-STAB)		1261A/ 1262A			
<b>Б3</b>	<b>ANSI 87B (ДЗО ВН)</b>		<b>X</b>			
Б3.2	87C&B (I-DIFF>)		1221			
Б3.4.1	Кторм, I <sub>ТОРМ.НАЧ</sub>		1241A 1242A			
Б3.5.1	Кторм2, I <sub>ТОРМ.НАЧ2</sub>		1243A 1244A			
Б3.7	87B (I-ADD ON STAB/T ADD ON-STAB)		1261A/ 1262A			
Б3.9.1	87B (I-DIFF> MON./T I-DIFF> MON)		1281/ 1282			
Б3.10	87B (I> CURR. GUARD)		1210			
<b>Б4</b>	<b>ANSI 87N (ОЗ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			
Б4.2.1	87N (I-REF>)	1311	1311			
Б4.1.1.4	87N (Krest SLOPE)	1313A	1313A			
<b>Б5</b>	<b>ANSI 50 (Небалансная дифзащита)</b>			<b>X</b>		
Б5, Б5.2	50-2 (I>>)			1202		
Б5.2	50-2 (T)			1203		
Б5.3	50-1 (I>)			1204		
Б5.3	50-1 (T)			1205		
<b>Б6</b>	<b>ANSI 50N (ТЗНН вводов)</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	
Б6.1.1	50N-1 (I>)		2214/ 2215		1304	
Б6.1.1	50N-1 (T)		2216		1305	
Б6.1.1	50N-2 (I>>)		2211/ 2212		1302	
Б6.1.1	50N-2 (T)		2213		1303	
<b>Б7</b>	<b>ANSI 50N (ТЗНН нейтрали)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
Б7.1.1	50N-1 (I>)	2411	2411	1304		

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве SIPROTEC (Адрес DIGSI)				
Б7.1.1	50N-1 (T)	2412	2412	1305		
Б7.1.1	50N-2 (I>>)	2413	2413	1302		
Б7.1.1	50N-2 (T)	2414	2414	1303		
<b>Б8</b>	<b>ANSI 50 (MTЗ вводов)</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	
Б8.2	50-3 (I>>>)		2014/ 2015		1204	
Б8.2	50-3 (T)		2016		1205	
Б8.4	50-2 (I>>)		2011/ 2012		1202	
Б8.4	50-2 (T)		2013		1203	
Б8.6	50-1 (I>)		2021/ 2022		1207	
Б8.6	50-1 (T)		2023		1208	
<b>Б9</b>	<b>ANSI 46 (ТЗОП вводов)</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	
Б9.2	46-1 (I>)		4014/ 4015		4002	
Б9.2	46-1 (T)		4016		4003	
<b>Б10</b>	<b>ANSI 50BF</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>
Б10.1	50BF (I<BF)	283	283			3902 3912
Б10.2.1	50BF (T1)	7005	7005			3905
Б10.2.2	50BF (T2)					3906
<b>Б11</b>	<b>ANSI 27 (ЗМН)</b>				<b>X</b>	
Б11.2	27-1 (U)				5102/ 5103	
Б11.2	27-1 (T)				5106	
<b>Б12</b>	<b>ANSI 59N (ЗПН БСК)</b>				<b>X</b>	
Б12.2	59-1 (U)				5002/ 5003	
Б12.2	59-1 (T)				5004	

Примечание. Знаком «X» в строке функции обозначены МП устройства защиты, выполняющие данную функцию в соответствии с вариантами, представленными в таблице выбора МП устройств РЗА серии **SIPROTEC (Siemens AG)** для БСК 110 – 330 кВ (Приложение В.1).

Приложение Г.2

Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии MiCOM (AREVA),  
для БСК напряжением 110 – 330 кВ

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
№ п. М.У.	Наименование Параметра	P631	P633	P141
<b>Б1</b>	<b>ANSI 87C (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Б1.2.2	87C (Idif >)	072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3 075.142 Idif> ПП4	072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3 075.142 Idif> ПП4	
Б1.3.4	87C (m1)	072.145 m1 ПП1 073.145 m1 ПП2 074.145 m1 ПП3 075.145 m1 ПП4	072.145 m1 ПП1 073.145 m1 ПП2 074.145 m1 ПП3 075.145 m1 ПП4	
Б1.4.2	87C (Iгорм,m2)	072.146 m2 ПП1 073.146 m2 ПП2 074.146 m2 ПП3 075.146 m2 ПП4 072.147 Iгорм,m2 ПП1 073.147 Iгорм,m2 ПП2 074.147 Iгорм,m2 ПП3 075.147 Iгорм,m2 ПП4	072.146 m2 ПП1 073.146 m2 ПП2 074.146 m2 ПП3 075.146 m2 ПП4 072.147 Iгорм,m2 ПП1 073.147 Iгорм,m2 ПП2 074.147 Iгорм,m2 ПП3 075.147 Iгорм,m2 ПП4	
Б1.5.2	Idif>>	072.144 Idif>> ПП1 073.144 Idif>> ПП2	072.144 Idif>> ПП1 073.144 Idif>> ПП2	

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
		074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	
Б1.5.2	Idif>>>	072.144 Idif>>> ПП1 073.144 Idif>>> ПП2 074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	072.144 Idif>>> ПП1 073.144 Idif>>> ПП2 074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	
<b>Б2</b>	<b>ANSI 87C&amp;B (ДЗБ&amp;ДЗО ВП)</b>		<b>X</b>	
Б2.2.2	87C&B (Idif>)		072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3 075.142 Idif> ПП4	
Б2.3.2	87C&B (m1)		072.145 m1 ПП1 073.145 m1 ПП2 074.145 m1 ПП3 075.145 m1 ПП4	
Б2.4.2	87C&B (Iгорм,m2)		072.146 m2 ПП1 073.146 m2 ПП2 074.146 m2 ПП3 075.146 m2 ПП4 072.147 Iгорм,m2 ПП1 073.147 Iгорм,m2 ПП2 074.147 Iгорм,m2 ПП3 075.147 Iгорм,m2 ПП4	
Б2.5.1	87C&B (Idif >>)		072.144 Idif>>> ПП1 073.144 Idif>>> ПП2 074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	
Б2.5.2	87C&B		072.144 Idif>>> ПП1	

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
	(Idif >>>)		073.144 Idif>>> ПП2 074.144 Idif>>> ПП3 075.144 Idif>>> ПП4	
Б2.5.2	Idif > (Т)		010.162 Т задерж.откл. ПП1 010.163 Т задерж.откл. ПП2 010.164 Т задерж.откл. ПП3 010.165 Т задерж.откл. ПП4	
<b>Б3</b>	<b>ANSI 87B (ДЗО ВН)</b>		<b>X</b>	
Б3.2	87B (Idif >)		072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3 075.142 Idif> ПП4	
Б3.4.2	87B (m1)		072.145 m1 ПП1 073.145 m1 ПП2 074.145 m1 ПП3 075.145 m1 ПП4	
Б3.5.2	87B (m2)		072.146 m2 ПП1 073.146 m2 ПП2 074.146 m2 ПП3 075.146 m2 ПП4 072.147 Игорм,m2 ПП1 073.147 Игорм,m2 ПП2 074.147 Игорм,m2 ПП3 075.147 Игорм,m2 ПП4	
<b>Б4</b>	<b>ANSI 87N (O3)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Б4.2.2	87N (Idif >)	072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3	072.142 Idif> ПП1 073.142 Idif> ПП2 074.142 Idif> ПП3	

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
		075.142 Идиф> ПП4	075.142 Идиф> ПП4	
Б4.3	87N (Идиф >>)	072.144 Идиф>> ПП1 073.144 Идиф>> ПП2 074.144 Идиф>> ПП3 075.144 Идиф>> ПП4	072.144 Идиф>> ПП1 073.144 Идиф>> ПП2 074.144 Идиф>> ПП3 075.144 Идиф>> ПП4	
Б4.3	87N (Идиф >>>)	072.144 Идиф>>> ПП1 073.144 Идиф>>> ПП2 074.144 Идиф>>> ПП3 075.144 Идиф>>> ПП4	072.144 Идиф>>> ПП1 073.144 Идиф>>> ПП2 074.144 Идиф>>> ПП3 075.144 Идиф>>> ПП4	
Б5	<b>ANSI 50 (Небалансная дифзащита)</b>			X
Б5, Б5.2	50-2 (I>>)			I>1 Current Set [I>1 Уставка по току]
Б5.2	50-2 (T)			I>1 Time Delay [I>1 Выдержка времени]
Б5.3	50-1 (I>)			I>2 Current Set [I>2 Уставка по току]
Б5.3	50-1 (T)			I>2 Time Delay [I>2 Выдержка времени]
Б6	<b>ANSI 50N (ТЗНП вводов)</b>		X	X



Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
Б6.1.1	50N-1 (I>)		076.054 MTH_1 3Io> ПП1 077.054 MTH_1 3Io> ПП2 078.054 MTH_1 3Io> ПП3 079.054 MTH_1 3Io> ПП4 076.164 MTH_2 3Io> ПП1 077.164 MTH_2 3Io> ПП2 078.164 MTH_2 3Io> ПП3 079.164 MTH_2 3Io> ПП4 076.184 MTH_3 3Io> ПП1 077.184 MTH_3 3Io> ПП2 078.184 MTH_3 3Io> ПП3 079.184 MTH_3 3Io> ПП4	IN1>1 Current / IN2>1 Current [IN1>1 Уставка по току / IN2>1 Уставка по току]
Б6.1.1	50N-1 (T)		076.060 MTH_1 t3Io> ПП1 077.060 MTH_1 t3Io> ПП2 078.060 MTH_1 t3Io> ПП3 079.060 MTH_1 t3Io> ПП4 076.170 MTH_2 t3Io> ПП1 077.170 MTH_2 t3Io> ПП2 078.170 MTH_2 t3Io> ПП3 079.170 MTH_2 t3Io> ПП4 076.190 MTH_3 t3Io> ПП1 077.190 MTH_3 t3Io> ПП2 078.190 MTH_3 t3Io> ПП3 079.190 MTH_3 t3Io> ПП4	IN1>1 Time Delay / IN2>1 Time Delay [IN1>1 Выдержка времени/ IN2>1 Выдержка времени]
Б6.1.1	50N-2 (I>>)		076.055 MTH_1 3Io>> ПП1 077.055 MTH_1 3Io>> ПП2 078.055 MTH_1 3Io>> ПП3 079.055 MTH_1 3Io>> ПП4 076.165 MTH_2 3Io>> ПП1	IN1>2 Current / IN2>2 Current [IN1>2 Уставка по току / IN2>2 Уставка по току]

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
			077.165 MTH_2 3Io>> ПП2 078.165 MTH_2 3Io>> ПП3 079.165 MTH_2 3Io>> ПП4 076.185 MTH_3 3Io>> ПП1 077.185 MTH_3 3Io>> ПП2 078.185 MTH_3 3Io>> ПП3 079.185 MTH_3 3Io>> ПП4	
Б6.1.1	50N-2 (Т)		076.061 MTH_1 t3Io>> ПП1 077.061 MTH_1 t3Io>> ПП2 078.061 MTH_1 t3Io>> ПП3 079.061 MTH_1 t3Io>> ПП4 076.171 MTH_2 t3Io>> ПП1 077.171 MTH_2 t3Io>> ПП2 078.171 MTH_2 t3Io>> ПП3 079.171 MTH_2 t3Io>> ПП4 076.191 MTH_3 t3Io>> ПП1 077.191 MTH_3 t3Io>> ПП2 078.191 MTH_3 t3Io>> ПП3 079.191 MTH_3 t3Io>> ПП4	IN1>2 Time Delay / IN2>2 Time Delay [IN1>2 Выдержка времени/ IN2>2 Выдержка времени]
<b>Б7</b>	<b>ANSI 50N (ТЗНП нейтралн)</b>			<b>X</b>
Б7.1.1	50N-1 (I>)			IN1>1 Current / IN2>1 Current [IN1>1 Уставка по току / IN2>1 Уставка по току]
Б7.1.1	50N-1 (Т)			IN1>1 Time Delay / IN2>1 Time Delay [IN1>1 Выдержка времени/ IN2>1 Выдержка времени]

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
Б7.1.1	50N-2 (I>>)			IN1>2 Current / IN2>2 Current [IN1>2 Уставка по току / IN2>2 Уставка по току]
Б7.1.1	50N-2 (T)			IN1>2 Time Delay / IN2>2 Time Delay [IN1>2 Выдержка времени/ IN2>2 Выдержка времени]
<b>Б8</b>	<b>ANSI 50 (MTЗ вводов)</b>			<b>X</b>
Б8.2	50-3 (I>>>)			I>1 Current Set [I>1 Уставка по току]
Б8.2	50-3 (T)			I>1 Time Delay [I1>1 Выдержка времени]
Б8.4	50-2 (I>>)			I>2 Current Set [I>2 Уставка по току]
Б8.4	50-2 (T)			I>2 Time Delay [I1>2 Выдержка времени]
Б8.6	50-1 (I>)			I>3 Current Set [I>3 Уставка по току]
Б8.6	50-1 (T)			I>3 Time Delay [I1>3 Выдержка времени]
<b>Б9</b>	<b>ANSI 46 (ТЗОП вводов)</b>			<b>X</b>
Б9.2	46-1 (I>)			I2>1 Current Set [I2>1 Уставка по току]
Б9.2	46-1 (T)			I2>1 Time Delay [I21>1 Выдержка времени]
<b>Б10</b>	<b>ANSI 50BF</b>			<b>X</b>

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		№ параметра в МП устройстве MiCOM (Адрес MiCOM S1)		
Б10.1.1	50BF (I<BF)			I< Current Set [I< Уставка по току]
Б10.2.1	50BF (T1)			CB Fail 1 Timer [Таймер функции УРОВ 1]
Б10.2.2	50BF (T2)			CB Fail 2 Timer [Таймер функции УРОВ 2]
<b>Б11</b>	<b>ANSI 27</b>			<b>X</b>
Б11.2	27-1 (U<)			V<1 Voltage Set [V<1 Уставка по напряжению]
Б11.2	27-1 (T)			V<1 Time Delay [V<1 Выдержка времени]
<b>Б12</b>	<b>ANSI 59</b>			<b>X</b>
Б12.2	59-1 (U>)			V>1 Voltage Set [V>1 Уставка по напряжению]
Б12.2	59-1 (T)			V>1 Time Delay [V>1 Выдержка времени]

Примечания.

1 Знаком «X» в строке функции обозначены МП устройства защиты, выполняющие данную функцию в соответствии с вариантами, представленными в таблице выбора МП устройств РЗА серии MiCOM (AREVA) для БСК 110 – 330 кВ (Приложение Г.2).

2 Адреса параметров для устройств **P631**, **P633**, **P634** даются для всех подгрупп параметров – ПП1, ПП2, ПП3, ПП4.

Приложение Г.3

Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА серии UR фирмы GE Multilin, для БСК напряжением 110-330кВ

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
<b>Б1</b>	<b>ANSI 87C (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
Б1.2.3	DIFсраб	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]		
Б1.3.5	87C(Наклон1/Торм.нач)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]		
Б1.4.3	87C(Наклон2)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]		

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
Б1.5.3	87C (I-DIFF>>)	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО ПУСК]	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО ПУСК]		
<b>Б2</b>	<b>ANSI 87C&amp;B (ДЗБ&amp;ДЗО)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
Б2.2.3	87C&B (DIFсраб)	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]		
Б2.3.3	87C&B (Наклон1/ Торм.нач)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]		
Б2.4.3	87C&B (Наклон2)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]		
Б2.5.1	87C&B (I-DIFF>>)	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО СРАБ]	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО СРАБ]		
<b>Б3</b>	<b>ANSI 87B</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
	<b>(ДЗО ВН)</b>				
Б3.2	87В (I-DIFF>)	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]	PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК]		
Б3.4.3	87В (Наклон1/ Торм.нач)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1]		
Б3.5.3	87В (Наклон2)	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]	PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2/ PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2 [ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2/ ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2]		
Б3.6	87В(I-DIFF>>)	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО СРАБ]	INST DIFFERENTIAL PICKUP [ДИФФЕРЕНЦ ТО СРАБ]		
Б4	<b>ANSI 87N (O3)</b>		X		
Б4.2.3	87N(I-REF>)		RESTD GND FT1 PICKUP [ЧУВСТВ ЗАЩ 331 ПУСК]		
Б4.2.3	87N (Наклон1)		RESTD GND FT1		

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
			<b>SLOPE</b> [ЧУВСТВ ЗАЩ 331 НАКЛОН]		
<b>Б5</b>	<b>ANSI 50</b> <b>(Небалансная</b> <b>дифзащита)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Б5, Б5.2	50-2 (I>>)	<b>PHASE TOC2 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC2 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC2 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC2 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]
Б5.2	50-2 (T)	<b>PHASE TOC2 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC2 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC2 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC2 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б5.3	50-1 (I>)	<b>PHASE TOC1 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC1 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC1 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]	<b>PHASE TOC1 PICKUP</b> [ФАЗНАЯ МТ31 ПУСК]
Б5.3	50-1 (T)	<b>PHASE TOC1 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC1 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC1 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>PHASE TOC1 TD MULTIPLIER</b> [ФАЗНАЯ МТ31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
<b>Б6</b>	<b>ANSI 50N</b> <b>(ТЗНП вводов)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Б6.1.1	50N-1 (I>)	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b>	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b>	<b>NEUTRAL TOC1</b>	<b>NEUTRAL TOC1</b>



Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
		[MT3 НП1 ПУСК]	[MT3 НП1 ПУСК]	<b>PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]	<b>PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]
Б6.1.1	50N-1 (T)	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б6.1.1	50N-2 (I>>)	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]
Б6.1.1	50N-2 (T)	<b>NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б7	<b>ANSI 50N (ТЗНП нейтрал)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Б7.1.1	50N-1 (I>)	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC1 PICKUP</b> [MT3 НП1 ПУСК]
Б7.1.1	50N-1 (T)	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	<b>NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER</b> [MT3 НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б7.1.1	50N-2 (I>>)	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b> [MT3 НП2 ПУСК]	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b>	<b>NEUTRAL TOC2 PICKUP</b>

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
				[MT3 НП2 ПУСК]	[MT3 НП2 ПУСК]
Б7.1.1	50N-2 (T)	NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER [MT3 НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б8	ANSI 50 (MT3 вводов)	X	X	X	X
Б8.2	50-3 (I>>>)	PHASE IOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ ТО1 ПУСК]	PHASE IOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ ТО1 ПУСК]	PHASE IOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ ТО1 ПУСК]	PHASE IOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ ТО1 ПУСК]
Б8.2	50-3 (T)	PHASE IOC1 PICKUP DELAY [ФАЗНАЯ ТО1 ВЫДРЖ СРАБ]	PHASE IOC1 PICKUP DELAY [ФАЗНАЯ ТО1 ВЫДРЖ СРАБ]	PHASE IOC1 PICKUP DELAY [ФАЗНАЯ ТО1 ВЫДРЖ СРАБ]	PHASE IOC1 PICKUP DELAY [ФАЗНАЯ ТО1 ВЫДРЖ СРАБ]
Б8.4	50-2 (I>>)	PHASE TOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ MT31 ПУСК]	PHASE TOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ MT31 ПУСК]	PHASE TOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ MT31 ПУСК]	PHASE TOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ MT31 ПУСК]
Б8.4	50-2 (T)	PHASE TOC1 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ MT31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC1 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ MT31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC1 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ MT31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC1 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ MT31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б8.6	50-1 (I>)	PHASE TOC2 PICKUP [ФАЗНАЯ MT32 ПУСК]	PHASE TOC2 PICKUP [ФАЗНАЯ MT32 ПУСК]	PHASE TOC2 PICKUP	PHASE TOC2 PICKUP

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
				[ФАЗНАЯ МТ32 ПУСК]	[ФАЗНАЯ МТ32 ПУСК]
Б8.6	50-1 (Т)	PHASE TOC2 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC2 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC2 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	PHASE TOC2 TD MULTIPLIER [ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б9	ANSI 46 (ТЗОП вводов)			X	X
Б9.2	46-1(I>)			NEG TOC1 PICKUP [МТ3 ОБР ПОСЛ1 ПУСК]	NEG TOC1 PICKUP [МТ3 ОБР ПОСЛ1 ПУСК]
Б9.2	46-1(Т)			NEG TOC1 TD MULTIPLIER [МТ3 ОБР ПОСЛ1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]	NEG TOC1 TD MULTIPLIER [МТ3 ОБР ПОСЛ1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]
Б10	ANSI 50BF		X		X
Б10.1	50BF (I>BF)		BF1 PH AMP SUPV PICKUP [УРОВ1 ПУСК С КОНТРОЛЕМ ПО ФАЗНОМУ ТОКУ] BF1 PH AMP HIGHSET PICKUP [УРОВ1 ВЫС ТОК ФАЗН ПУСК]		BF1 PH AMP SUPV PICKUP [УРОВ1 ПУСК С КОНТРОЛЕМ ПО ФАЗНОМУ ТОКУ] BF1 PH AMP HIGHSET PICKUP [УРОВ1 ВЫС ТОК ФАЗН ПУСК]

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Названия параметров в МП устройстве серии UR фирмы GE Multilin (EnerVista UR Setup)			
№ п. М.У.	Наименование параметра	T35	T60	F35	F60
Б10.2.1	50BF(T1)		<b>BF1 TIMER 1 PICKUP DELAY</b> [УРОВ1 ТАЙМЕР 1 ВЫДЕРЖКА СРАБ]		<b>BF1 TIMER 1 PICKUP DELAY</b> [УРОВ1 ТАЙМЕР 1 ВЫДЕРЖКА СРАБ]
Б10.2.2	50BF(T2)		<b>BF1 TIMER 1 PICKUP DELAY</b> [УРОВ2 ТАЙМЕР 2 ВЫДЕРЖКА СРАБ]		<b>BF1 TIMER 1 PICKUP DELAY</b> [УРОВ2 ТАЙМЕР 2 ВЫДЕРЖКА СРАБ]
<b>Б11</b>	<b>ANSI 27 (ЗМН)</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
Б11.2	27-1(U)		<b>PHASE UV1 PICKUP</b> [ФАЗН ЗМН 1 ПУСК]		<b>PHASE UV1 PICKUP</b> [ФАЗН ЗМН 1 ПУСК]
Б11.2	27-1(T)		<b>PHASE UV1 DELAY</b> [ФАЗН ЗМН 1 ВЫДЕРЖКА]		<b>PHASE UV1 DELAY</b> [ФАЗН ЗМН 1 ВЫДЕРЖКА]
<b>Б12</b>	<b>ANSI 59N (ЗПН)</b>		<b>X</b>		<b>X</b>
Б12.2	59-1(U)		<b>PHASE OV1 PICKUP</b> [ФАЗН ЗМкСН 1 ПУСК]		<b>PHASE OV1 PICKUP</b> [ФАЗН ЗМкСН 1 ПУСК]
Б12.2	59-1(T)		<b>PHASE OV1 PICKUP DELAY</b> [ФАЗН ЗМкСН 1 ВЫДЕРЖКА]		<b>PHASE OV1 PICKUP DELAY</b> [ФАЗН ЗМкСН 1 ВЫДЕРЖКА]

Примечание. Знаком «X» в строке функции обозначены МП устройства защиты, выполняющие данную функцию в соответствии с вариантами, представленными в таблице выбора МП устройств РЗА серии UR фирмы **GE Multilin** для БСК 110 – 330 кВ (Приложение В.3).

Приложение Г.4

Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА фирмы НПП «ЭКРА»  
для БСК напряжением 110 – 330 кВ

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройствах ШЭ2607					
№ п. М.У.	Наименование параметра	ШЭ2607 041	ШЭ2607 045	ШЭ2607 049	ШЭ2607 051	ШЭ2607 017217	ШЭ2607 019
<b>Б1</b>	<b>ANSI 87C (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>				
Б1.2.5	I <sub>до</sub>	Ток срабатывания ДЗТ	Ток срабатывания ДЗТ				
Б1.3.7	87C (K <sub>T</sub> )	Коэффициент торможения ДЗТ	Коэффициент торможения ДЗТ				
Б1.9	I <sub>ТОРМ.НАЧ.П</sub>	Ток начала торможения ДЗТ	Ток начала торможения ДЗТ				
Б1.4.5	I <sub>т.бл</sub>	Ток торможения блокировки ДЗТ	Ток торможения блокировки ДЗТ				
Б1.5.5	I <sub>dif&gt;&gt;</sub>	Ток срабатывания диф. отсечки	Ток срабатывания диф. отсечки				
<b>Б2</b>	<b>ANSI 87C&amp;B (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>				
Б2.2.5	I <sub>до</sub>	Ток срабатывания	Ток срабатывания				

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройствах ШЭ2607					
		ДЗТ	ДЗТ				
Б2.3.5	87С (К <sub>Т</sub> )	Коэффициент торможения ДЗТ	Коэффициент торможения ДЗТ				
Б1.4.5	I <sub>т.бл</sub>	Ток торможения блокировки ДЗТ	Ток торможения блокировки ДЗТ				
Б1.5.5	87С&В (I- DIFF>>)	Ток срабатывания диф. отсечки	Ток срабатывания диф. отсечки				
Б3	<b>ANSI 87В (ДЗО ВН)</b>				X		
Б3.3	I <sub>до</sub>				Ток срабатывания ДЗО		
Б3.4.5	K <sub>торм(1)</sub> /I <sub>то</sub>				Коэффициент торможения ДЗО/ Ток начала торможения ДЗО		
Б4	<b>ANSI 87N (ДТЗ НП)</b>			X			
Б4.1.5	I <sub>до</sub>			Ток срабатывания продольной ДТЗ ШР			
Б4.1.5	I <sub>т.макс</sub>			Ток торможения блокировки			

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройствах ШЭ2607					
				продольной ДТЗ			
Б4.2.5	$K_T$			Коэффициент торможения ДТЗ ШР			
Б5	ANSI 50 (Небалансная дифзащита)					X	
Б5, Б5.2	50-2 (I>>)					Ток срабатывания II ступени МТЗ	
Б5.2	50-2 (T)					Задержка на срабатывание II ст.	
Б5.3	50-1 (I>)					Ток срабатывания I ступени МТЗ	
Б5.3	50-1 (T)					Задержка на срабатывание I ст.	
Б6	ANSI 50N (ТЗНП вводов)					X	
Б6.1.1	50N-1 (I>)					Ток срабатывания I ступени ТЗНП	
Б6.1.1	50N-1 (T)					Задержка на срабатывание I ступени	
Б6.1.1	50N-2 (I>>)					Ток срабатывания II ступени ТЗНП	
Б6.1.1	50N-2 (T)					Задержка на срабатывание II ступени	
Б7	ANSI 50N (ТЗНП)					X	

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройствах ШЭ2607					
	<b>нейтралн</b>						
Б7.1.1	50N-1 (I>)					Ток срабатывания I ступени ТЗНП	
Б7.1.1	50N-1 (Т)					Задержка на срабатывание I ступени	
Б7.1.1	50N-2 (I>>)					Ток срабатывания II ступени ТЗНП	
Б7.1.1	50N-2 (Т)					Задержка на срабатывание II ступени	
<b>Б8</b>	<b>ANSI 50 (МТЗ вводов)</b>					<b>X</b>	
Б8.2	50-3 (I>>>)					Ток срабатывания I ступени МТЗ	
Б8.2	50-3 (Т)					Задержка на срабатывание I ст.	
Б8.4	50-2 (I>>)					Ток срабатывания II ступени МТЗ	
Б8.4	50-2 (Т)					Задержка на срабатывание II ст.	
<b>Б10</b>	<b>ANSI 50BF</b>					<b>X</b>	<b>X</b>
Б10.1.3	50BF(I>BF)					Ток срабатывания реле тока УРОВ	Ток срабатыва ния реле тока (РТ) УРОВ
Б10.2.2.1	50BF(Т)					Задержка на срабатывание	Задержка на



Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройствах ШЭ2607					
						УРОВ	срабатыва ние УРОВ
<b>Б11</b>	<b>ANSI 27 (ЗМН)</b>					<b>X</b>	
Б11.2	27-1(U)					Напряжение срабатывания реле мин. напряжения ЗМН	
Б11.2	27-1(T)					Задержка на срабатывание ЗМН	
<b>Б12</b>	<b>ANSI 59N (ЗПН)</b>					<b>X</b>	
Б12.2	59-1(U)					Напряжение срабатывания реле максимального напряжения шин	
Б12.2	59-1(T)					Задержка на срабатывание Ист. ЗПН	

Примечание. Знаком «X» в строке функции обозначены МП устройства защиты, выполняющие данную функцию в соответствии с вариантами, представленными в таблице выбора МП устройств РЗА фирмы НПП «ЭКРА» для БСК 110 – 330 кВ (Приложение Г.4).

**Приложение Г.5**

**Таблица выбора параметров срабатывания микропроцессорных устройств РЗА фирмы АBB для БСК напряжением  
110 – 330 кВ**

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройстве фирмы АBB	
№ п. М.У.	Наименование Параметра	RET670	REF615
<b>Б1</b>	<b>ANSI 87C (ДЗБ)</b>	<b>X</b>	
Б1.2.4	87C (I-DIFF>)	T2WPDIF_87T (T2D1) IdMin	
Б1.3.6	87C (SlopeSection2)/EndSection1	T2WPDIF_87T (T2D1) SlopeSection2/EndSection1	
Б1.4.4	87C (SlopeSection3)/EndSection2	T2WPDIF_87T (T2D1) SlopeSection2/EndSection1	
Б1.5.4	87C (I-DIFF>>)	T2WPDIF_87T (T2D1) IdUnre	
<b>Б2</b>	<b>ANSI 87C&amp;B (ДЗБ&amp;ДЗО ВН)</b>	<b>X</b>	
Б2.2.4	87C&B (I-DIFF>)	T3WPDIF_87T (T3D1) IdMin	
Б2.3.4	87C&B (SlopeSection2)/EndSection1	T3WPDIF_87T (T3D1) SlopeSection2/EndSection1	
Б2.4.4	87C&B (SlopeSection3)/EndSection2	T3WPDIF_87T (T3D1) SlopeSection3/EndSection2	
Б2.5.1	87C&B (I-DIFF>>)	T3WPDIF_87T (T2D1) IdUnre	
<b>Б3</b>	<b>ANSI 87B (ДЗО ВН)</b>	<b>X</b>	
Б3.2	87B (I-DIFF>)	T3WPDIF_87T (T3D1) IdMin	

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройстве фирмы АBB	
Б3.4.4	$K_{ТОРМ(1)}/I_{ТОРМ.НАЧ}$	T3WPDIF_87T (T3D1) SlopeSection2/EndSection1	
Б3.5.4	$K_{ТОРМ(2)}/I_{ТОРМ.НАЧ}$	T3WPDIF_87T (T3D1) SlopeSection3/EndSection2	
<b>Б4</b>	<b>ANSI 87N (O3)</b>	<b>X</b>	
Б4.2.4	87N (I-DIFF>)	REFPDIF_87N (REF1) IdMin	
Б4.1.4.2	87N (ROA)	REFPDIF_87N (REF1) ROA	
<b>Б5</b>	<b>ANSI 50 (Небалансная дифзащита)</b>	<b>X</b>	
Б5, Б5.2	50-2 (I>>)		PHHPTOC Start value
Б5.2	50-2 (T)		PHHPTOC Operate delay time
Б5.3	50-1 (I>)		PHLPTOC Start value
Б5.3	50-1 (T)		PHLPTOC Operate delay time
<b>Б6</b>	<b>ANSI 50N (ТЗНП вводов)</b>	<b>X</b>	
Б6.1.1	50N-1 (I>)		EFLPTOC Start value
Б6.1.1	50N-1 (T)		EFLPTOC Operate delay time
Б6.1.1	50N-2 (I>>)		EFHPTOC Start value
Б6.1.1	50N-2 (T)		EFHPTOC Operate delay time
<b>Б7</b>	<b>ANSI 50N (ТЗНП нейтрали)</b>	<b>X</b>	
Б7.1.1	50N-1 (I>)		EFLPTOC Start value

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройстве фирмы АBB	
Б7.1.1	50N-1 (T)		EFLPTOC Operate delay time
Б7.1.1	50N-2 (I>>)		EFHPTOC Start value
Б7.1.1	50N2 (T)		EFHPTOC Operate delay time
<b>Б8</b>	<b>ANSI 50 (MTЗ вводов)</b>		<b>X</b>
Б8.2	50-3 (I>>>)		PHIPTOC Start value
Б8.2	50-3 (T)		PHIPTOC Operate delay time
Б8.4	50-2 (I>>)		PHHPTOC Start value
Б8.4	50-2 (T)		PHHPTOC Operate delay time
Б8.6	50-1 (I>)		PHLPTOC Start value
Б8.6	50N-1 (T)		PHLPTOC Operate delay time
<b>Б9</b>	<b>ANSI 46 (ТЗОП вводов)</b>		<b>X</b>
Б9.2	46-1 (I>)		NSPTOC1 Start value
Б9.2	46-1 (T)		NSPTOC1 Operate delay time
<b>Б10</b>	<b>ANSI 50BF (УРОВ)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Б10.1, Б10.1.2	50BF (I>BF)	CCRBRF_50BF (BFP1) IP> IN>	CCRBRF Current value
Б10.2.1	50BF (T1)	CCRBRF_50BF (BFP1) t1	CCRBRF Retrip time

Параметры защит, рассчитываемые согласно Методических указаний		Наименование параметра в МП устройстве фирмы ABB	
Б10.2.2	50BF (T2)	CCRBRF_50BF (BFP1) t2	CCRBRF CB failure delay
<b>Б11</b>	<b>ANSI 27 (3MH)</b>		<b>X</b>
Б11.2	27-1 (U)		PHPTUV1 Start value
Б11.2	27-1 (T)		PHPTUV1 Operate delay time
<b>Б12</b>	<b>ANSI 59N (3IH)</b>		<b>X</b>
Б12.2	59-1 (U)		PHPTOV1 Start value
Б12.2	59-1 (T)		PHPTOV1 Operate delay time

Примечание. Знаком «X» в строке функции обозначены МП устройства защиты, выполняющие данную функцию в соответствии с вариантами, представленными в таблице выбора МП устройств РЗА фирмы ООО «ABB» для БСК 110 – 330 кВ (Приложение В.1).

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ УСТРОЙСТВ**  
**РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ БАТАРЕИ СТАТИЧЕСКИХ**  
**КОНДЕНСАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 кВ**

**Исходные данные:** батарея статических конденсаторов БСК 26 МВАр  
110 кВ, см. схему на Листе 1 Приложения А и рисунок Б17.

$$Q_{\text{НОМ}} = 26,016 \text{ МВАр};$$

$$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{НОМ}(\text{NOBJ})} = 136,5 \text{ А}.$$

**ТТ вводов и нейтрали:**  $K_{\text{ТТ}} = 200/1$ ;

**ТТ, встроенный в плечо фазы БСК:**  $K_{\text{ТТ}} = 40/5$ ;

**ТН:**  $K_{\text{ТН}} = 1100$ .

$$\text{Отношение } \frac{I_{\text{NOBJ}}}{I_{\text{НОМ.ТТ.ВН}}} = \frac{136,5}{200} = 0,68.$$

$$\text{Отношение } \frac{I_{\text{NOBJ}}}{I_{\text{НОМ.ТТ.Н}}} = \frac{136,5}{200} = 0,68.$$

Согласно **пунктам Б1.2.2, Б1.8**, в применении промежуточных ТТ для устройств **SIPROTEC, AREVA, GE Multilin, АВВ, НПП ЭКРА** в данном случае нет необходимости.

Поясняющая первичная схема и схема замещения с результатами расчетов токов КЗ для выбора уставок РЗА БСК 110 кВ приведены на рисунках Д1, Д2, Д3, Д4.

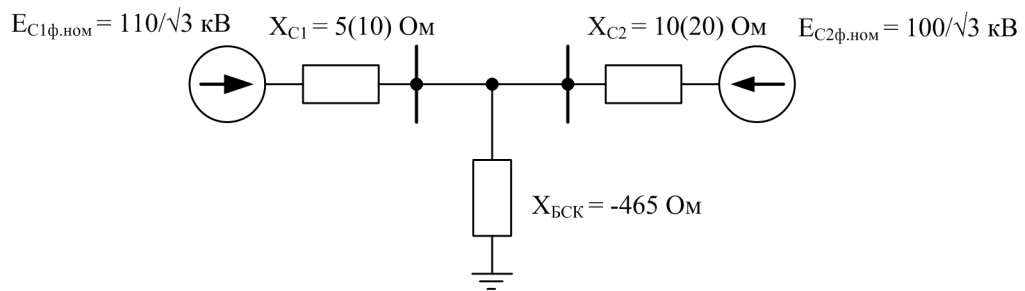


Рисунок Д1 – Полная схема прямой/обратной последовательности

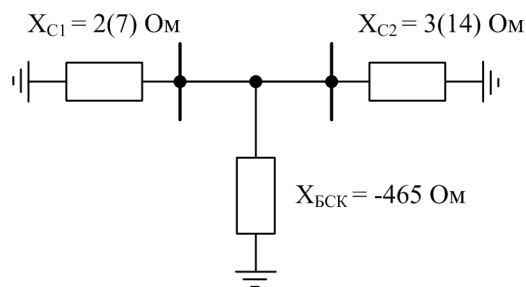


Рисунок Д2 – Полная схема нулевой последовательности

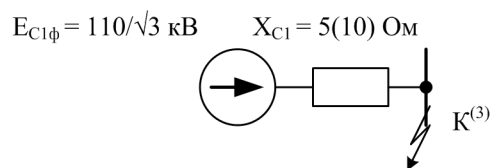


Рисунок Д3 – Схема прямой/обратной последовательности минимального режима

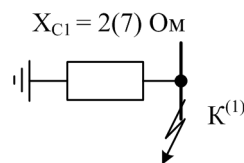


Рисунок Д4 – Схема нулевой последовательности минимального режима

### Общие примечания к схемам замещения

- 1 Величины сопротивлений на схемах указаны для максимального и минимального (величина в скобках) режимов работы энергосистемы.
- 2 Минимальный режим работы утяжелен отключением второй энергосистемы (ветвь источника E2).

Токи КЗ учитываемые в расчетах:

$I_{\text{КЗ.мин}(1)} = 120 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей суммарного тока КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК (ток нагрузки в фазе БСК);

$I_{\text{КЗ.мин}(1)} = 81 \text{ А}$  – минимальное значение периодической составляющей тока нейтрали БСК при КЗ на землю в защищаемой зоне (на высоковольтных вводах БСК);

$I_{\text{КЗ.мин}(1)} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{КЗ.мин}(2)} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный ток КЗ на стороне (ошиновке) ВН БСК (при двухфазном КЗ);

$I_{2\text{КЗ.мин}(2)} = 3,44 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток обратной последовательности при КЗ в двух фазах на ошиновке ВН.



## Д1 Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для SIPROTEC (Siemens AG)

### Д1.1 ANSI 87C. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)

Применяемое устройство SIPROTEC: 7UT612.

Начальный ток срабатывания основной характеристики дифзащиты БСК, согласно п. Б1.2.1 МУ:

$$87C (I - DIFF >) = 0,2 \cdot I_{NOBj} = 0,2 \cdot 136,5 = 27,3 \text{ А,}$$

где  $I_{NOBj} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Принимаем:  $I-DIFF > = 0,2 I / InO$  (адрес 1221).

Коэффициент торможения дифзащиты БСК (определение наклона характеристики срабатывания):

$K_{ТОРМ}$  определяется по выражению согласно МУ п. Б1.3.3.2, с учётом того, что относительная величина погрешности для всех ТТ дифзащиты БСК –  $\varepsilon \leq 0,10$ :

$$87C (SLOPE 1) = \frac{3 \cdot \varepsilon + 0,075}{1,95 - \varepsilon} = 0,2 \text{ о.е.}$$

При этом:

$$I_{ТОРМ.НАЧ} = \frac{I_{СЗ.МИН}}{K_{ТОРМ}} = 1 \text{ о.е.}$$

Принимаем:

$SLOPE1 = 0,2$  (адрес 1241А).

$BASE POINT1 = 1 I / InO$  (адрес 1242А).

Параметры дополнительного (второго) участка характеристики торможения для функции ДЗБ принимаются, согласно п. Б1.4.1 МУ:

$SLOPE2 = 0,25$  (адрес 1243А).

$BASE POINT2 = 10 I / InO$  (адрес 1244А).

Пороговую величину срабатывания **I-DIFF**>> рекомендуется принимать равной величине максимального сквозного тока БСК (с учетом максимально возможной степени насыщения ТТ на одной из сторон БСК):

$$87C (I - DIFF >>) \geq I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1550 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – действующее значение максимального сквозного тока (ток включения) БСК – определяется в соответствии с выражением (Б1.15) (с учетом примечания к п. **Б1.3.2**):

$$\begin{aligned} I_{\text{ВКЛ.БСК}} &= \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \cdot \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 136,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{2795}{26,016}} \right) = \\ &= 1,41 \cdot 1551 \text{ А}, \end{aligned}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК;

$W_{\text{КЗ}} = 2795 \text{ МВА}$  – мощность КЗ на шинах, в месте установки БСК;

$Q_{\text{Н.БСК}} = 26,016 \text{ МВАр}$  – номинальная мощность БСК;

$K_U = 1$  – коэффициент загрузки конденсаторов по напряжению.

**Принимаем: I-DIFF**>> = 11 I / InO (адрес 1231).

Проверка чувствительности дифзащиты БСК, согласно п. **Б1.9 МУ** осуществляется по условию:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{T}} \cdot K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{136,5}{136,5 \cdot 0,2} = 5 \geq 2.$$

где  $I_{\text{Д.МИН}} = I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК;

$I_{\text{T}} = 136,5 \text{ А}$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне;

$K_{\text{ТОРМ}} = 0,2$  – коэффициент торможения.

**Д1.2 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Применяемое устройство SIPROTEC: 7UT612.

Уставка по току срабатывания ОЗ, согласно п. Б4.2.1 МУ:

$$87N (I - REF >) = 0,15 \cdot I_{NS} = 0,15 \cdot 136,5 = 20,48 \text{ А},$$

где  $I_{NS} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Принимаем:  $I-DIFF > = 0,15 I / InO$  (адрес 1311).

Согласно примечанию к п. Б4.4 МУ, чувствительность ОЗ обеспечивается в подавляющем большинстве случаев с большим запасом и необходимость в её проверке практически отсутствует.

**Д1.3 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Применяемое устройство SIPROTEC: 7SJ612.

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на отключение БСК, согласно п. Б5.2 МУ:

$$50-2 (I >>) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{0,8 \cdot 1,1}{40/5} = 0,11 \text{ А},$$

где  $K_{\text{ч}} = 1,25$  – коэффициент чувствительности;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – ток небаланса, протекающих в проводнике, соединяющем средние точки двух полуветвей фазы, рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n - 1) + 1\}] - 3} = 1,1 \text{ А},$$

где  $M = 2$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;  
 $N = 3$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;  
 $n = 6$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов  
единичного конденсатора;  
 $I_{НОМ.Б} = 136,5$  А – номинальный первичный ток конденсаторной батареи.

**Принимаем:** уставка ( $I >>$ ) = 0,11 А.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2 по току срабатывания** (адрес **1202**): ( $I >>$ ) = 0,11 А.

Уставка ступени **50-2 по времени действия** (адрес **1203**):  $T = 1,0$  с.

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на сигнал, согласно п. **Б5.3 МУ**:

$$50 - 1 (I >) = 0,6 \cdot (I >>) = 0,6 \cdot 0,11 = 0,066 \text{ А,}$$

где ( $I >>$ ) = 0,07 А – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК):

$$50 - 1 (T) = 10 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-1 по току срабатывания** (адрес **1204**): ( $I >$ ) = 0,07 А.

Уставка ступени **50-1 по времени действия** (адрес **1205**):  $T = 10$  с.

**Д1.4 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство **SIPROTEC: 7SJ64**.

Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается согласно п. **Б6.1.1 МУ**:

$$50N-1(I >) = 2 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 2 \cdot 136,5 = 273 / 200 = 1,365 \text{ А}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1 по току срабатывания** (адрес **1304**):  
 $(I >) = 1,4 \text{ А.}$

Уставка ступени **50N-1 по времени действия** (адрес **1305**):  
 $(T \text{ 3I0} >) = 0,3 \text{ с.}$

Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{О.З}}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{7000}{280} = 25 \geq 1,5,$$

где  $3I_{\text{О.З}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{СЗ}} = 280 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК выбирается согласно **Б6.2.1**:

$$50N-2(I >>) = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,3 \cdot 1550 / 200 = 10,1(\text{А})$$

Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК согласно **Б6.2.2**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0.3}}{I_{\text{сз}}} = 7000 / 2010 = 3,48 \geq 1,2$$

где  $3I_{0.3} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{сз}} = 2010 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-2** по току срабатывания (адрес **1317**):  
**(I>>>) = 10,1 А.**

Уставка ступени **50N-2** по времени действия (адрес **1318**):  
**(T 3I0>>>) = 0,1 с.**

### **Д1.5 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Применяемое устройство **SIPROTEC: 7SJ612**.

Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается согласно п. **Б7.1.1 МУ**:

$$50N-1(I >) = 0,65 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 0,65 \cdot 136,5 / 200 = 0,44 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = T_{\text{С.З.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с},$$

где  $T_{\text{С.З.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;  
 $T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}$  – время запаса (ступень селективности).

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1** по току срабатывания (адрес **1304**):  
**(I>) = 0,44 А.**

Уставка ступени **50N-1 по времени действия** (адрес **1305**):  
(Т 3I0>) = 1,8 с.

**Д1.6 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная)  
на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство **SIPROTEC: 7SJ64**.

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается согласно п. **Б8.2 МУ**:

$$50-3 (I \gg \gg) = I_{C3} \geq K_{OTC} \cdot I_{ВКЛ.БСК} = 1,5 \cdot I_{ВКЛ.БСК} = 1,5 \cdot 1550/200 = 11,6 \text{ о.е.},$$

где  $K_{\dot{I}ON} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{ВКЛ.БСК} = 1550 \text{ А}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п.

**Б1.3.2 МУ** в п. **Д1**.

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-3 по току срабатывания** (адрес **1217**):  
(I>>>) = 12 А.

Уставка ступени **50-3 по времени действия** (адрес **1218**): (Т I>>>) = 0 с.

Проверка чувствительности токовой отсечки БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{C3}}} = \frac{5480}{2400} = 2,3 \geq 1,2,$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{\text{C3}} = 2400 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 (I>>) выбирается согласно п. **Б8.4**:

$$50-2 (I \gg) = 1,8 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 1,8 \cdot 136,5/200 = 1,23 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ:

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2 по току срабатывания** (адрес **1202**): (**I>>**) = 1,3 А.

Уставка ступени **50-2 по времени действия** (адрес **1203**): (**T I>>**) = 1,0 с.

Проверка чувствительности МТЗ ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{5480}{260} = 21,1 \geq 2,$$

где  $I_{\text{кз.мин}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{сз}} = 260 \text{ А}$  – ток срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ **50-1 (I>)**, согласно п. **Б8.6 МУ** определяется по выражению:

$$50 - 1 (I >) = 1,3 \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,3 \cdot 136,5 / 200 = 0,89 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{ном.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 1 (T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-1 по току срабатывания** (адрес **1204**): (**I>**) = 0,89 А.

Уставка ступени **50-1 по времени действия** (адрес **1205**): (**T I>**) = 1,5 с.

#### **Д1.7 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Применяемое устройство **SIPROTEC: 7UT61x** (ДЗБ).

Пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)**, согласно п. **Б10.1 МУ**:



$$50BF (I > BF) = 0,9 \cdot I_{\text{PЗ.МИН}} = 0,9 \cdot 27,3 / 200 = 0,12 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{PЗ.МИН}} = 27,3 \text{ А}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ.

Выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом степени селективности):

$$50BF (T2) \geq 0,1 \div 0,15 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка контроля тока фаз УРОВ (адрес **283**):  $(I > BF) = 0,12 \text{ А.}$

Уставка по времени срабатывания УРОВ (адрес **7005**):  $T = 0,25 \text{ с.}$

### **Д1.8 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

Применяемое устройство **SIPROTEC: 7SJ64.**

Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется согласно **п. Б11.2 МУ:**

$$27-1 (U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 80 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1 (T) = T_{\text{СР.СМ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{СР.СМ.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **27-1** по напряжению срабатывания (адрес **5103**):

**27-1 PICKUP = 80 В.**

Уставка ступени **27-1** по времени действия (адрес **5106**):

**27-1 DELAY = 1,8 с.**

**Д1.9 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН**

Применяемое устройство SIPROTEC: 7SJ64.

Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется согласно п. Б12.2 МУ:

$$59 - 1 (U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени действия ЗПН:

– на предупредительную сигнализацию:

$$59 - 1 (T1) = 10 \text{ с.}$$

– на отключение БСК:

$$59 - 1 (T2) = 3 \text{ мин.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **59-1** по напряжению срабатывания (адрес **5003**):  
**59-1 PICKUP = 110 В.**

Уставка ступени **59-1(T1)** по времени действия (адрес **5004**):  
**59-1 DELAY = 10 с.**

Уставка ступени **59-1(T2)** по времени действия выполняется с помощью таймера свободной логики устройства  $T=180 \text{ с.}$

## Д2 Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для MiCOM (AREVA)

### Д2.1 ANSI 87C. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)

Применяемое устройство MiCOM: P631.

Начальный ток срабатывания основной характеристики дифзащиты БСК, согласно п. Б1.2.2 МУ:

$$87C(I - DIFF >) = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{NOBJ} = 0,2 \cdot 136,5 = 27,3 \text{ А,}$$

где  $I_{NOBJ} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Принимаем:  $(I_{диф} >) = 0,2 I_{дифф} / I_{БАЗ}$  (адрес 072.142).

Коэффициент торможения дифзащиты БСК (определение наклона характеристики срабатывания).  $K_{ТОРМ}$  определяется по выражению согласно МУ п. Б1.3.4:

$$87C(m1) = \frac{1,5 \cdot (0,25 \cdot K_I - 0,2)}{0,5 \cdot (1,85 \cdot K_I - 0,2)} = \frac{1,5 \cdot (0,25 \cdot 4,78 - 0,2)}{0,5 \cdot (1,85 \cdot 4,78 - 0,2)} = 0,345,$$

где  $K_I = \frac{I_{МАКС.ВН}}{I_{NOBJ}} = \frac{652}{136,5} = 4,78.$

Принимаем:  $m1 = 0,35$  (адрес 072.145).

Параметры дополнительной (второй) характеристики торможения для функции ДЗБ принимаются, согласно п. Б1.4.2 МУ:

Принимаем:

$m2 = 0,35$  (адрес 072.146);

$I_{ТОРМ, m2} = 10 I_{дифф} / I_{БАЗ}$  (адрес 072.147).

Уставки по току срабатывания  $I_{диф} >>$  и  $I_{диф} >>>$  могут быть приняты равными по величине, в соответствии с выражением п. Б1.5.2:

$$87C(I - DIFF >>) \geq I_{МАКС.ВН} = I_{ВКЛ.БСК} = 1550 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – действующее значение максимального сквозного тока (ток включения) БСК – определяется в соответствии с выражением (Б1.15) (с учетом примечания к п. Б1.3.2):

$$I_{\text{ВКЛ.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \cdot \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 136,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{2795}{26,016}} \right) = 1,41 \cdot 1551 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК;

$W_{\text{КЗ}} = 2795 \text{ МВА}$  – мощность КЗ на шинах, в месте установки БСК;

$Q_{\text{Н.БСК}} = 26,016 \text{ МВАр}$  – номинальная мощность БСК;

$K_U = 1$  – коэффициент загрузки конденсаторов по напряжению.

**Принимаем:**

**Идиф>>** = 11  $I_{\text{ДИФФ}} / I_{\text{БАЗ}}$  (адрес **072.143**).

**Идиф>>>** = 11  $I_{\text{ДИФФ}} / I_{\text{БАЗ}}$  (адрес **072.144**).

Проверка чувствительности дифзащиты БСК, согласно п. Б1.9 МУ осуществляется по условию  $I_{\text{КЗ.МИН}} > I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$  :

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}} + K_{\text{ТОРМ}} \cdot (I_{\text{Т}} - 0,5 \cdot I_{\text{СЗ.МИН}})} = \frac{136,5}{27,3 + 0,35 \cdot (68,3 - 0,5 \cdot 27,3)} = 2,94 \geq 2,$$

где  $I_{\text{СЗ.МИН}} = 27,3 \text{ А}$  – минимальный ток срабатывания защиты (при отсутствии торможения);

$I_{\text{Д.МИН}} = I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК;

$I_{\text{Т}} = 0,5 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 68,3 \text{ А}$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне;

$K_{\text{ТОРМ}} = 0,35$  – коэффициент торможения.

## **Д2.2 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Применяемое устройство MiCOM: P632.

Уставка по току срабатывания ОЗ, согласно п. Б4.2.2 МУ:

$$I_{DIF} = (0,13 \div 0,15) \cdot I_{\text{НОМ.НАГР}} = 0,15 \cdot 136,5 = 20,48 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.НАГР}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

**Принимаем:  $I_{\text{диф}} > = 0,15 I_{\text{ДИФФ}} / I_{\text{БАЗ}}$  (адрес 072.150).**

Дифференциальная отсечка. Уставка  **$I_{\text{диф}} >>>$**  принимается в соответствии с выражением п. Б4.3:

$$87C (I - DIFF >>) \geq I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1550 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1550 \text{ А}$  – действующее значение максимального сквозного тока (ток включения) БСК.

**Принимаем:  $I_{\text{диф}} >>> = 11 I_{\text{ДИФФ}} / I_{\text{БАЗ}}$  (адрес 072.151).**

Согласно примечанию к п. Б4.4 МУ, чувствительность ОЗ обеспечивается в подавляющем большинстве случаев с большим запасом и необходимость в её проверке практически отсутствует.

## **Д2.3 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Применяемое устройство MiCOM: P141.

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на отключение БСК, согласно п. Б5.2 МУ:

$$50-2(I \gg) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{0,8 \cdot 1,1}{40/5} = 0,11 \text{ А},$$

где  $K_{\text{ч}} = 1,25$  – коэффициент чувствительности;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – ток небаланса, протекающих в проводнике, соединяющем средние точки двух полуветвей фазы, рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n-1) + 1\}] - 3} = 1,1 \text{ А},$$

где  $M = 2$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$N = 3$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$n = 6$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора;

$I_{\text{НОМ.Б}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный первичный ток конденсаторной батареи.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50-2(T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2 по току срабатывания** (адрес **I>1 Current Set [I>1 Уставка по току]**):  $(I>1) = 0,11 \text{ А}$ .

Уставка ступени **50-2 по времени действия** (адрес **I>1 Time Delay I>1 Выдержка времени**):  $T = 1,0 \text{ с}$ .

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на сигнал, согласно п. **Б5.3 МУ**:

$$50-1(I >) = 0,6 \cdot (I >>) = \frac{0,6 \cdot 0,11}{40/5} = 0,066 \text{ A}$$

где  $(I >>) = 0,11 \text{ A}$  – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК):

$$50-1(T) = 10 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-1 по току срабатывания** (адрес **I>2 Current Set [I>2 Уставка по току]**):  $(I >) = 0,07 \text{ A}$ .

Уставка ступени **50-1 по времени действия** (адрес **I>2 Time Delay**):  
 $T = 10 \text{ с.}$

#### **Д2.4 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство **MiCOM: P141**.

Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается согласно п. **Б6.1.1 МУ**:

$$50N-1(I >) = 2 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 2 \cdot 136,5 = 273 / 200 = 1,365 \text{ A}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ A}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1 по току срабатывания** (адрес **IN1>1 Current [IN1>1 Уставка по току]**):  $(I >) = 1,4 \text{ A}$ .

Уставка ступени **50N-1 по времени действия** (адрес **IN1>1 Time Delay [IN1>1 Выдержка времени]**): (**T 3I0>**) = 0,3 с.

Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{O.3}}}{I_{\text{C3}}} = \frac{7000}{280} = 25 \geq 1,5,$$

где  $3I_{\text{O.3}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{C3}} = 280 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК выбирается согласно **Б6.2.1**:

$$50 - 2 (I \gg \gg) = I_{\text{C3}} = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{вкл.БСК}} = 1,3 * 1550 = 2015 / 200 = 10,1 (\text{А})$$

Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК согласно **Б6.2.2**.

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{O.3}}}{I_{\text{C3}}} = 7000 / 2010 = 3,48 \geq 1,2$$

где  $3I_{\text{O.3}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{C3}} = 2010 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-2 по току срабатывания** (адрес **IN1>2 Current [IN1>2 Уставка по току]**): (**I>**) = 10,1 А.



Уставка ступени **50N-2 по времени действия** (адрес **IN1>2 Time Delay [IN1>2 Выдержка времени]**):  $(T 3I0>) = 0,1$  с.

## **Д2.5 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Применяемое устройство **MiCOM: P141**.

Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается согласно п. **Б7.1.1 МУ**:

$$50 N - 1 (I >) = 0,65 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 0,65 \cdot 136,5 / 200 = 0,44 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5$  А – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 N - 1 (T) = T_{\text{СЗ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{СЗ.ПР}} = 1,5$  с – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;  
 $T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4$  с – время запаса (ступень селективности).

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1 по току срабатывания** (адрес **IN1>1 Current [IN1>1 Уставка по току]**):  $(I >) = 0,44$  А.

Уставка ступени **50N-1 по времени действия** (адрес **IN1>1 Time Delay [IN1>1 Выдержка времени]**):  $(T 3I0>) = 1,8$  с.

## **Д2.6 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство **MiCOM: P141**.

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается согласно п. **Б8.2 МУ**:

$$50 - 3 (I >>>) = I_{\text{СЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot 1550 / 200 = 11,65 \text{ о.е.}$$

где  $K_{i0\dot{N}} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{вкл.БСК}} = 1550 \text{ А}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п.

**Б1.3.2 МУ в п. Д1.**

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-3 по току срабатывания** (адрес **I>1 Current [I>1 Уставка по току]**): (**I>>>**) = 12 А.

Уставка ступени **50-3 по времени действия** (адрес **I>1 Time Delay [I>1 Выдержка времени]**): (**T I>>>**) = 0 с.

Проверка чувствительности токовой отсечки БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{5480}{2400} = 2,3 \geq 1,2,$$

где  $I_{\text{кз.мин}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{\text{сз}} = 2400 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 (**I>>**) выбирается согласно п. **Б8.4:**

$$50-2 (I >>) = 1,8 \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,8 \cdot 136,5 / 200 = 1,23 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ном.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ:

$$50-2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2 по току срабатывания** (адрес **I>2 Current [I>1 Уставка по току]**): (**I>>**) = 1,3 А.

Уставка ступени **50-2 по времени действия** (адрес **I>2 Time Delay [I>1 Выдержка времени]**): (**T I>>**) = 1,0 с.

Проверка чувствительности МТЗ ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{5480}{260} = 21,1 \geq 2,$$

где  $I_{\text{кз.мин}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{сз}} = 260 \text{ А}$  – ток срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 49-1 ( $I >$ ), согласно п. Б8.6 МУ определяется по выражению:

$$49-1 (I >) = 1,3 \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,3 \cdot 136,5 / 200 = 0,89 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ном.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$49-1 (T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **49-1 по току срабатывания** (адрес **Уставка срабатывания [Thermal Trip]**): ( $I >$ ) = 0,89 А.

Уставка ступени **49-1 по времени действия** (задаётся при помощи гибкой логики): ( $T I >$ ) = 1,5 с.

## **Д2.7 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Применяемое устройство **MiCOM: P141**.

Пороговое значение срабатывания тока **50BF ( $I > BF$ )**, согласно п. Б10.1.1 МУ:

$$50BF (I < BF) \leq \frac{I_{\text{рз.мин}}}{K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}}} = \frac{I_{\text{рз.мин}}}{1,1 \cdot 1,05} = \frac{27,3}{1,1 \cdot 1,05} = 23,64 / 200 = 0,118 \text{ А},$$

где  $I_{P3.MIN} = 27,3 \text{ A}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ;

$K_{\text{ч}} = 1,1$  – коэффициент чувствительности УРОВ;

$K_{\text{в}} = 1,05$  – коэффициент возврата минимального реле тока.

Первая (минимальная) выдержка времени на повторное отключение выключателя:

$$50BF (T1) \geq 0,1 \div 0,15 .$$

Вторая выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом степени селективности):

$$50BF (T2) \geq 0,25 \div 0,3 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка контроля тока фаз УРОВ (адрес **I < Current Set** [**I < Уставка по току**]): (**I > BF**) = 0,12 А.

Уставка по времени срабатывания УРОВ (адрес **CB Fail 1 Timer** [**Таймер функции УРОВ 1**]): (**T1**) = 0,1 с.

Уставка по времени срабатывания УРОВ (адрес **CB Fail 2 Timer** [**Таймер функции УРОВ 2**]): (**T2**) = 0,25 с.

## **Д2.8 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

Применяемое устройство **MiCOM: P141**.

Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется согласно п. **Б11.2 МУ**:

$$27 - 1 (U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 80 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1(T) = T_{\text{CP.CM.IIP}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{CP.CM.IIP}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **27-1 по напряжению** срабатывания (адрес **V<1 Voltage Set [V<1 Уставка по напряжению]**): **27-1 (U) = 80 В.**

Уставка ступени **27-1 по времени действия** (адрес **V<1 Time Delay [V<1 Выдержка времени]**): **(27-1 (T) = 1,8 с.**

**Д2.9 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН.**

Применяемое устройство **MiCOM: P141.**

Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется согласно п. **Б12.2 МУ:**

$$59-1(U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени действия ЗПН:

– на предупредительную сигнализацию:

$$59-1(T1) = 10 \text{ с.}$$

– на отключение БСК:

$$59-1(T2) = 3 \text{ мин.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **59-1 по напряжению** срабатывания (адрес **V>1 Voltage Set [V>1 Уставка по напряжению]**): **59-1 PICKUP = 110 В.**

Уставка ступени **59-1** по времени действия (адрес **V>1 Time Delay** [**V>1 Выдержка времени**]): **59-1 DELAY** = 10 с.

Уставка ступени **59-1(T2)** по времени действия выполняется с помощью таймера свободной логики устройства **T=180** с.

### Д3 Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для «GE Multilin»

#### Д3.1 ANSI 87C. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)

Применяемое устройство: Т60.

Уставка по минимальному току срабатывания основной (чувствительной) функции дифзащиты, согласно п. Б1.2.3 определяется по выражению:

$$\begin{aligned} DIF_{\text{ср.аб}} &= \left| \frac{1,1 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{перв}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} - \frac{0,9 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{перв}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} \right| + K = \frac{0,2 \cdot S_N \cdot \sqrt{3}}{I_{\text{перв}}^{\text{ТТ}} \cdot U_N} + K = \frac{(0,2 \div 0,3) \cdot I_{\text{NObj}}}{I_{\text{перв}}^{\text{ТТ}}} = \\ &= \frac{(0,2 \div 0,3) \cdot 136,5}{200} = (0,13 \div 0,2) \text{ о.е.}, \end{aligned}$$

где  $I_{\text{NObj}}$  – номинальный ток защищаемого объекта (БСК);

$I_{\text{перв}}^{\text{ТТ}}$  – номинальный первичный ток ТТ на основной стороне БСК, например, на стороне нейтрали (базовый ток).

**Принимаем:**

Уставка **PERCENT DIFFERENTIAL PICKUP**

**[ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПУСК] = 0,2.**

Согласно п. Б1.3.5.2 минимальное значение  $K_{\text{ТОРМ}}$  для большинства расчетных случаев:

$$87C (\text{Наклон1}) = \frac{3 \cdot 0,25}{1,85} = 0,4 \text{ о.е.}$$

Значение тока начала торможения может быть определено аналогично:

$$I_{\text{ТОРМ.НАЧ.О ТН}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН.ОТН}}}{K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ о.е.}$$

**Принимаем:**

Уставка **PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 1**  
[ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 1] = 0,4 (40 %).

Уставка **PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 1**  
[ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 1] = 2,0 о.е..

Согласно п. **Б1.4.3** коэффициент торможения  $K_{\text{ТОРМ (2)}}$  дифзащиты БСК принимается равным  $K_{\text{ТОРМ (1)}}$  **первого наклонного участка** характеристики торможения.

**Принимаем:**

Уставка **PERCENT DIFFERENTIAL SLOPE 2**  
[ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ НАКЛОН 2] = 0,5 (50%).

Уставка **PERCENT DIFFERENTIAL BREAK 2**  
[ДИФЗАЩИТА С ТОРМЖ ПЕРЕГИБ 2] = 2,0 о.е.

Согласно п. **Б1.5.3** выбор уставок по току срабатывания ступени **I-DIFF>>** (дифференциальной отсечки) осуществляется по формуле:

$$87C (I - DIFF >>) \geq I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1550 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – **действующее значение** максимального сквозного тока (ток включения) БСК – определяется в соответствии с выражением (Б1.15) (с учетом примечания к п. **Б1.3.2**):

$$I_{\text{ВКЛ.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \cdot \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 136,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{2795}{26,016}} \right) = 1,41 \cdot 1551 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК;

$W_{\text{КЗ}} = 2795 \text{ МВА}$  – мощность КЗ на шинах, в месте установки БСК;

$Q_{\text{Н.БСК}} = 26,016 \text{ МВАр}$  – номинальная мощность БСК;



$K_U = 1$  – коэффициент загрузки конденсаторов по напряжению.

**Принимаем:** уставка **INST DIFFERENTIAL PICKUP**

**[ДИФФЕРЕНЦ ТО ПУСК] = 7,8.**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ДЗ БСК согласно п. Б1.9 определяется (только для чувствительного органа) при металлическом КЗ на выводах ВН и нейтрали защищаемого БСК:

$$I_{\text{КЗ.МИН}} = 120 \text{ А};$$

$$I_{\text{ТОРМ.НАЧ}} = \frac{I_{\text{СЗ.МИН}}}{K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{0,2 \cdot 200}{0,4} = 100 \text{ А}.$$

$I_{\text{КЗ.МИН}} > I_{\text{ТОРМ.НАЧ}}$ , тогда для **первого наклона** характеристики срабатывания/торможения:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{Т}} \cdot K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{136,5}{136,5 \cdot 0,4} = 2,5 \geq 2.$$

где  $I_{\text{Д.МИН}} = I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК;

$I_{\text{Т}} = 136,5 \text{ А}$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне;

$K_{\text{ТОРМ}} = 0,4$  – коэффициент торможения.

**Д3.2 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Применяемое устройство: **T60**.

Уставка по току срабатывания ОЗ:

$$87N(I - REF >) = 0,15 \cdot I_{\text{NS}} = 0,15 \cdot 136,5 = 20,48 \text{ А},$$

где  $I_{NS} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток данной стороны защищаемого объекта (в данном случае – номинальный ток БСК).

Принимаем: уставка **RESTRICTED GROUND FAULT 1 PICKUP [ЧУВСТВ ЗАЩ ОТ ЗЗ1 ПУСК]** = 0,1 о.е.

Коэффициент чувствительности ограниченной ДЗ БСК определяется по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}}} = \frac{81}{0,1 \cdot 200} = 4,05 \geq 2.$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}} = 81 \text{ А}$  – минимальное значение периодической составляющей тока нейтрали БСК при КЗ на землю в защищаемой зоне (на высоковольтных вводах БСК);

$I_{\text{СЗ.МИН}}$  – минимальный ток срабатывания защиты, определяемый по (Б4.1) (Б4.2), **в первичных величинах.**

Уставку наклона характеристики ОЗ (**ЧУВСТВ ЗАЩ ОТ ЗЗ1 НАКЛОН**) выбирается исходя из условия п. **Б4.2.3**:

Надежное определение внутренних КЗ, в точке расчетного расстояния от нейтрали:

$$\begin{aligned} RGF_{\text{НАКЛОН}} &= \frac{8,0 \cdot RGF_{\text{СРАБ}} \cdot I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}}}{I_{N(W)}} \cdot 100\% - K_{\text{Н}} \% = \\ &= \frac{8,0 \cdot 0,1 \cdot 200}{136,5} \cdot 100\% - 20\% = 97,21\%, \end{aligned}$$

где  $RGF_{\text{СРАБ}} = 0,1$  – уставка по току срабатывания защиты, о.е.;

$I_{\text{ПЕРВ}}^{\text{ТТ}} = 200 \text{ А}$  – первичный номинальный ток ТТ, относительно которого определяется ток срабатывания защиты (смотрите п. **Б1.2.3** выше);

$I_{N(W)} = 136,5 \text{ А}$  – первичный номинальный ток БСК, А;

$K_{\text{Н}} \% = 20\%$  – рекомендуемый коэффициент надежности.

**Д3.3 ANSI50. Отдельная Максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (Небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Применяемое устройство: **F60**.

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на отключение БСК, согласно п. **Б5.2 МУ**:

$$50 - 2 (I \gg) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{0,8 \cdot 1,1}{40/5} = 0,11 \text{ А,}$$

где  $K_{\text{ч}} = 1,25$  – коэффициент чувствительности;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – ток небаланса, протекающих в проводнике, соединяющем средние точки двух полуветвей фазы, рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n - 1) + 1\}] - 3} = 1,1 \text{ А,}$$

где  $M = 2$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$N = 3$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$n = 6$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора;

$I_{\text{НОМ.Б}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный первичный ток конденсаторной батареи.

**Принимаем: уставка PHASE TOC1 PICKUP**

**[ФАЗНАЯ МТЗ1 ПУСК] = 0,11 (о.е.).**

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 2 (T) = 1 \text{ с.}$$

**Принимаем:** уставка **PHASE TOC1 TD MULTIPLIER**

**[ФАЗНАЯ МТ31 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ] = 1 с.**

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на сигнал, согласно п. **Б5.3 МУ**:

$$50-1(I >) = 0,6 \cdot (I >>) = 0,6 \cdot 0,11 = 0,066 \text{ А,}$$

где  $(I >>) = 0,11 \text{ А}$  – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК):

$$50-1(T) = 10 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка **PHASE TOC2 PICKUP [ФАЗНАЯ МТ32 ПУСК] = 0,07 о.е.**

Уставка **PHASE TOC2 TD MULTIPLIER**

**[ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ] = 10 с.**

**Д3.4 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство: **F60**.

Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается согласно п. **Б6.1.1 МУ**:

$$50N-1(I >) = 2 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 2 \cdot 136,5 = 273/200 = 1,365 \text{ А}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка **NEUTRAL TOC1 PICKUP [MTЗ НП1 ПУСК]** = 1,37 о.е.

Уставка **NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER**

**[MTЗ НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]** = 0,3 с.

Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{O.3}}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{7000}{1,37 \cdot 136,5} = 37,4 > 1,5,$$

где  $3I_{\text{O.3}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{СЗ}} = 280 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК выбирается согласно **Б6.2.1**:

$$50N - 2(I \gg) = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,3 \cdot 1550/200 = 10,1(\text{А})$$

Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК согласно **Б6.2.2**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{O.3}}}{I_{\text{СЗ}}} = 7000 / 2010 = 3,48 \geq 1,2$$

где  $3I_{\text{O.3}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{СЗ}} = 2010 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

**Принимаем:**

Уставка **NEUTRAL TOC2 PICKUP [MTЗ НП2 ПУСК]** = 10,1 о.е.

Уставка **NEUTRAL TOC2 TD MULTIPLIER**

**[MTЗ НП2 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]** = 0,1 с.

### **Д3.5 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Применяемое устройство: **F60**.

Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается согласно п. **Б7.1.1 МУ**:

$$50 N - 1 (I >) = 0,65 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 0,65 \cdot 136,5 / 200 = 0,44 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 N - 1 (T) = T_{\text{СЗ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{СЗ.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;  
 $T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}$  – время запаса (ступень селективности).

**Принимаем:**

Уставка **NEUTRAL TOC1 PICKUP [МТЗ НП1 ПУСК]** = 0,44 о.е.

Уставка **NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER [МТЗ НП1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]** = 1,8 с.

### **Д3.6 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство: **F60**.

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается согласно п. **Б8.2 МУ**:

$$50 - 3 (I >>>) = I_{\text{СЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot 1550 / 200 = 11,6 \text{ о.е,}$$

где  $K_{\text{ІОН}} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{ВКЛ.БСК}}=1550 \text{ А}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п. **Б1.3.2 МУ** в п. Д1.

**Принимаем:**

Уставка **PHASE IOC1 PICKUP [ФАЗНАЯ ТО1 ПУСК]** = 12 о.е.

Проверка чувствительности токовой отсечки БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{5480}{2400} = 2,3 \geq 1,2,$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{\text{СЗ}} = 2400 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 ( $I \gg$ ) выбирается согласно п. **Б8.4:**

$$50-2(I \gg) = 1,8 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 1,8 \cdot 136,5 / 200 = 1,23 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ:

$$50-2(T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка **PHASE TOS1 PICKUP [ФАЗНАЯ МТЗ1 ПУСК]** = 1,23 о.е.

Уставка **PHASE TOS1 TD MULTIPLIER**

**[ФАЗНАЯ МТЗ1 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ]** = 1 с.

Ток срабатывания ступени МТЗ **50-1 ( $I >$ )**, согласно п. **Б8.6 МУ** определяется по выражению:

$$50-1(I >) = 1,3 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 1,3 \cdot 136,5 / 200 = 0,89 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

**Принимаем:**

**PHASE TOC2 PICKUP [ФАЗНАЯ МТ32 ПУСК] = 0,89 (о.е.).**

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 1 (T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.}$$

**Принимаем: уставка PHASE TOC2 TD MULTIPLIER  
[ФАЗНАЯ МТ32 МНОЖИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ] = 1,5 с.**

### **Д3.7 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Применяемое устройство: **F60**.

Пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)**, согласно п. **Б10.1 МУ**:

$$50BF (I > BF) = 0,9 \cdot I_{\text{РЗ.МИН}} = 24,6 / 200 = 0,12 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{РЗ.МИН}} = 27,3 \text{ А}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ.

Выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом ступени селективности):

$$50BF (T2) \geq 0,1 \div 0,15 \text{ с.}$$

**Принимаем: уставка BF1 PH AMP SUPV PICKUP  
[УРОВ1 ПУСК С КОНТРОЛЕМ ПО ФАЗНОМУ ТОКУ] = 0,12 о.е.**

Первая (минимальная) выдержка времени на повторное отключение выключателя может составлять:

$$50BF (T1) \geq 0,1 \div 0,15.$$

**Принимаем: уставка BF1 TIMER 1 PICKUP DELAY  
[УРОВ1 ТАЙМЕР 1 ВЫДЕРЖКА СРАБ] = 0,1 с.**



Соответственно, вторая или единственная выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом ступени селективности):

$$50BF(T2) \geq 0,25 \div 0,3 \text{ с.}$$

**Принимаем:** уставка **BF1 TIMER 2 PICKUP DELAY**  
**[УРОВ1 ТАЙМЕР 2 ВЫДЕРЖКА СРАБ] = 0,25 с.**

### **Д3.8 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

Применяемое устройство: **F60**.

Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется по выражению:

$$27-1(U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}} = (0,8 \div 0,9) \cdot 100/100 = (0,8 \div 0,9) \text{ о.е.},$$

где  $U_{\text{НОМ.С}}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

**Принимаем:**

Уставка **PHASE UV1 PICKUP [ФАЗН ЗМН 1 ПУСК] = 0,8 о.е.**

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1(T) = T_{\text{СР.СМ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{СР.СМ.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:** уставка **PHASE UV1 DELAY**  
**[ФАЗН ЗМН 1 ВЫДЕРЖКА] = 1,8 с.**

### **Д3.9 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН**

Применяемое устройство: **F60**.

Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется согласно п. Б12.2 МУ:

$$59-1(U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени действия ЗПН:

– на предупредительную сигнализацию:

$$59-1(T1) = 10 \text{ с.}$$

– на отключение БСК:

$$59-1(T2) = 3 \text{ мин.}$$

**Принимаем:**

Уставка **PHASE UV1 PICKUP [ФАЗН ЗМН 1 ПУСК]**=1,1 о.е.

Уставка **PHASE UV1 TD MULTIPLIER [ФАЗН ЗМН 1 ВЫДЕРЖКА]**= 10 с.

Уставка ступени **59-1(T2)** по времени действия выполняется с помощью таймера свободной логики устройства  $T=180 \text{ с.}$

## Д4 Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для ШЭ2607 (НПП ЭКРА)

### Д4.1 ANSI 87С. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)

Применяемое устройство НПП ЭКРА: ШЭ 2607 041.

Начальный ток срабатывания основной характеристики дифзащиты БСК, согласно п. Б1.2.5 МУ:

$$I_{\text{ДО}} = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{\text{НОМ}} = (0,2 \div 0,3) \cdot 136,5 = (27,3 \div 40,95) \text{ А.}$$

где  $I_{\text{НОМ}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток стороны защищаемого объекта.

$$\text{Принимаем: } I_{\text{ср ДЗТ}} = 0,2 \frac{I_{\text{ДО}}}{I_{\text{НОМ}}}.$$

Коэффициент торможения дифзащиты БСК (определение наклона характеристики срабатывания):

$K_{\text{ТОРМ}}$  определяется по выражению согласно МУ п. Б1.3.7, с учётом того, что относительная величина погрешности для всех ТТ дифзащиты БСК –  $\varepsilon \leq 0,10$ :

$$87C (K_T) = \frac{0,375 \cdot K_I - 0,2}{0,925 \cdot K_I - 0,6} = \frac{0,375 \cdot 11,35 - 0,2}{0,925 \cdot 11,35 - 0,6} = 0,41 \text{ о.е.}$$

$$\text{где } K_I = \frac{I_{\text{МАКС.ВН}}}{I_{\text{НОБ}}} = \frac{1550}{136,5} = 11,35;$$

$I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – максимальный сквозной ток дифзащиты (ток включения БСК):

$$I_{\text{ВКЛ.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \cdot \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 136,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{2795}{26,016}} \right) = 1,41 \cdot 1551 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК;

$W_{\text{КЗ}} = 2795 \text{ МВА}$  – мощность КЗ на шинах, в месте установки БСК;

$Q_{н.БСК} = 26,016$  МВАр – номинальная мощность БСК;

$K_U = 1$  – коэффициент загрузки конденсаторов по напряжению.

**Принимаем:** уставка **Кт ДЗТ** = 0,4.

В соответствии с заводскими характеристиками устройства минимальное значение  $I_{т0} = I_{ТОРМ.НАЧ.О\ TH} = 0,6$  о.е. **Принимаем:** уставка **Ит0 ДЗТ** = 0,6 о.е.

Уставка по току торможения блокировки ( $I_{Т.БЛ}$ ) ДТЗ определяется по выражению:

$$I_{Т.БЛ} = K_{ОТС} \cdot I_{СКВ.Н} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 136,5 = 245,7 \text{ А},$$

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

$I_{СКВ} = (1,35 \div 1,5) \cdot I_{НОМ}$  – максимальный (сквозной) ток нагрузки БСК;

$I_{НОМ}$  – номинальный ток БСК.

**Принимаем:** уставка **Ит max ДЗТ** = 1,8 о.е.

Пороговую величину срабатывания **I-DIFF>>** рекомендуется принимать равной величине максимального сквозного тока БСК (с учетом максимально возможной степени насыщения ТТ на одной из сторон БСК):

$$87C (I - DIFF >>) \geq I_{МАКС.ВН} = I_{ВКЛ.БСК} = 1550 \text{ А},$$

**Принимаем:** уставка **Диф.отсеч.** = 12 о.е.

Проверка чувствительности дифзащиты БСК, согласно **п. Б1.9 МУ**:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}}} = \frac{120}{27,3} = 4,4 > 2,$$

где  $I_{\text{СЗ.МИН}} = 27,3$  А – минимальный ток срабатывания защиты (при отсутствии торможения);

$I_{\text{КЗ.МИН}} = 120 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей суммарного тока КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК (фактически ток нагрузки в фазе БСК).

#### **Д4.2 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Применяемое устройство НПП ЭКРА: ШЭ2607 049.

Уставка по току срабатывания ОЗ, согласно п. Б4.2.1 МУ:

$$87N (I - REF >) = 0,15 \cdot I_{NS} = 0,15 \cdot 136,5 = 20,48 \text{ А},$$

где  $I_{NS} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

**Принимаем: Иср ПрДТЗ = 0,15 о.е.**

Рекомендуемая Изготовителем величина  $K_T = 0,5$ .

**Принимаем: Коэффициент торможения ДТЗ  $K_T = 0,5$  о.е.;**

Уставка по току торможения блокировки ( $I_{T,МАХ}$ ) ДТЗ НП:

$$I_{T,МАКС} = K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{СКВ.Н}} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 136,5 = 245,7 \text{ А},$$

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

$I_{\text{СКВ.Н}} = (1,35 \div 1,5) \cdot I_{\text{НОМ}}$  – максимальный (сквозной) ток нагрузки БСК;

$I_{\text{НОМ.}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

**Принимаем: Ток торможения блокировки продольной ДТЗ НП**

**$I_{T,МАХ} = 1,8$  о.е.**

Согласно примечанию к п. Б4.4 МУ, чувствительность ОЗ обеспечивается в подавляющем большинстве случаев с большим запасом и необходимость в её проверке практически отсутствует.

**Д4.3 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках**

**обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Применяемое устройство: **ШЭ2607 017217.**

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на отключение БСК, согласно п. **Б5.2 МУ:**

$$50 - 2 (I \gg) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{0,8 \cdot 1,1}{40/5} = 0,11 \text{ А,}$$

где  $K_{\text{ч}} = 1,25$  – коэффициент чувствительности;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – ток небаланса, протекающих в проводнике, соединяющем средние точки двух полуветвей фазы, рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n - 1) + 1\}] - 3} = 1,1 \text{ А,}$$

где  $M = 2$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$N = 3$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$n = 6$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора;

$I_{\text{НОМ.Б}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный первичный ток конденсаторной батареи.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2 по току срабатывания** (адрес Ток срабатывания откл. ступени небалансной защиты):  $(I \gg) = 0,11 \text{ А.}$

Уставка ступени **50-2 по времени действия** (адрес Задержка на срабатывание отключающей ступени):  $T = 1,0 \text{ с.}$

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на сигнал, согласно п. Б5.3 МУ:

$$50-1(I >) = 0,6 \cdot (I >>) = 0,6 \cdot 0,11 = 0,066 \text{ А},$$

где  $(I >>) = 0,11 \text{ А}$  – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК):

$$50-1(T) = 10 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-1 по току срабатывания** (адрес Ток срабатывания сигн. ступени небалансной защиты):  $(I >) = 0,07 \text{ А}$ .

Уставка ступени **50-1 по времени действия** (адрес Задержка на срабатывание сигнальной ступени):  $T = 10 \text{ с}$ .

**Д4.2 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство: ШЭ2607 017217.

Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается согласно п. Б6.1.1 МУ:

$$50N-1(I >) = 2 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 2 \cdot 136,5 = 273 / 200 = 1,365 \text{ А}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N-1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1** по току срабатывания (адрес Ток срабатывания I ступени ТЗНП):  $(I >) = 1,4$  А.

Уставка ступени **50N-1** по времени действия (адрес Задержка на срабатывание I):  $(T 3I0 >) = 0,3$  с.

Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0.3}}{I_{\text{сз}}} = \frac{7000}{280} = 25 \geq 1,5,$$

где  $3I_{0.3} = 7$  кА – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{сз}} = 280$  А – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК выбирается согласно **Б6.2.1**:

$$50N - 2 (I >>) = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{вкл.БСК}} = 1,3 \cdot 1550/200 = 10,1 (\text{А})$$

Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК согласно **Б6.2.2**

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0.3}}{I_{\text{сз}}} = 7000 / 2010 = 3,48 \geq 1,2$$

где  $3I_{0.3} = 7$  кА – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{сз}} = 2010$  А – ток (первичный) срабатывания защиты.

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-2** по току срабатывания (адрес Ток срабатывания I ступени ТЗНП):  $(I >) = 10,1$  А.

Уставка ступени **50N-2** по времени действия (адрес Задержка на срабатывание I):  $(T 3I0 >) = 0,1$  с.



#### **Д4.3 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Применяемое устройство **ШЭ2607 017217**.

Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается согласно п. **Б7.1.1 МУ**:

$$50 N - 1 (I >) = 0,65 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 0,65 \cdot 136,5 / 200 = 0,44 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 N - 1 (T) = T_{\text{С.З.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{С.З.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;  
 $T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}$  – время запаса (ступень селективности).

**Принимаем:**

Уставка ступени **50N-1** по току срабатывания (адрес Ток срабатывания I ступени ТЗНП):  $(I >) = 0,44 \text{ А}$ .

Уставка ступени **50N-1** по времени действия (адрес Задержка на срабатывание I ступени):  $(T \geq 10 >) = 1,8 \text{ с}$ .

#### **Д4.4 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК**

Применяемое устройство **ШЭ2607 017217**

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается согласно п. **Б8.2 МУ**:

$$50 - 3 (I >>>) = I_{\text{СЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1,5 \cdot 1550 / 200 = 11,6 \text{ о.е,}$$

где  $K_{\text{ІОЅ}} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{\text{вкл.БСК}}=1550 \text{ А}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п. Б1.3.2 МУ в п. Д1.

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-3** по току срабатывания (адрес Ток срабатывания I ступени МТЗ): ( $I \gg \gg$ ) = 12 А.

Уставка ступени **50-3** по времени действия (адрес Задержка на срабатывание I ст): ( $T I \gg \gg$ ) = 0 с.

Проверка чувствительности токовой отсечки БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{5480}{2400} = 2,3 \geq 1,2,$$

где  $I_{\text{кз.мин}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{\text{сз}} = 2400 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 ( $I \gg$ ) выбирается согласно п. Б8.4:

$$50-2 (I \gg) = 1,8 \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,8 \cdot 136,5 / 200 = 1,23 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ном.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ:

$$50-2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-2** по току срабатывания (адрес Ток срабатывания II ступени МТЗ): ( $I \gg$ ) = 1,3 А.

Уставка ступени **50-2** по времени действия (адрес Задержка на срабатывание II ст): ( $T I \gg$ ) = 1,0 с.

Проверка чувствительности МТЗ ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{5480}{260} = 21,1 \geq 2,$$

где  $I_{\text{кз.мин}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{сз}} = 260 \text{ А}$  – ток срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ **50-1 (I>)**, согласно п. **Б8.6 МУ** определяется по выражению:

$$50-1 (I >) = 1,3 \cdot I_{\text{ном.БСК}} = 1,3 \cdot 136,5 / 200 = 0,89 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ном.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50-1 (T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **50-1 по току срабатывания** (адрес **Ток срабатывания РТ защиты от перегрузки**): **(I>) = 0,89 А.**

Уставка ступени **50-1 по времени действия** (адрес **Задержка на срабатывание защиты от перегрузки**): **(T I>) = 1,5 с.**

#### **Д4.5 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Применяемое устройство: **ШЭ2607 017217.**

Пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)**, согласно п. **Б10.1 МУ**:

$$50BF (I > BF) > (0,05 \div 0,1) \cdot I_{\text{ном}} = 0,05 \cdot 136,5 / 200 = 0,034 \text{ А.}$$

Выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом ступени селективности):

$$50BF (T2) \geq 0,2 \div 0,3 \text{ с.}$$

**Принимаем:**

Уставка контроля тока фаз УРОВ (адрес  
**Ток срабатывания реле тока УРОВ):**  $(I > BF) = 0,04 \text{ А}$ .

Уставка по времени срабатывания УРОВ (адрес  
**Задержка на срабатывание УРОВ):**  $T = 0,25 \text{ с}$ .

#### **Д4.6 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

Применяемое устройство **ШЭ2607 017217**.

Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется согласно п. **Б11.2 МУ**:

$$27-1(U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 80 \text{ В},$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1(T) = T_{\text{СР.СМ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с},$$

где  $T_{\text{СР.СМ.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}.$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **27-1** по напряжению срабатывания  
**Напряжение срабатывания реле мин. Напряжения ЗМН = 80 В**.

Уставка ступени **27-1** по времени действия  
**Задержка на срабатывание ЗМН = 1,8 с**.

#### **Д4.7 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН.**

Применяемое устройство **ШЭ2607 017217**.

Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется согласно п. Б12.2 МУ:

$$59-1(U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{ном.с}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ В},$$

где  $U_{\text{ном.с}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК:

$$59-1(T) = 3 \div 5 \text{ мин.}$$

**Принимаем:**

Уставка ступени **59-1** по напряжению срабатывания

**Напряжение срабатывания реле макс. Напряжения ЗПН = 110 В.**

Уставка ступени **59-1** по времени действия **Задержка на срабатывание I ст ЗПН = 10 с.**

Уставка ступени **59-2** по времени действия **Задержка на срабатывание II ст ЗПН = 180 с.**

## Д5 Пример расчёта РЗА БСК 110 кВ для «АВВ»

### Д5.1 ANSI 87С. Продольная дифференциальная токовая защита БСК, использующая характеристики стабилизации (торможения)

Применяемое устройство: **RET670**.

#### Общие примечания

1 Уставки по напряжению задаются в долях от базового напряжения объекта. Базовое напряжение задаётся как номинальное линейное напряжение защищаемого объекта в первичных киловольтах:  
**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) RatedVoltageW1 = 110 кВ.**

2 Уставки по току задаются в долях от базового тока объекта. Базовый ток задаётся как номинальный фазный ток защищаемого объекта в первичных амперах (первичный номинальный ток ТТ БСК):  
**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) RatedCurrentW1 = 137 А.**

Уставка по минимальному току срабатывания основной (чувствительной) функции дифзащиты, согласно п. **Б1.2.4** определяется по выражению:

$$87C (I - DIFF >) = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{NObj} = 0,2 \cdot 136,5 = 27,3 \text{ А,}$$

где  $I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта (БСК).

Вычислим вторичный ток ТТ в номинальном режиме БСК:

$$I_{НОМ.ВТ} = \frac{I_{NObj}}{K_{ТТ}} = \frac{136,5}{200/1} = 0,683 \text{ А,}$$

где  $I_{НОМ.ВТ}$  – вторичный ток ТТ в номинальном режиме УШР;

$I_{NObj}$  – номинальный ток защищаемого объекта (БСК);

$K_{ТТ} = 200/1$  – коэффициент трансформации ТТ.

$I_{НОМ.ВТ} \geq 0,1$  А (диапазон цифрового масштабирования не более десятикратного).

Уставка **I-DIFF**> должна приниматься в диапазоне  $(0,25 \div 0,3) \cdot I_{NObj}$ .

**Принимаем: T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1)**

**IdMin = 0,25 IB.**

Согласно п. **Б1.3.6.2** коэффициент торможения  $K_{ТОРМ(1)}$  дифзащиты БСК (определение первого наклона характеристики срабатывания/торможения) принимается равным:

$$87C(SlopeSection2) = \frac{3 \cdot 0,25}{1,85} = 0,4.$$

**Принимаем:**

**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) SlopeSection2 = 40%.**

Значение тока начала торможения (конец участка 1 по горизонтали в о.е. номинального тока защищаемого объекта) определяется по выражению:

$$EndSection1 = \frac{I_{СЗ.МИН.ОТН}}{K_{ТОРМ}} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625.$$

**Принимаем:**

**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) EndSection1 = 0,63 IB.**

Согласно п. **Б1.4.4** коэффициент торможения  $K_{ТОРМ(2)}$  дифзащиты БСК принимается равным  $K_{ТОРМ(1)}$  **первого наклонного участка** характеристики торможения, (SlopeSection2 = SlopeSection3 = 0,4 (40%)):

$$87C(SlopeSection2) = 87C(SlopeSection3) = 0,4.$$

**Принимаем:**

**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) SlopeSection3 = 40%.**

Значение тока конца участка торможения может быть принята максимальной уставкой:

$$EndSection2 = 10.$$

**Принимаем:**

**T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) EndSection2 = 10.**

Выбор уставок по току срабатывания ступени **I-DIFF>>** (дифференциальной отсечки) осуществляется по формуле:

$$87C (I - DIFF >>) \geq I_{\text{МАКС.ВН}} = I_{\text{ВКЛ.БСК}} = 1550 \text{ А},$$

где  $I_{\text{ВКЛ.БСК}}$  – действующее значение максимального сквозного тока (ток включения) БСК – определяется в соответствии с выражением (Б1.15) (с учетом примечания к п. **Б1.3.2**):

$$I_{\text{ВКЛ.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} \cdot \left( K_U + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{Н.БСК}}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 136,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{2795}{26,016}} \right) = 1,41 \cdot 1551 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК;

$W_{\text{КЗ}} = 2795 \text{ МВА}$  – мощность КЗ на шинах, в месте установки БСК;

$Q_{\text{Н.БСК}} = 26,016 \text{ МВАр}$  – номинальная мощность БСК;

$K_U = 1$  – коэффициент загрузки конденсаторов по напряжению.

**Принимаем: T2WPDIF\_87T (T2D1)/T3WPDIF\_87T (T3D1) IdUnre = 11.**

Проверка чувствительности дифзащиты БСК, согласно п. **Б1.9 МУ**:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{Д.МИН}}}{I_{\text{Т}} \cdot K_{\text{ТОРМ}}} = \frac{136,5}{136,5 \cdot 0,4} = 2,5 \geq 2.$$

где  $I_{\text{Д.МИН}} = I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – минимальное расчетное значение периодической составляющей дифференциального тока при КЗ в защищаемой зоне на стороне нейтрали БСК;

$I_{\text{Т}} = 136,5 \text{ А}$  – расчетное значение тока торможения при повреждении в защищаемой зоне;

$K_{\text{ТОРМ}} = 0,4$  – коэффициент торможения.



## **Д5.2 ANSI 87N. Ограниченная (дифференциальная) токовая защита нулевой последовательности (от КЗ на землю) БСК**

Уставка по току срабатывания ОЗ, согласно рекомендаций изготовителя выбирается:

$$87N (I - REF >) = 0,15 \cdot I_{NS} = 0,15 \cdot 136,5 = 20,48 \text{ А}$$

где  $I_{NS}$  – номинальный ток данной стороны защищаемого объекта (в данном случае – номинальный ток БСК).

**Принимаем: REFPDIF\_87N (REF1-) IdMin = 15 %IB.**

Коэффициент чувствительности ограниченной ДЗ БСК определяется по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.МИН}}} = \frac{81}{34,13} = 2,37 \geq 2.$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}} = 81 \text{ А}$  – минимальное значение периодической составляющей тока нейтрали БСК при КЗ на землю в защищаемой зоне (на высоковольтных вводах БСК).

$I_{\text{СЗ.МИН}}$  – минимальный ток срабатывания защиты, определяемый по (Б4.1) в первичных величинах.

## **Д5.3 ANSI 50. Отдельная максимальная токовая защита БСК, имеющей две параллельные ветви в каждой фазе и ТТ в средних точках обоих плеч фазы батареи (небалансная дифференциальная токовая защита БСК)**

Применяемое устройство АБВ: REF615.

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на отключение БСК, согласно п. Б5.2 МУ:

$$50 - 2 (I >>) \leq \frac{I_{\text{НБ.РАСЧ}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{0,8 \cdot 1,1}{40/5} = 0,11 \text{ А,}$$

где  $K_{\text{ч}} = 1,25$  – коэффициент чувствительности;

$I_{\text{НБ.РАСЧ}}$  – ток небаланса, протекающих в проводнике, соединяющем средние точки двух полуветвей фазы, рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{НОМ.Б}}}{4 \cdot [N \cdot \{M \cdot (n - 1) + 1\}] - 3} = 1,1 \text{ А},$$

где  $M = 2$  – количество конденсаторов в одном ряду блока БСК;

$N = 3$  – количество последовательных рядов конденсаторов блока БСК;

$n = 6$  – количество последовательных рядов конденсаторных элементов единичного конденсатора;

$I_{\text{НОМ.Б}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный первичный ток конденсаторной батареи.

**Принимаем: РННРТОС Start value = 0,11 In.**

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем: РННРТОС Operate delay time = 1000 ms.**

Ток и время срабатывания ступени защиты действующей на сигнал, согласно п. Б5.3 МУ:

$$50 - 2 (I >) = 0,6 \cdot (I >>) = 0,6 \cdot 0,11 = 0,066 \text{ А},$$

где  $(I >>) = 0,07 \text{ А}$  – уставка по току срабатывания ступени небалансной защиты, действующей на отключение БСК.

Выдержка времени ступени с действием на сигнал (без отключения БСК):

$$50 - 1 (T) = 10 \text{ с.}$$

Принимаем:  $PHLPTOC \text{ Start value} = 0,07 \text{ In}$ .

$PHLPTOC \text{ Operate delay time} = 10000 \text{ ms}$ .

#### Д5.4 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне высоковольтных вводов БСК

Ток срабатывания ТЗНП на стороне высоковольтных вводов выбирается согласно п. Б6.1.1 МУ:

$$50N - 1(I >) = 2 \cdot I_{\text{НОМ,БСК}} = 2 \cdot 136,5 / 200 = 273 / 200 = 1,365 \text{ А}$$

где  $I_{\text{НОМ,БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50N - 1(T) = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

Принимаем:

Принимаем:уставки  $EFLPTOC \text{ Start value} = 1,4 \text{ In}$ ,  $EFLPTOC$

$Operate delay time = 300 \text{ ms}$ .

Проверка чувствительности ТЗНП ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{ОЗ}}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{7000}{280} = 25 \geq 1,5,$$

где  $3I_{\text{ОЗ}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{СЗ}} = 280 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания дополнительной токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального тока включения БСК выбирается согласно Б6.2.1:

$$50N - 2(I >>) = (1,3 \div 1,5) \cdot I_{\text{ВКЛ,БСК}} = 1,3 \cdot 1550 / 200 = 10,1(\text{А})$$

Проверка чувствительности ТО НП на стороне ВН БСК согласно Б6.2.2

Коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) ТО НП на стороне ВН БСК определяется при металлических КЗ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{O.3}}}{I_{\text{сз}}} = 7000 / 2010 = 3,48 \geq 1,2$$

где  $3I_{\text{O.3}} = 7 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) утроенный ток нулевой последовательности при КЗ на землю одной фазы на ошиновке ВН БСК;  
 $I_{\text{сз}} = 2010 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

**Принимаем:** уставки **EFHPTOC Start value = 10,1 In**, **EFHPTOC Operate delay time = 100 ms.**

#### **Д5.5 ANSI 50N. Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная) на стороне нейтрали БСК**

Ток срабатывания ТЗНП НЕЙТРАЛИ выбирается согласно п. **Б7.1.1 МУ**:

$$50 N - 1 (I >) = 0,65 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 0,65 \cdot 136,5 / 200 = 0,44 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50 N - 1 (T) = T_{\text{с.з.лр}} + T_{\text{зап}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с},$$

где  $T_{\text{с.з.лр}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени тех ступеней ТЗНП смежных присоединений в сети ВН БСК, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной функции ТЗНП БСК;  
 $T_{\text{зап}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с}$  – время запаса (ступень селективности).

**Принимаем:** уставки **EFLPTOC Start value = 0,44 In**,  
**EFLPTOC Operate delay time = 1800 ms.**

**Д5.6 ANSI 50 (49). Максимальная токовая защита (ненаправленная)  
на стороне высоковольтных вводов БСК**

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается согласно п. Б8.2 МУ:

$$50 - 3 (I \gg \gg) = I_{C3} \geq K_{отс} \cdot I_{вкл.БСК} = 1,5 \cdot I_{вкл.БСК} = 1,5 \cdot 1550/200 = 11,6 \text{ о.е.},$$

где  $K_{i0N} = 1,5$  – коэффициент отстройки;

$I_{вкл.БСК} = 1550 \text{ А}$  – ток включения БСК, рассчитанный в соответствии с п.

**Б1.3.2 МУ в п. Д1.**

**Принимаем: РНТОС Start value = 12 In .**

Проверка чувствительности токовой отсечки БСК:

$$K_{ч} = \frac{I_{кз.мин}}{I_{C3}} = \frac{5480}{2400} = 2,3 \geq 1,2,$$

где  $I_{кз.мин} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на выводах БСК;

$I_{C3} = 2400 \text{ А}$  – ток (первичный) срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ 50-2 (I>>) выбирается согласно п. Б8.4:

$$50 - 2 (I \gg) = 1,8 \cdot I_{ном.БСК} = 1,8 \cdot 136,5/200 = 1,23 \text{ А},$$

где  $I_{ном.БСК} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ:

$$50 - 2 (T) = 1,0 \div 1,5 \text{ с.}$$

**Принимаем: уставки РННРТОС Start value = 1,23 In ,**

**РННРТОС Operate delay time = 1000 ms.**

Проверка чувствительности МТЗ ВН БСК:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{5480}{260} = 21,1 \geq 2,$$

где  $I_{\text{КЗ.МИН}} = 5,48 \text{ кА}$  – минимальный (по режиму) ток двухфазного короткого замыкания на ошиновке ВН БСК;

$I_{\text{СЗ}} = 260 \text{ А}$  – ток срабатывания защиты.

Ток срабатывания ступени МТЗ **50-1 (I>)**, согласно п. **Б8.6 МУ** определяется по выражению:

$$50-1(I >) = 1,3 \cdot I_{\text{НОМ.БСК}} = 1,3 \cdot 136,5/200 = 0,89 \text{ А},$$

где  $I_{\text{НОМ.БСК}} = 136,5 \text{ А}$  – номинальный ток БСК.

Выдержка времени на отключение и пуск УРОВ БСК:

$$50-1(T) = 1,5 \div 2,0 \text{ с.}$$

Принимаем: уставки **RHLPTOC Start value = 0,9In**, **RHLPTOC**

**Operate delay time = 1500 ms.**

#### **Д5.7 ANSI 50BF. УРОВ выключателя БСК**

Применяемое устройство **ABB: REF615.**

Пороговое значение срабатывания тока **50BF (I>BF)**, согласно п. **Б10.1 МУ:**

$$50BF(I > BF) = 0,9 \cdot I_{\text{РЗ.МИН}} = 24,6/200 = 0,12 \text{ А},$$

где  $I_{\text{РЗ.МИН}} = 27,3 \text{ А}$  – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при КЗ в зоне чувствительности защит БСК, действующих на отключение БСК с пуском УРОВ.

Первая (минимальная) выдержка времени на повторное отключение выключателя может составлять:

$$50BF(T1) \geq 0,1 \div 0,15.$$

**Принимаем:** уставки **CCBRBRF Current value** = 0,12 In ,  
**CCBRBRF Retrip time** =100 ms .

Соответственно, вторая или единственная выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений принимается (по опыту эксплуатации, с учетом ступени селективности):

$$50BF(T2) \geq 0,25 \div 0,3 \text{ с.}$$

**Принимаем:** **CCBRBRF CB failure delay** = 250 ms .

### **Д5.8 ANSI 27. Защита минимального напряжения шин ЗМН**

Применяемое устройство **ABB: REF615**.

Пороговая величина срабатывания ступени **27-1** определяется согласно п. **Б11.2 МУ**:

$$27-1(U) \leq (0,8 \div 0,9) \cdot U_{\text{НОМ.С}} = 80 \text{ В,}$$

где  $U_{\text{НОМ.С}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени на отключение БСК определяется по выражению:

$$27-1(T) = T_{\text{СР.СМ.ПР}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с,}$$

где  $T_{\text{СР.СМ.ПР}} = 1,5 \text{ с}$  – максимальная выдержка времени резервных защит смежных присоединений в сети ВН, в зоне действия которых не обеспечивается отстройка (не действие) указанной ступени ЗМН БСК;

$$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,4 \text{ с.}$$

**Принимаем:** уставки **PHPTUV1 Start value** = 0,8 Un, **PHPTUV1 Operate delay time** = 1800 ms.

### **Д5.9 ANSI 59. Защита от повышения напряжения шин (автоматика ограничения повышения напряжения) ЗПН/АОПН**

Применяемое устройство **ABB: REF615**.

Пороговая величина срабатывания ступени **59-1** определяется согласно п. Б12.2 МУ:

$$59-1(U) \geq 1,1 \cdot U_{\text{ном.с}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ В},$$

где  $U_{\text{ном.с}} = 100 \text{ В}$  – номинальное напряжение сети ВН БСК.

Выдержка времени действия ЗПН:

– на предупредительную сигнализацию:

$$59-1(T1) = 10 \text{ с.}$$

– на отключение БСК:

$$59-1(T2) = 3 \text{ мин.}$$

**Принимаем:** уставка **RHPTOV1 Start value** = 1,1 Un,

**RHPTOV1 Operate delay time** = 1000 ms.

Уставка ступени **59-1(T2)** по времени действия выполняется с помощью таймера свободной логики устройства  $T=18000 \text{ ms}$ .



## Библиография

1. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) – 7 издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 № 6.
3. Э.М. Шнеерсон. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007.
4. Г. Циглер. Цифровые устройства дифференциальной защиты. Принципы и область применения. М.: Энергоатомиздат, 2008.
5. Е.Л. Королев, Э.М. Либерзон. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. М.: Энергия. 1980.
6. В.Г. Гловацкий, Пономарев В.И. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей. Энергомашвин. 2004.
7. Дифференциальная защита 7UT6x V4.6. Руководство (Differential Protection 7UT6x V4.6. Manual. C53000-G1176-C230-1. Document Version 04.00.03. Siemens AG, release date 01.2009. English version).
8. Дифференциальная защита 7UT612 V4.0. Руководство по эксплуатации (C53000-G1156-C148-1. Версия документа 4.00.04. Siemens AG, 2008. Русская версия).
9. Дифференциальная защита 7UT613/63x V4.6. Руководство по эксплуатации (C53000-G1156-C160-2. Редакция: 4.01.03. Siemens AG, 2008. Русская версия).
10. Многофункциональное устройство защиты с возможностью управления присоединением 7SJ61 V4.6. Руководство по эксплуатации (C53000-G1140-C118-8. Редакция 4.60.03, Siemens AG, 2004. Русская версия).
11. Устройство защиты и управления присоединением 7SJ61 V4.6. Руководство (Multi-functional Protective Relay with Bay Controller

- 7SJ61 V4.8. Manual. C53000-G1140C210-3. Document version V04.20.01. Siemens AG, 09.2009. United States version).
12. Многофункциональное устройство защиты и местного управления 7SJ62\_64 V4.7. Руководство по эксплуатации (C53000-G1140-C147-6. Редакция 4.60.03, Siemens AG, 2004).
  13. Децентрализованная защита шин / УРОВ 7SS522 V4.6, 7SS523 V3.2, 7SS525 V3.2. Руководство по эксплуатации (C53000-G1156-C182-1. Русская версия).
  14. Терминал управления присоединения высокого и сверхвысокого напряжения 6MD6xx V4.6. Руководство по эксплуатации (Версия: 19.06.2005. C53000-G1856-C102-A2).
  15. Устройства дифференциальной защиты трансформаторов P631, P632, P633, P634 (Русская версия).
  16. MiCOM P141, P142, P143. Техническое справочное руководство. Указания по применению P14x/EN AP/A33. Русская версия.
  17. MiCOM P141, P142, P143. Техническое справочное руководство. Технические данные P14x/RU TD/A33. Русская версия.
  18. MiCOM P141, P142, P143. Техническое справочное руководство. Функционирование. P14x/EN OP/B74. Русская версия.
  19. MiCOM P141, P142, P143. Техническое справочное руководство. Параметры. P14x/EN ST/B84. Русская версия.
  20. MiCOM P141, P142, P143. Техническое справочное руководство. Положение по применению функций устройства защиты. P14x/EN AP/Cb4. Русская версия.
  21. Рекомендации по расчету и выбору параметров срабатывания дифференциальной токовой защиты трансформатора (автотрансформатора), ошиновки ВН, СН, НН с применением микропроцессорного устройства MiCOM P63x.

22. Устройство защиты трансформатора Т60. Руководство по эксплуатации. Т60 версия: 6.0х. Руководство № 1601-0090-X1 (ГЕК-113591), 2012, GE Multilin.
23. Устройство защиты трансформатора Т35. Руководство по эксплуатации. Т35 версия: 6.0х. Руководство № 1601-0114-X1 (ГЕК-113602), 2012, GE Multilin.
24. Устройство защиты присоединения F60 (Feeder Management Relay. UR Series Instruction Manual. F60 Revision: 5.6х. Manual P/N: 1601-0093-T1 (ГЕК-113484), 2008, GE Multilin).
25. Устройство защиты присоединения F60. Руководство пользователя. F60 версия: 6.0х. Руководство №: 1601-0093-X1 (ГЕК-113592), 2012, GE Multilin.
26. Устройство защиты и управления присоединениями F35 (Feeder Management Relay. UR Series Instruction Manual. F35 Revision: 5.6х. Manual P/N: 1601-0093-T1 (ГЕК-113484), 2008, GE Multilin.
27. Устройство защиты и управления несколькими присоединениями F35. Руководство пользователя. F35 версия: 6.0х. Руководство №: 1601-0106-X1 (ГЕК-113587), 2012 GE Multilin.
28. Шкаф защиты трансформатора типа ШЭ2607 041 (ШЭ2607 041041). Руководство по эксплуатации. ЭКРА. 656453.031 РЭ Редакция от 18.02.2009.
29. Шкафы защиты трансформатора типов ШЭ2607 045045 (ШЭ2607 045). Руководство по эксплуатации. ЭКРА. 656453.169 РЭ. Том 1 Редакция от 11.12.2008.
30. Шкафы защиты ошиновки типов ШЭ2607 051051 (ШЭ2607 051). Руководство по эксплуатации. ЭКРА. 656453.027. РЭ. Том 1 Редакция от 11.06.2009.

31. Шкаф защиты управляемого шунтирующего реактора напряжением 35 - 220 кВ типа ШЭ2607 049249. Руководство по эксплуатации. ЭКРА. 656453.164. РЭ. Том 1 Редакция от 08.06.2009.
32. Шкаф защиты автоматики конденсаторной батареи и управления выключателем типа ШЭ2607 017217. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.135 РЭ. Редакция от 10.06.2008.
33. Шкафы управления защиты и автоматики выключателя напряжением 110-220 кВ типов ШЭ2607 019019, ШЭ2607 019. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.121 РЭ. Редакция от 19.10.2009.
34. Защита и управление сетей электропередачи. Руководство по выбору устройств серии RE\_670.
35. Техническое справочное руководство. Интеллектуальное электронное устройство защиты трансформатора RET 670. Идентификационный номер 1MRK 504 086-UEN, версия 1.1, редакция А. ООО «ABB», август 2008.
36. Дмитренко А.М., Арсентьев А.П., Калачев Ю.Н. Рекомендации по применению и выбору уставок функции дифференциальной защиты трансформаторов устройства RET 670. Методическое пособие, АББЧ.650031.002. ООО «ABB», ОАО «ВНИИР». Редакция от 26.11.2009.
37. REF 615. Стандартные конфигурации. Идентификационный номер 1MRS758915. ABB, Distribution Automation, Редакция В.
38. Устройство защиты, управления и автоматики присоединения. Техническое руководство (Relion Protection and Control 615 series Technical Manual. Document ID 1MRS756887, product version 3.0, revision В. ABB, 29.06.2010).
39. Устройство защиты, управления и автоматики присоединения REF615. Руководство по эксплуатации (Relion 615 series. Feeder Protection and

Control REF615. Application Manual. Document ID 1MRS756378, product version 3.0, revision G. ABB, 29.06.2010).