



НЕГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ШИН 110-220 КВ,

реализованной на базе терминалов

«БРЭСЛЕР-0107.810», «БРЭСЛЕР-0107.811»,

«БРЭСЛЕР-0107.812», «БРЭСЛЕР-0107.813»,

«БРЭСЛЕР-0107.820», «БРЭСЛЕР-0107.821»,

«БРЭСЛЕР-0107.822»

УДК 621.316.925

ББК 31.27-05

Печатается по решению Ученого совета НОУ ДПО «ИПК РЗА»

Научный редактор А.В. Булычев, д-р техн. наук, профессор

Рекомендации по выбору параметров срабатывания дифференциальной защиты шин 110-220 кВ, реализованной на базе терминалов «БРЕСЛЕР-0107.810», «БРЕСЛЕР-0107.811», «БРЕСЛЕР-0107.812», «БРЕСЛЕР-0107.813», «БРЕСЛЕР-0107.820», «БРЕСЛЕР-0107.821», «БРЕСЛЕР-0107.822» / Васильев Д.С., Тарасова В.Н. – Чебоксары: ИПК РЗА, 2015. – 48 с.

Изложены рекомендации по выбору параметров срабатывания дифференциальной защиты шин 110-220 кВ серий «Бреслер-0107.81х» и «Бреслер-0107.82х», реализованной в устройствах ООО «НПП Бреслер». Кратко рассмотрены основные алгоритмы защиты, а также приведен пример расчета параметров срабатывания ДЗШ.

Рекомендации предназначены для специалистов, работающих в области релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.

УДК 621.316.925

ББК 31.27-05

© ИПК РЗА, 2015

Оглавление

1. Общие сведения	4
2. Выбор параметров срабатывания дифференциальной защиты шин с торможением	5
2.1. Начальный дифференциальный ток	8
2.2. Ток начала торможения	9
2.3. Коэффициент торможения.....	10
2.4. Проверка чувствительности ДЗШ	11
2.5. Параметры срабатывания логики выявления внутренних коротких замыканий....	12
2.6. Выбор параметров срабатывания чувствительного токового органа	13
3. Выбор параметров срабатывания логики контроля исправности токовых цепей	14
4. Выбор параметров срабатывания логики запрета АПВ	15
5. Выбор параметров срабатывания таймеров логики ДЗШ и запрета АПВ.....	17
6. Выбор параметров срабатывания УРОВ	18
7. Выбор параметров срабатывания логики опробования	19
8. Выбор параметров срабатывания логики выявления неисправности цепей напряжения ...	20
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Пример расчета защиты шин «Бреслер - 0107.81х», «Бреслер - 0107.82х»	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень измерительных органов и таймеров защиты шин «Бреслер - 0107.81х», «Бреслер - 0107.82х»	41
Список литературы	47

В данном пособии приведены указания по выбору параметров срабатывания дифференциальной защиты шин 110-220 кВ, реализованной на базе терминалов «Бреслер-0107.810» (терминал ДЗШ до 12 присоединений с автоматической перефиксацией и возможностью ввода дополнительного присоединения), «Бреслер-0107.811» (терминал ДЗШ до 16 присоединений с автоматической перефиксацией), «Бреслер-0107.812» (терминал ДЗШ до 24 присоединений с автоматической перефиксацией), «Бреслер-0107.813» (терминал ДЗШ до 8 присоединений с автоматической перефиксацией), «Бреслер-0107.820» (терминал ДЗШ до 5 присоединений с жесткой фиксацией элементов), «Бреслер-0107.821» (терминал ДЗШ до 8 присоединений с жесткой фиксацией элементов), «Бреслер-0107.822» (терминал ДЗШ до 12 присоединений с жесткой фиксацией элементов и возможностью ввода дополнительного присоединения).

Данное пособие носит рекомендательный характер и предназначено для эксплуатационных организаций, а также может использоваться проектными организациями.

Более полная информация об устройствах дифференциальной защиты шин содержится в Руководствах по эксплуатации терминалов (БРСН.656132.810, БРСН.656122.811, БРСН.656132.812, БРСН.656122.813, БРСН.656122.820, БРСН.656122.821, БРСН.656132.822) и шкафов (БРСН.656453.810, БРСН.656453.811, БРСН.656453.812, БРСН.656453.813, БРСН.656453.820, БРСН.656453.821, БРСН.656453.822).

1. Общие сведения

В устройствах серий «Бреслер-0107.81х» и «Бреслер-0107.82х» реализованы следующие функции:

- дифференциальная защита шин с торможением, состоящая из избирательных органов первой (ИО1) и второй (ИО2) системы шин и пускового органа (ПО);
- чувствительный токовый орган (ЧТО);
- логика «очувствления» ДЗШ;
- логика контроля исправности токовых цепей;
- логика УРОВ всех присоединений;

- логика запрета АПВ (включая логику запрета АПВ при неполнофазном отказе выключателя одного из питающих присоединений);
- логика ручного опробования всех присоединений.

Устройства «Бреслер-0107.81х» могут применяться для защиты различных схем выполнения сборных шин: одиночная система шин, одиночная система шин с обходным выключателем (ОВ), одиночная секционированная система шин, одиночная секционированная система шин с ОВ, двойная система шин с шиносоединительным выключателем (ШСВ), двойная система шин с ШСВ и ОВ, двойная секционированная система шин с ШСВ, двойная секционированная система шин с ШСВ и ОВ и т.д. с автоматической перефиксацией присоединений.

Устройства «Бреслер-0107.82х» предназначены для защиты сборных шин с жесткой фиксацией присоединений. В устройствах этой серии реализована возможность перефиксации нескольких присоединений: четырех – в устройствах «Бреслер-0107.820», «Бреслер-0107.821» и шести – в устройстве «Бреслер-0107.822».

Дифференциальная защита шин «Бреслер-0117.812» и «Бреслер-0117.811» реализована на базе трех терминалов, «Бреслер-0117.810», «Бреслер-0117.813», «Бреслер-0117.820», «Бреслер-0117.821», «Бреслер-0117.822» – на базе одного терминала.

2. Выбор параметров срабатывания дифференциальной защиты шин с торможением

Дифференциальная защита шин выполнена на основе пускового органа, избирательного органа 1 (соответствует 1 с.ш.) и избирательного органа 2 (соответствует 2 с.ш.). На этапе настройки защиты задается тип конфигурации каждого присоединения (согласно 2.5.1 Руководств (БРСН.656132.810, БРСН.656122.811, БРСН.656132.812, БРСН.656122.813, БРСН.656122.820, БРСН.656122.821, БРСН.656132.822), таким образом, определяются присоединения, входящие в дифференциальные зоны ИО1 и ИО2. В дифференциальную зону ПО входят все присоединения, кроме тех, которые были сконфигурированы как ШСВ. На рисунке 2.1 показан пример задания конфигурации присоединений в логике комплекта ДЗШ для двух рабочих секционированных выключателями систем шин с жесткой фиксацией присоединений.

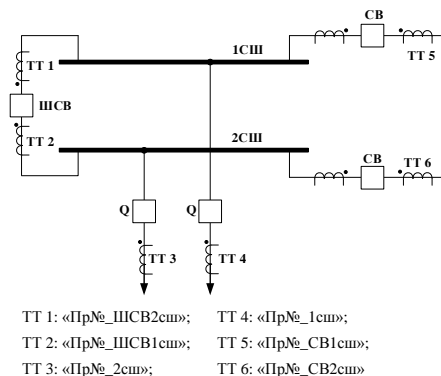


Рис. 2.1 – Пример задания конфигурации присоединений

Защита непрерывно выполняет считывание токов присоединений, а также расчет дифференциальных и тормозных токов для избирательных и пускового органов. В устройствах серий «Бреслер-0107.81х», «Бреслер-0107.82х» реализовано цифровое выравнивание токов плеч, т.е. защита позволяет выполнять подключение к вторичным цепям ТТ с различными коэффициентами трансформации без использования промежуточных трансформаторов.

Мгновенный дифференциальный ток ИО1 (ИО2) вычисляется как модуль суммы мгновенных приведенных значений токов присоединений, зафиксированных за 1 с.ш. (2 с.ш.) с учетом знака:

$$i_{\text{диф ИО}} = \left| \sum_{k=1}^n i_k \right|,$$

где n – общее количество присоединений, входящих в дифференциальную зону ИО1 (ИО2).

Знак, с которым включается присоединение при расчете дифференциального тока, определяется его конфигурацией (см. 2.5.1 РЭ (БРСН.656132.810, БРСН.656122.811, БРСН.656132.812, БРСН.656122.813, БРСН.656122.820, БРСН.656122.821, БРСН.656132.822)).

В рассматриваемом примере (рисунок 2.1) дифференциальные токи ИО1 и ИО2 равны

$$i_{\text{диф ИО1}} = |i_{\text{ТТ2}} + i_{\text{ТТ4}} + i_{\text{ТТ5}}|,$$

$$i_{\text{диф ИО2}} = |i_{\text{ТТ1}} + i_{\text{ТТ3}} + i_{\text{ТТ6}}|.$$

Мгновенный дифференциальный ток ПО вычисляется как модуль суммы мгновенных приведенных значений токов присоединений, зафиксированных за 1 с.ш. и 2 с.ш. с учетом знака. Присоединения, сконфигурированные как ШСВ, исключаются из расчета дифференциального тока ПО. В рассматриваемом примере мгновенный дифференциальный ток пускового органа равен

$$i_{\text{диф ПО}} = |i_{\text{ТТ3}} + i_{\text{ТТ4}} + i_{\text{ТТ5}} + i_{\text{ТТ6}}|.$$

Действие защиты на отключение системы шин происходит при срабатывании соответствующего избирательного органа, а также пускового органа. На рисунке 2.2 показано направление токов в присоединениях при внешнем (K1) и внутреннем (K2) коротком замыкании.

При K1 дифференциальный ток ПО равен

$$i_{\text{диф ПО}} = |-i_{\text{ТТ3}} + i_{\text{ТТ4}} + i_{\text{ТТ5}} + i_{\text{ТТ6}}| = 0.$$

При K2 (K3 на шинах) дифференциальный ток ПО равен

$$i_{\text{диф ПО}} = |i_{\text{ТТ3}} + i_{\text{ТТ4}} + i_{\text{ТТ5}} + i_{\text{ТТ6}}|.$$

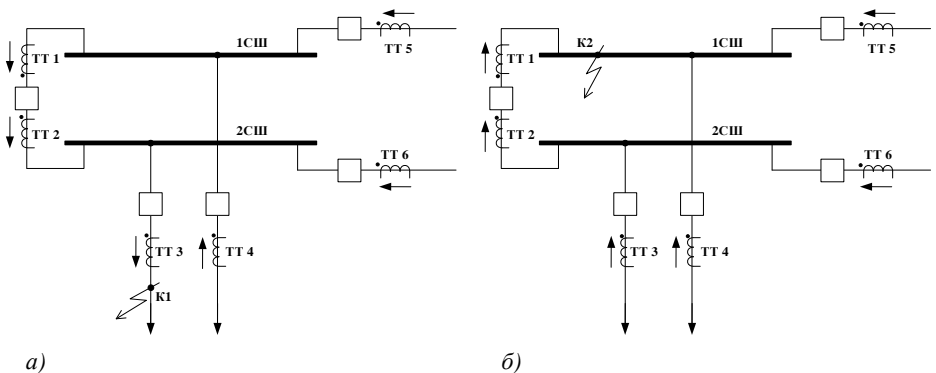


Рис. 2.2 – Направление токов в ТТ присоединений

а) при внешнем коротком замыкании (K1);

б) при внутреннем коротком замыкании (K2)

Мгновенный тормозной ток ИО1 (ИО2, ПО) равен полусумме модулей мгновенных приведенных токов присоединений, участвующих в расчете дифференциального тока ИО1 (ИО2, ПО):

$$i_{\text{торм}} = 0,5 \cdot \sum_{k=1}^n |i_k|,$$

где n – общее количество присоединений, входящих в дифференциальную зону ИО1 (ИО2, ПО).

При К1 (внешнем коротком замыкании) тормозной ток ПО равен

$$i_{\text{тормПО}} = 0,5 \cdot (|i_{\text{ТТ3}}| + |i_{\text{ТТ4}}| + |i_{\text{ТТ5}}| + |i_{\text{ТТ6}}|) = 0,5 \cdot (i_{\text{ТТ3}} + |i_{\text{ТТ4}}| + |i_{\text{ТТ5}}| + |i_{\text{ТТ6}}|).$$

При К2 (внутреннем КЗ) тормозной ток ПО равен

$$i_{\text{тормПО}} = 0,5 \cdot (i_{\text{ТТ3}} + |i_{\text{ТТ4}}| + |i_{\text{ТТ5}}| + |i_{\text{ТТ6}}|).$$

Тормозная характеристика ДЗШ имеет вид, приведенный на рисунке 2.3.

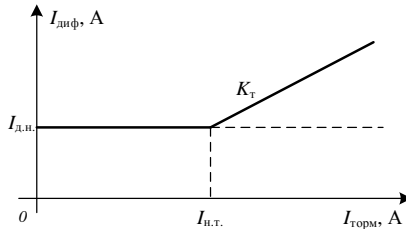


Рис. 2.3 – Тормозная характеристика ДЗШ

По оси абсцисс отложен тормозной ток, а по оси ординат – дифференциальный. Угол наклона характеристики на первом участке равен нулю, уровень срабатывания задается величиной начального дифференциального тока $I_{\text{д.н.}}$. Второй участок имеет наклон, определяемый коэффициентом торможения K_t . Величина тормозного тока $I_{\text{н.т.}}$ задает начало торможения.

Измерительные органы с торможением избирательного органа 1, 2 и пускового органа задаются независимо.

2.1. Начальный дифференциальный ток

Величина срабатывания измерительного органа по начальному дифференциальному току $I_{\text{д.н.}}$ должна выбираться исходя из токов небаланса, возникающих при возможном обрыве цепей тока [1, глава 2.А]:

$$I_{\text{д.н.ПО}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{макс нг ПО}},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$I_{\max \text{ нг ПО}}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО (ИО1, ИО2), А.

Величину $I_{д.н.}$ следует выбирать с учетом выравнивания токов плеч (прим. 1).

Примечание 1

Расчет параметров срабатывания защиты, приведенный в разделе 2 настоящих Рекомендаций, производится во вторичных величинах, приведенных к одному уровню (выравнивание токов плеч):

$$I_{\text{ср}} = I_{\text{втор}} \frac{K_{\text{ТТ прис}}}{K_{\text{ТТ баз}}},$$

где $I_{\text{ср}}$ – искомая величина тока (ток срабатывания измерительного органа), А;

$I_{\text{втор}}$ – вторичное значение тока присоединения, А;

$K_{\text{ТТ прис}}$ – коэффициент трансформации ТТ присоединения, о.е.;

$K_{\text{ТТ баз}}$ – коэффициент трансформации ТТ базового присоединения, о.е.

За базовое принимается присоединение с наибольшим коэффициентом трансформации ТТ.

Примечание 2

Параметры срабатывания ДЗШ для избирательного органа 1, избирательного органа 2 и пускового органа задаются независимо.

2.2. Ток начала торможения

Ток начала торможения задается в амперах и выбирается из диапазона $(1,00 \div 2,00) I_{\text{ном}}$. Выбранное значение начального тока торможения $I_{\text{н.т.}}$ необходимо проверить по условию требуемой чувствительности согласно 2.4.

2.3. Коэффициент торможения

Коэффициент торможения K_T на втором участке тормозной характеристики (рис. 2.3) определяется условием отстройки от тока небаланса в переходном режиме при внешнем коротком замыкании:

$$K_{т.ПО} \geq \frac{K_{отс} \cdot I_{неб.расч.ПО} - I_{д.н.ПО}}{I_{торм.расч.ПО} - I_{н.т.ПО}},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,5 о.е.;

$I_{неб.расч.ПО}$ – максимальный расчетный ток небаланса ПО (ИО1, ИО2) при расчетном внешнем КЗ, А;

$I_{д.н.ПО}$ – начальный дифференциальный ток срабатывания ПО (ИО1, ИО2), А;

$I_{торм.расч.ПО}$ – расчетный тормозной ток ПО (ИО1, ИО2) при расчетном внешнем КЗ, А;

$I_{н.т.ПО}$ – принятое значение тока начала торможения ПО (ИО1, ИО2), А.

При расчетах следует учитывать выравнивание токов плеч (прим. 1).

Значение максимального расчетного тока небаланса при внешнем КЗ можно найти по формуле:

$$I_{неб.расч.ПО} = (K_{пер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр}) \cdot I_{\max КЗ ПО},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, выбирается из диапазона (1,00÷2,00) о.е.;

$K_{одн}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е. при использовании разнотипных ТТ или 0,5 о.е. при использовании однотипных примерно одинаково нагруженных ТТ;

ε – относительное значение полной погрешности ТТ, принимается равным 0,10 о.е. при условии, если сопротивление нагрузки вторичной обмотки ТТ не превышает допустимой величины, которая определяется по кривым предельной кратности ТТ;

$\Delta f_{выр}$ – относительное значение токовой погрешности в измерительных цепях терминала, принимается равной 0,03 о.е.;

$I_{\max\text{КЗПО}}$ – максимальное значение тока ПО (ИО1, ИО2) при металлическом внешнем КЗ, А.

Значение тормозного тока при расчетном внешнем КЗ рекомендуется рассчитывать по следующей формуле:

$$I_{\text{торм.расч.ПО}} = (1 - 0,5(K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}})) \cdot I_{\max\text{КЗПО}},$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, выбирается из диапазона (1,00÷2,00) о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е. (0,5 о.е.);

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение токовой погрешности в измерительных цепях терминала, принимается равной 0,03 о.е.;

$I_{\max\text{КЗПО}}$ – максимальное значение тока ПО (ИО1, ИО2) при металлическом внешнем КЗ, А.

При расчетах следует учитывать выравнивание токов плеч (прим. 1).

2.4. Проверка чувствительности ДЗШ

Проверка чувствительности ДЗШ должна проводиться при расчетном виде КЗ на шинах.

Коэффициент чувствительности вычисляется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\min\text{КЗПО}}}{I_{\text{д.н.ПО}} + K_{\text{тПО}} (I_{\text{торм.расч.ПО}} - I_{\text{н.т.ПО}})},$$

где $I_{\min\text{КЗПО}}$ – минимальное значение фазного тока ПО (ИО1, ИО2) при внутреннем КЗ (на защищаемых шинах), А;

$I_{\text{д.н.ПО}}$ – начальный дифференциальный ток срабатывания ПО (ИО1, ИО2), А;

$K_{\text{тПО}}$ – коэффициент торможения, рассчитанный для ПО (ИО1, ИО2), см. 2.3;

$I_{\text{торм.расч.ПО*}}$ – расчетный тормозной ток ПО (ИО1, ИО2) при расчетном внутреннем КЗ, А;

$I_{\text{н.т.ПО}}$ – принятое значение тока начала торможения ПО (ИО1, ИО2), А.

При расчетах следует учитывать выравнивание токов плеч (прим. 1).

Значение тормозного тока при расчетном внутреннем КЗ рекомендуется находить по следующей формуле:

$$I_{\text{торм.расч.ПО*}} = 0,5 \cdot I_{\text{minКЗПО}} \cdot K_c,$$

где $I_{\text{minКЗПО}}$ – минимальное значение фазного тока ПО (ИО1, ИО2) при внутреннем КЗ;

K_c – коэффициент сонаправленности. Если токи присоединений при внутреннем коротком замыкании сонаправлены, то тормозной ток равен половине тока короткого замыкания. Однако в случае, если токи присоединений имеют некоторую разность фаз относительно друг друга, то значение тормозного тока становится больше половины тока КЗ. Коэффициент сонаправленности K_c учитывает расхождение токов, протекающих в ТТ присоединений, и выбирается из диапазона (1,00÷1,50) о.е.

Значение коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}}$ должно быть не менее 2 [3, 3.2.21]. Если рассчитанный коэффициент $K_{\text{ч}} < 2$, то следует увеличить значение начального тормозного тока (как показано в 2.2) и повторить расчет коэффициента чувствительности.

2.5. Параметры срабатывания логики выявления внутренних коротких замыканий

В защите заложено несколько критериев выявления внутреннего короткого замыкания: быстродействующий критерий, критерий выявления внутреннего КЗ по форме дифференциального тока и медленнодействующий критерий (более подробно в 2.5.7, 2.5.8 и 2.5.9 Руководств БРСН.656132.810, БРСН.656122.811, БРСН.656132.812, БРСН.656122.813, БРСН.656122.820, БРСН.656122.821, БРСН.656132.822).

Параметры срабатывания измерительных органов ДЗШ с торможением выбираются согласно 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4 настоящих Рекомендаций.

Величина срабатывания измерительного органа производной тормозного тока $dI_{\text{торм_ПО}}$ ($dI_{\text{торм_ИО1}}$, $dI_{\text{торм_ИО2}}$) выбирается в относительных единицах от номинального тока, и ее рекомендуемое значение составляет $1,5 I_{\text{ном}}$.

Таймер, определяющий время ввода блокировки быстродействующего и медленнодействующего критерия при выявлении внешнего замыкания Тблок_БО_ПО (Тблок_БО_ИО1, Тблок_БО_ИО2), выбирается из условия отстройки от времени насыщения измерительных трансформаторов тока. Рекомендуемое значение таймера составляет 150 мс.

Значение величины срабатывания измерительного органа, контролирующего отношение уровня второй гармоники дифференциального тока к первой, выбирается из диапазона (0,10÷0,30) о.е. Рекомендуемое значение параметра составляет 0,2 о.е.

2.6. Выбор параметров срабатывания чувствительного токового органа

Чувствительный токовый орган (ЧТО) выполнен в виде реле, включенного на дифференциальный ток пускового органа. ЧТО используется для повышения чувствительности защиты, когда чувствительности измерительных органов с торможением может быть недостаточно: в цикле АПВ, после каждого срабатывания измерительных органов с торможением, при ручном опробовании [2, глава 6].

Величина срабатывания ЧТО ($I_{\text{ЧТО_ПО}}$) выбирается из двух условий:

– отстройка от небаланса при самозапуске двигателей

$$I_{\text{ЧТО_ПО}} \geq K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot K_{\text{с/з}} \cdot I_{\text{макснГ ПО}},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$K_{\text{с/з}}$ – коэффициент самозапуска; $K_{\text{с/з}}$ вводится для учета увеличения тока в условиях самозапуска двигателей нагрузки, выбирается из диапазона (1,20÷2,50) о.е.

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, принимается равным 1 о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е. (0,5 о.е.);

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение погрешности выравнивания, принимается равным 0,03 о.е.;

$I_{\text{макс}}_{\text{ПО}}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО, А.

– обеспечение чувствительности при внутреннем КЗ с минимальным током

$$I_{\text{что_по}} \leq \frac{I_{\text{minКЗПО}}}{K_{\text{ч}}},$$

где $I_{\text{minКЗПО}}$ – минимальное значение тока внутреннего короткого замыкания, А;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, принимается равным 1,5 о.е. [3, 3.2.21];

При расчетах следует учитывать выравнивание токов плеч (прим. 1).

3. Выбор параметров срабатывания логики контроля исправности токовых цепей

Для выявления неисправностей в цепях тока ТТ (замыкания, обрывы) предусмотрены три измерительных органа, контролирующих действующие значения дифференциальных токов ИО1, ИО2 и ПО («Обрыв_ИО1», «Обрыв_ИО2», «Обрыв_ПО»).

Токи срабатывания органов контроля исправности токовых цепей выбираются по условию отстройки от небаланса в нагрузочном режиме:

$$I_{\text{обрыв_ПО}} \geq K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{макс}}_{\text{ПО}},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, выбирается из диапазона (1,00÷2,00) о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е.;

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

$\Delta f_{\text{выр}}^f$ – относительное значение погрешности выравнивания, принимается равным 0,03 о.е.;

$I_{\text{maxиг_ПО}}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО (ИО1, ИО2), А. При расчетах следует учитывать выравнивание токов плеч (прим. 1).

Выдержка времени на срабатывание контроля токовых цепей Тср_обр_ПО (Тср_обр_ИО1, Тср_обр_ИО2) выбирается по условию отстройки от режимов, связанных с протеканием токов небаланса:

$$T_{\text{ср_обр_ПО}} = t_{\text{неб}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{неб}}$ – максимально возможное время существования режима, сопровождающегося токами небаланса (внешнего КЗ или качаний); при выборе времени $t_{\text{неб}}$ необходимо учитывать также время протекания тока небаланса при возможном отказе выключателей;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

4. Выбор параметров срабатывания логики запрета АПВ

Сигнал запрета АПВ при неполнофазном отказе выключателя формируется в бестоковую паузу при наличии напряжения на отключенной шине. Этот факт фиксируется при срабатывании измерительного органа, контролирующего наличие напряжения обратной последовательности «U2_1сш» («U2_2сш»), или измерительного органа, контролирующего максимальное фазное напряжение «Uфмакс_1сш» («Uфмакс_2сш»).

Величину срабатывания измерительного органа по напряжению обратной последовательности следует отстраивать от напряжения небаланса и напряжения несимметрии по обратной последовательности:

$$U_{2_1\text{сш}} \geq K_{\text{зап}} \cdot K_{\text{н}} \cdot (U_{2\text{неб}} + U_{2\text{несим}}),$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, принимается равным 2,0 о.е.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, принимается равным 1,5 о.е.;

$U_{2\text{неб}}$ – напряжение небаланса обратной последовательности, выбирается из диапазона $(0,01 \div 0,02) U_{\text{ном ф}}$ (прим. 3), где $U_{\text{ном ф}}$ – номинальное фазное напряжение ТН;

$U_{2\text{несим}}$ – напряжение несимметрии обратной последовательности, принимается равным $0,035 U_{\text{ном ф}}$.

Срабатывание измерительного органа прямой последовательности фиксируется при превышении фазным напряжением величины, равной $0,3 U_{\text{ном ф}}$.

Примечание 3

Величины срабатывания измерительных органов по напряжению задаются в относительных единицах от номинального напряжения:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{втор}}}{U_{\text{ном т}}},$$

где $U_{\text{ср}}$ – искомая величина напряжения (напряжение срабатывания измерительного органа), о.е.;

$U_{\text{втор}}$ – величина напряжения во вторичных величинах, В;

$U_{\text{ном т}}$ – номинальное напряжение, задаваемое в файле настроек ДЗШ.

Величину номинального напряжения $U_{\text{ном т}}$ в файле настроек ДЗШ следует выбирать исходя из номинального напряжения вторичных цепей ТН. В частности, при выборе параметров входного аналогового сигнала, соответствующего фазному напряжению, $U_{\text{ном т}}$ задается равным $\frac{100}{\sqrt{3}}$ В; для сигнала, соответствующего междуфазному напряжению, $U_{\text{ном т}}$ составляет 100 В.

Примечание 4

Параметры срабатывания токовых измерительных органов, расчет которых приведен в разделах 6 и 7, задаются в относительных единицах от номинального тока:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{втор}}}{I_{\text{ном т}}},$$

где $I_{\text{ср}}$ – искомая величина тока (ток срабатывания измерительного органа), о.е.;

$I_{\text{втор}}$ – величина тока во вторичных величинах, А;

$I_{\text{ном Т}}$ – номинальный ток, задаваемый в файле настроек ДЗШ. Значение $I_{\text{ном Т}}$ выбирается равным по величине номинальному вторичному току ТТ присоединений, входящих в зону ДЗШ (1 А или 5 А).

5. Выбор параметров срабатывания таймеров логики ДЗШ и запрета АПВ

Для надежного отключения при срабатывании ДЗШ используется режим «очувствления»: запоминается срабатывание измерительных органов ДЗШ с торможением с помощью таймеров «Тфикс_ДЗШ_1сш» («Тфикс_ДЗШ_2сш»); при наличии факта срабатывания измерительных органов ДЗШ с торможением действие на отключение подхватывается от ЧТО. Время таймеров «Тфикс_ДЗШ_1сш» («Тфикс_ДЗШ_2сш») выбирается гарантированно больше, чем полное время операций отключения выключателя (с учетом времени срабатывания защиты), бестоковой паузы, включения выключателя:

$$T_{\text{фикс_ДЗШ}} = t_{\text{сраб_ДЗШ}} + t_{\text{откл}} + t_{\text{АПВ_медл}} + t_{\text{вкл}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{сраб_ДЗШ}}$ – время срабатывания выходных реле ДЗШ, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения выключателей, принимается равным наибольшему из времен отключения всех выключателей 1 с.ш. (2 с.ш.), мс;

$t_{\text{АПВ_медл}}$ – наибольшее время АПВ выключателей, мс;

$t_{\text{вкл}}$ – время включения выключателя, включаемого последним, мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

Таймер «Тср_наАПВ_1сш» («Тср_наАПВ_2сш») используется для обеспечения готовности логики выявления неуспешного АПВ и логики выявления неполнофазного отказа выключателя; таймер выбирается по условию обеспечения готовности логики в бестоковую паузу. Таким образом, время «Тср_наАПВ_1сш» («Тср_наАПВ_2сш») выбирается по следующим условиям:

$$\begin{cases} T_{\text{ср_наАПВ_1сш}} \geq t_{\text{сраб_ДЗШ}} + t_{\text{откл}} + t_{\text{зап}}; \\ T_{\text{ср_наАПВ_1сш}} < t_{\text{АПВ_перв}} \end{cases}$$

где $t_{\text{сраб_ДЗШ}}$ – время срабатывания выходных реле ДЗШ, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения выключателей, принимается равным наибольшему из времен отключения всех выключателей 1 с.ш. (2 с.ш.), мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, мс,

$t_{\text{АПВ перв}}$ – время АПВ выключателя, включаемого первым на 1 с.ш. (2 с.ш.), мс.

Если введена логика запрета АПВ при неполнофазном отказе выключателя, то при наличии напряжения на отключенной шине через ВВС «Тср_запрАПВU1сш» («Тср_запрАПВU2сш») формируется сигнал запрета АПВ. Выдержка времени «Тср_запрАПВU1сш» («Тср_запрАПВU2сш») выбирается из диапазона $(30 \pm (t_{\text{АПВ перв}} - t_{\text{зап}}))$ мс, где $t_{\text{АПВ перв}}$ – время АПВ выключателя 1 с.ш. (2 с.ш.), включаемого первым; $t_{\text{зап}}$ – время запаса, мс.

6. Выбор параметров срабатывания УРОВ

В терминалах серий «Бреслер-0107.81х» и «Бреслер-0107.82х» реализована логика УРОВ, предназначенная для отключения присоединений, подпитывающих место короткого замыкания, в случае отказа одного из выключателей.

Алгоритм защиты поддерживает централизованный и индивидуальный УРОВ. Ввод логики индивидуального УРОВ возможен для каждого из присоединений.

Измерительные органы «I_УРОВПр№» («№» в названиях измерительных органов означает номер присоединения), контролирующие фазные токи присоединений, используются в логике защиты для разрешения действия УРОВ, фиксации срабатывания централизованного УРОВ, а также для обеспечения возврата схемы УРОВ.

Величина параметра «I_УРОВПр№» выбирается из диапазона $(0,05 \pm 0,10) I_{\text{ном}}$; токи срабатывания этих измерительных органов задаются в относительных единицах (прим. 4).

В отдельных случаях вводится условие отстройки от емкостных токов линии [4, глава 4]:

$$I_{\text{УРОВ_Пр№}} \geq \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{в}}} \cdot I_{\text{емк}},$$

где K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,5 о.е.;

K_b – коэффициент возврата, принимается равным 0,9 о.е.;

$I_{емк}$ – относительное значение максимального емкостного тока, о.е.
(прим. 4)

Сигнал срабатывания УРОВ каждого из присоединений формируется с выдержкой времени на срабатывание «Т_{ср_УРОВПр№}», величина которой выбирается из условий отстройки от времени отключения исправного выключателя

$$T_{ср_УРОВПр№} = t_{махоТКЛВ} + t_{в\ УРОВ} + t_{зап} ,$$

где $t_{махоТКЛВ}$ – полное время отключения выключателя рассматриваемого присоединения; при выборе этого таймера необходимо учитывать не только собственное время отключения выключателя, но и время срабатывания промежуточного реле или контактора, если действие на электромагнит отключения выключателя производится только через него;

$t_{в\ УРОВ}$ – максимальное время возврата ИО тока УРОВ соответствующего присоединения, принимается равным 20 мс;

$t_{зап}$ – время запаса, принимается равным 100 мс.

При вводе действия УРОВ на собственный выключатель сигнал отключения выключателя каждого присоединения формируется с выдержкой времени «Т_{ср_УРОВсвойПр№}», по умолчанию таймер принимается равным 10 мс.

Выдержка времени «Т_{в_пуск_УРОВПр№}» обеспечивает продление сигнала пуска УРОВ присоединения при пропадании условий его появления. Таймер «Т_{в_пуск_УРОВПр№}» должен быть больше, чем задержка на срабатывание УРОВ «Т_{ср_УРОВПр№}»:

$$T_{в_пуск_УРОВ\ Пр№} = T_{ср_УРОВ\ Пр№} + t_{зап} ,$$

где $t_{зап}$ – время запаса, принимается равным 100 мс.

7. Выбор параметров срабатывания логики опробования

Алгоритм защиты предусматривает возможность ручного опробования шин от любого из присоединений. Поданная в режиме опробования команда «РКВ» любого из выключателей запускает режим

опробования соответствующего выключателя на время, определяемое таймером «Ti_опроб».

Величина таймера «Ti_опроб» выбирается из условия отстройки от максимального времени операций включения выключателя, срабатывания ДЗШ и отключения выключателя, которым производится опробование:

$$T_{\text{и_опроб}} = t_{\text{вклВ}} + t_{\text{срДЗШ}} + t_{\text{отклВ}} + t_{\text{зап}},$$

$t_{\text{вклВ}}$ – время включения опробуемого выключателя, мс;

$t_{\text{срДЗШ}}$ – время срабатывания ДЗШ, принимается равным 10 мс;

$t_{\text{отклВ}}$ – время отключения опробуемого выключателя, мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

Отключение выключателя в режиме опробования может производиться по одному из критериев, определяемому переключателем «Опроб_Пр№»: по срабатыванию пускового органа ДЗШ, по срабатыванию ЧТО, по срабатыванию дополнительного реле тока «I_опробПр№».

Величина тока срабатывания измерительного органа «I_опробПр№» выбирается из условия обеспечения чувствительности при внутреннем КЗ с минимальным током

$$I_{\text{опробПр№}} \leq \frac{I_{\text{minКЗ}}}{K_{\text{ч}}},$$

где $I_{\text{minКЗ}}$ – минимальное значение тока внутреннего КЗ, протекающего в ТТ присоединения, А;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, принимается равным 2 о.е.

Величину тока срабатывания необходимо пересчитать относительно номинального тока, задаваемого в файле настроек ДЗШ, согласно прим. 4.

8. Выбор параметров срабатывания логики выявления неисправности цепей напряжения

Защита контролирует исправность цепей напряжения. При срабатывании измерительного органа, контролирующего напряжения обратной последовательности («U2_сш1», «U2_сш1»), или измерительного органа, контролирующего минимальные фазные напряжения («Uфмин_1сш», «Uфмин_2сш») через ВВС «Тср_неиспр_U», формируется сигнал о неисправности цепей напряжения.

Величины срабатывания измерительных органов минимального фазного напряжения «Уфмин_1сш», «Уфмин_2сш» выбираются гарантированно меньше минимального рабочего напряжения на шинах. По умолчанию напряжение срабатывания задается равным $0,4 U_{номф}$ (прим. 3).

Величина таймера «Тср_неиспр_U» выбирается по условию отстройки от времени длительного снижения напряжения на шинах подстанции. Время срабатывания выбирается из диапазона (5,00÷30,00) с.

Выбор напряжения срабатывания измерительных органов напряжения обратной последовательности «U2_сш1», «U2_сш1» описан в разделе 4 настоящих Рекомендаций.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Пример расчета защиты шин «Бреслер - 0107.81х», «Бреслер - 0107.82х»

В настоящем разделе приведен расчет параметров срабатывания дифференциальной защиты шин серий «Бреслер-0107.81х» и «Бреслер-0107.82х» на примере подстанции с двумя системами шин и жесткой фиксацией присоединений (рисунок А.1). В приведенном примере рассматривается защита сборных шин устройством «Бреслер-0107.821».

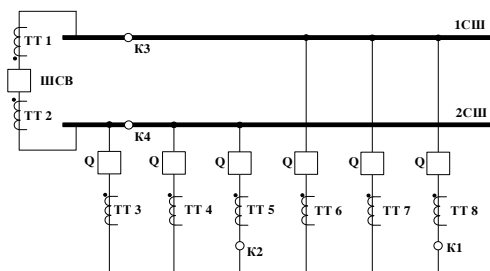


Рис. А.1 – Схема подстанции

Возможен следующий вариант конфигурации присоединений:

ТТ 1: «ШСВ2», ТТ 2: «ШСВ1»,

ТТ 3, 4, 5: «2 с.ш.»,

ТТ 6, 7, 8: «1 с.ш.».

В таблицах А.1, А.2 и А.3 приведены исходные данные по расчету параметров срабатывания ДЗШ:

Таблица А.1

№ Присоед.	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{ТТ}$	750/5	750/5	750/5	600/5	600/5	750/5	600/5	600/5
Дифференциальная зона	+ИО2	+ИО1	+ИО2, +ПО	+ИО2, +ПО	+ИО2, +ПО	+ИО1, +ПО	+ИО1, +ПО	+ИО1, +ПО
Максимальный нагрузочный ток $I_{\max \text{г пр.№} \nu}$, А	-	-	600	380	320	620	380	340
Максимальный ток в ТТ присоединя при внутр. КЗ	-	-	2500	1500	1200	2600	1450	1150

№ Присоед.	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_{\max\text{КЗ пр}\text{№}} \cdot \text{А}$								

Примечание

В таблице указаны фактические номера ТТ как номера присоединений. В случае, если ТТ установлен только с одной стороны от ШСВ, его ток конфигурируется как ток присоединения «ШСВ1-ШСВ2» или «ШСВ1-ШСВ2» и входит в дифференциальные зоны обоих избирательных органов с соответствующими знаками.

В графе «Дифференциальная зона» таблиц А.1 и А.2 указано, в какую дифференциальную зону (ИО1, ИО2 и ПО) и с каким знаком входит ток присоединения. В данном случае за положительное принято направление тока из линии в шины.

Таблица А.2

Дифференциальная зона	ПО	ИО1	ИО2
Расчетная точка внешн. КЗ с максимальным током	К1	К1	К2
Максимальный ток при внешнем КЗ, А	9250	9250	9200
Расчетная точка КЗ с минимальным током	К3 или К4	К3	К4
Минимальный ток при внутреннем КЗ, А	8010,70	8010,70	7967,40

Примечание

Расчетным видом КЗ с максимальным током принято трехфазное короткое замыкание; расчетным видом КЗ с минимальным током принято междуфазное короткое замыкание в минимальном режиме. В приведенном примере использованы упрощенные расчеты токов КЗ.

Максимальные значения внешнего КЗ тока ПО (ИО1, ИО2) можно найти следующим образом:

$$I_{\max\text{КЗ ПО}} = I_{\max\text{КЗ}}^{(3)} - I_{\max\text{КЗ пр}8} = 10400 - 1150 = 9250 \text{ А,}$$

$$I_{\max\text{КЗ ИО1}} = I_{\max\text{КЗ}}^{(3)} - I_{\max\text{КЗ пр}8} = 10400 - 1150 = 9250 \text{ А,}$$

$$I_{\max\text{КЗ ИО2}} = I_{\max\text{КЗ}}^{(3)} - I_{\max\text{КЗ пр}5} = 10400 - 1200 = 9200 \text{ А,}$$

где $I_{\max K3}^{(3)} = 10400 \text{ А}$ – максимальный ток трехфазного КЗ.

Точки К1, К2, К3 и К4 выбраны расчетными точками коротких замыканий для ИО1, ИО2 и ПО в частном случае, рассматриваемом в приведенном примере.

Расчет параметров срабатывания ДЗШ необходимо производить с учетом выравнивания токов плеч (примечание 1). За базовый принят коэффициент трансформации 750/5, т.о., $K_{\text{ТТбаз}} = 150 \text{ о.е.}$

Нагрузочный ток присоединения 4 в результате выравнивания примет значение:

$$I_{\text{пр}4} = I_{\text{вторпр}4} \frac{K_{\text{ТТпр}4}}{K_{\text{ТТбаз}}} = \frac{I_{\text{первичпр}4}}{K_{\text{ТТпр}4}} \cdot \frac{K_{\text{ТТпр}4}}{K_{\text{ТТбаз}}} = \frac{380}{120} \cdot \frac{120}{150} = 2,53 \text{ о.е.}$$

Значения нагрузочных токов присоединений приведены в таблице А.3.

Таблица А.3

№ Присоед.	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{\text{ТТ}}$	750/5	750/5	750/5	600/5	600/5	750/5	600/5	600/5
Максимальный нагрузочный ток, А	-	-	600	380	320	620	380	340
Приведенное значение тока, А втор.	-	-	4	2,53	2,13	4,13	2,53	2,27

- Начальный дифференциальный ток ПО, ИО1, ИО2 (раздел 2.1):

$$I_{\text{д.н.ПО}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{максн}} \text{ ПО}, \quad I_{\text{д.н.ПО}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нг пр}6} = 1,2 \cdot 4,13 = 4,96 \text{ А},$$

$$I_{\text{д.н.ИО1}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{максн}} \text{ ИО1}, \quad I_{\text{д.н.ИО1}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нг пр}6} = 1,2 \cdot 4,13 = 4,96 \text{ А},$$

$$I_{\text{д.н.ИО2}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{максн}} \text{ ИО2}, \quad I_{\text{д.н.ИО2}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нг пр}3} = 1,2 \cdot 4,00 = 4,80 \text{ А},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$I_{\text{максн}} \text{ ПО}, I_{\text{максн}} \text{ ИО1}, I_{\text{максн}} \text{ ИО2}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО (ИО1, ИО2).

- Ток начала торможения (раздел 2.2)

Начальный ток торможения ПО, ИО1, ИО2 выбирается равным $1 I_{ном}$, т.е.

$$I_{н.т.ПО} = 5 \text{ А}, \quad I_{н.т.ИО1} = 5 \text{ А}, \quad I_{н.т.ИО2} = 5 \text{ А}.$$

Если при выбранном значении начального тормозного тока ДЗШ не удовлетворяет требованиям чувствительности, то значение $I_{н.т.}$ следует увеличивать до $2 I_{ном}$ с шагом $0,1 I_{ном}$.

- Коэффициент торможения (раздел 2.3)

Коэффициент торможения ПО (ИО1, ИО2) определяется выражением

$$K_{тПО} \geq \frac{K_{отс} \cdot I_{неб.расч.ПО} - I_{д.н.ПО}}{I_{торм.расч.ПО} - I_{н.т.ПО}},$$

$K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,5 о.е.;

$I_{неб.расч.ПО}$ – максимальный расчетный ток небаланса ПО (ИО1, ИО2)

при расчетном внешнем КЗ;

$I_{д.н.ПО}$ – начальный дифференциальный ток срабатывания ПО (ИО1, ИО2);

$I_{торм.расч.ПО}$ – расчетный тормозной ток ПО (ИО1, ИО2) при расчетном внешнем КЗ;

$I_{н.т.ПО}$ – принятое значение тока начала торможения ПО (ИО1, ИО2).

Для нахождения коэффициента торможения необходимо рассчитать следующие величины:

– значение максимального расчетного тока небаланса при внешнем КЗ для ПО, ИО1, ИО2

$$I_{неб.расч.ПО} = (K_{пер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр}) \cdot I_{\maxКЗПО} = (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 61,67 = 14,18 \text{ А},$$

$$I_{неб.расч.ИО1} = (K_{пер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр}) \cdot I_{\maxКЗИО1} = (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 61,67 = 14,18 \text{ А},$$

$$I_{неб.расч.ИО2} = (K_{пер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр}) \cdot I_{\maxКЗИО2} = (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 61,33 = 14,11 \text{ А},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, принимается равным 2 о.е.;

$K_{одн}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е.;

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение токовой погрешности в измерительных цепях терминала, принимается равной 0,03 о.е.;

$I_{\text{максКЗПО}}$ – максимальное значение тока ПО (ИО1, ИО2) при металлическом внешнем КЗ; при расчетах используется вторичная величина тока с учетом выравнивания. Вторичные значения максимальных токов КЗ приведены в таблице А.4

Таблица А.4

Дифференциальная зона	ПО	ИО1	ИО2
Максимальный ток при внешнем КЗ, А	9250	9250	9200
Максимальный ток при внешнем КЗ, А втор.	61,67	61,67	61,33

– значение тормозного тока при расчетном внешнем КЗ для ПО, ИО1, ИО2

$$\begin{aligned}
 I_{\text{торм.расч.ПО}} &= (1 - 0,5(K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}})) \cdot I_{\text{максКЗПО}} = \\
 &= (1 - 0,5(2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03)) \cdot 61,67 = 54,58 \text{ А}, \\
 I_{\text{торм.расч.ИО1}} &= (1 - 0,5(K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}})) \cdot I_{\text{максКЗИО1}} = \\
 &= (1 - 0,5(2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03)) \cdot 61,67 = 54,58 \text{ А}, \\
 I_{\text{торм.расч.ИО2}} &= (1 - 0,5(K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}})) \cdot I_{\text{максКЗИО2}} = \\
 &= (1 - 0,5(2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03)) \cdot 61,33 = 54,28 \text{ А},
 \end{aligned}$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в переходном режиме, принимается равным 2 о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е.;

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение токовой погрешности в измерительных цепях терминала, принимается равной 0,03 о.е.;

$I_{\text{максКЗПО}}$ – максимальное значение тока ПО (ИО1, ИО2) при металлическом внешнем КЗ.

Т.о., коэффициент торможения ПО, ИО1, ИО2 равен

$$K_{тПО} = \frac{K_{отс} \cdot I_{неб.расч.ПО} - I_{д.н.ПО}}{I_{торм.расч.ПО} - I_{н.т.ПО}} = \frac{1,5 \cdot 14,18 - 4,96}{54,58 - 5} = 0,33 \text{ о.е.},$$

$$K_{тИО1} = \frac{K_{отс} \cdot I_{неб.расч.ИО1} - I_{д.н.ИО1}}{I_{торм.расч.ИО1} - I_{н.т.ИО1}} = \frac{1,5 \cdot 14,18 - 4,96}{54,58 - 5} = 0,33 \text{ о.е.},$$

$$K_{тИО2} = \frac{K_{отс} \cdot I_{неб.расч.ИО2} - I_{д.н.ИО2}}{I_{торм.расч.ИО2} - I_{н.т.ИО2}} = \frac{1,5 \cdot 14,11 - 4,80}{54,28 - 5} = 0,33 \text{ о.е.}$$

- Проверка чувствительности ДЗШ (раздел 2.4)

Проверка чувствительности ДЗШ должна проводиться при расчетном виде КЗ на шинах. Расчетным видом КЗ выбрано междуфазное короткое замыкание на шинах, см. табл. А.2.

Коэффициент чувствительности вычисляется по формуле:

$$K_{ч} = \frac{I_{\min КЗПО}}{I_{д.н.ПО} + K_{тПО} (I_{торм.расч.ПО*} - I_{н.т.ПО})},$$

где $I_{\min КЗПО}$ – минимальное значение фазного тока ПО (ИО1, ИО2) при внутреннем КЗ;

$I_{д.н.ПО}$ – начальный дифференциальный ток срабатывания ПО (ИО1, ИО2);

$K_{тПО}$ – коэффициент торможения, рассчитанный для ПО (ИО1, ИО2);

$I_{торм.расч.ПО*}$ – расчетный тормозной ток ПО (ИО1, ИО2) при расчетном внутреннем КЗ;

$I_{н.т.ПО}$ – принятое значение тока начала торможения ПО (ИО1, ИО2).

Величина тормозного тока при расчетном внутреннем КЗ:

$$I_{торм.расч.ПО*} = 0,5 \cdot I_{\min КЗПО} \cdot K_{с},$$

где $I_{\min КЗПО}$ – минимальное значение фазного тока ПО (ИО1, ИО2) при внутреннем КЗ;

K_c – коэффициент сонаправленности. В настоящем примере выбрано значение коэффициента 1,3 о.е.

При расчетах используется вторичная величина тока с учетом выравнивания. Вторичные значения минимальных токов КЗ приведены в таблице А.5

Таблица А.5

Дифференциальная зона	ПО	ИО1	ИО2
Минимальный ток при внутреннем КЗ, А	8010,70	8010,70	7967,40
Минимальный ток при внутреннем КЗ, А втор.	53,40	53,40	53,12

Значение тормозного тока при внутреннем междуфазном КЗ:

$$I_{\text{торм.расч.ПО}*} = 0,5 \cdot I_{\text{minКЗПО}} \cdot K_c, \quad I_{\text{торм.расч.ПО}*} = 0,5 \cdot 53,40 \cdot 1,3 = 34,71\text{А},$$

$$I_{\text{торм.расч.ИО1}*} = 0,5 \cdot I_{\text{minКЗИО1}} \cdot K_c, \quad I_{\text{торм.расч.ИО1}*} = 0,5 \cdot 53,40 \cdot 1,3 = 34,71\text{А},$$

$$I_{\text{торм.расч.ИО2}*} = 0,5 \cdot I_{\text{minКЗИО2}} \cdot K_c, \quad I_{\text{торм.расч.ИО2}*} = 0,5 \cdot 53,12 \cdot 1,3 = 34,53\text{А}.$$

Значение коэффициента чувствительности ПО (ИО1, ИО2) ДЗШ:

$$K_{\text{чПО}} = \frac{I_{\text{minКЗПО}}}{I_{\text{д.н.ПО}} + K_{\text{тПО}}(I_{\text{торм.расч.ПО}*} - I_{\text{н.т.ПО}})} = \frac{53,40}{4,96 + 0,33(34,71 - 5)} = 3,62\text{о.е.},$$

$$K_{\text{чИО1}} = \frac{I_{\text{minКЗИО1}}}{I_{\text{д.н.ИО1}} + K_{\text{тИО1}}(I_{\text{торм.расч.ИО1}*} - I_{\text{н.т.ИО1}})} = \frac{53,40}{4,96 + 0,33(34,71 - 5)} = 3,62\text{о.е.},$$

$$K_{\text{чИО2}} = \frac{I_{\text{minКЗИО2}}}{I_{\text{д.н.ИО2}} + K_{\text{тИО2}}(I_{\text{торм.расч.ИО2}*} - I_{\text{н.т.ИО2}})} = \frac{53,12}{4,80 + 0,33(34,53 - 5)} = 3,65\text{о.е.}$$

Итак, коэффициент чувствительности ПО (ИО1, ИО2) больше 2, следовательно, ДЗШ удовлетворяет требованиям чувствительности.

Если коэффициент чувствительности меньше двух, то следует увеличить значение начального тормозного тока и повторить расчет параметров срабатывания ДЗШ.

- Выбор токов срабатывания ЧТО (раздел 2.6)

Величина тока срабатывания ЧТО ($I_{\text{что_по}}$) выбирается из двух условий:

– отстройка от небаланса при самозапуске двигателей:

$$I_{\text{чТО_ПО}} \geq K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot K_{\text{с/з}} \cdot I_{\text{махнг ПО}},$$

$$I_{\text{чТО_ПО}} \geq 1,2 \cdot (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 2,5 \cdot 4,13,$$

$$I_{\text{чТО_ПО}} \geq 1,61 \text{ А},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$K_{\text{с/з}}$ – коэффициент самозапуска; выбирается из диапазона (1,20÷2,50) о.е.;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий аperiodическую составляющую тока в переходном режиме, выбирается из диапазона (1,00÷2,00) о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е.;

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение погрешности выравнивания, равное 0,03 о.е.;

$I_{\text{махнг ПО}}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО.

– обеспечение чувствительности при внутреннем КЗ с минимальным током

$$I_{\text{чТО_ПО}} \leq \frac{I_{\text{минкЗПО}}}{K_{\text{ч}}}, \quad I_{\text{чТО_ПО}} \leq 4,43 \text{ А}.$$

где $I_{\text{минкЗПО}}$ – минимальное значение тока внутреннего короткого замыкания, А;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, принимается равным 1,5 о.е.

В качестве минимального тока внутреннего короткого замыкания ПО принят ток в ТТ8 (ТТ присоединения с минимальным током КЗ) при междуфазном замыкании, равный

$$I_{\text{ТТ8}} = \frac{I_{\text{минкЗТТ8}}}{K_{\text{ТТпр8}}} \cdot \frac{K_{\text{ТТпр8}}}{K_{\text{ТТбаз}}} = \frac{995,93}{120} \cdot \frac{120}{150} = 6,64 \text{ А}.$$

Таким образом, величина срабатывания чувствительного токового органа выбирается из диапазона:

$$\begin{cases} I_{\text{ЧТО_ПО}} \leq 4,43 \text{ А,} \\ I_{\text{ЧТО_ПО}} \geq 1,61 \text{ А.} \end{cases}$$

Ток срабатывания чувствительного токового органа ПО выбран равным 4 А.

- Выбор параметров срабатывания логики контроля исправности токовых цепей (раздел 3)

Токи срабатывания органов контроля исправности токовых цепей выбираются по условию отстройки от небаланса в нагруженном режиме:

$$I_{\text{обрыв_ПО}} \geq K_{\text{отс}} (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{макс}} \text{ ПО,}$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,2 о.е.;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий аperiodическую составляющую тока в переходном режиме, выбирается из диапазона (1,00÷2,00) о.е.;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности, принимается равным 1 о.е.;

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

$\Delta f_{\text{выр}}$ – относительное значение погрешности выравнивания, принимается равным 0,03 о.е.;

$I_{\text{макс}} \text{ ПО}$ – наибольший из максимальных рабочих токов присоединений, включенных в дифференциальную зону ПО (ИО1, ИО2), о.е.

$$I_{\text{обрыв_ПО}} = 1,2(1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 4,13 = 0,64 \text{ А,}$$

$$I_{\text{обрыв_ИО1}} = 1,2(1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 4,13 = 0,64 \text{ А,}$$

$$I_{\text{обрыв_ИО2}} = 1,2(1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,03) \cdot 4,0 = 0,62 \text{ А.}$$

Выдержка времени на срабатывание контроля токовых цепей $T_{\text{ср_обр_ПО}}$ ($T_{\text{ср_обр_ИО1}}$, $T_{\text{ср_обр_ИО2}}$) выбирается по условию отстройки от режимов, связанных с протеканием токов небаланса:

$$T_{\text{ср_обр_ПО}} = t_{\text{неб}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{неб}}$ – максимально возможное время существования режима, сопровождающегося токами небаланса (внешнего КЗ или качаний); при выборе времени $t_{\text{неб}}$ необходимо учитывать также время протекания тока

небаланса при возможном отказе выключателей; время $t_{\text{неб}}$ принимается равным 6 с;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

Таким образом, выдержки времени $T_{\text{ср_обр_ПО}}$, $T_{\text{ср_обр_ИО1}}$, $T_{\text{ср_обр_ИО2}}$ принимаются равными 6500 мс.

- Напряжение срабатывания измерительных органов логики запрета АПВ (раздел 4)

Величину срабатывания измерительного органа по напряжению обратной последовательности отстраивают от напряжения небаланса и напряжения несимметрии по обратной последовательности:

$$U_{2_1\text{сш}} \geq K_{\text{зап}} \cdot K_{\text{н}} \cdot (U_{2\text{неб}} + U_{2\text{несим}}),$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, принимается равным 2,0 о.е.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, принимается равным 1,5 о.е.;

$U_{2\text{неб}}$ – напряжение небаланса обратной последовательности, выбирается из диапазона $(0,01 \div 0,02) U_{\text{ном ф}}$ ($U_{\text{ном ф}} = \frac{100}{\sqrt{3}} = 57,7 \text{ В}$); согласно прим. 3,

$$U_{2\text{неб}} = 0,02 \cdot \frac{U_{\text{ном ф}}}{U_{\text{ном т}}} = 0,02 \cdot \frac{57,7}{57,7} = 0,02 \text{ о.е.};$$

$U_{2\text{несим}}$ – напряжение несимметрии обратной последовательности, принимается равным $0,035 U_{\text{ном ф}}$; согласно прим. 3,

$$U_{2\text{несим}} = 0,035 \cdot \frac{U_{\text{ном ф}}}{U_{\text{ном т}}} = 0,035 \cdot \frac{57,7}{57,7} = 0,035 \text{ о.е.}$$

Таким образом, величина срабатывания измерительных органов по напряжению обратной последовательности

$$U_{2_1\text{сш}} = 2 \cdot 1,5 \cdot (0,02 + 0,035) = 0,165 \text{ о.е.},$$

$$U_{2_2\text{сш}} = 2 \cdot 1,5 \cdot (0,02 + 0,035) = 0,165 \text{ о.е.}$$

- Таймеры логики ДЗШ и запрета АПВ (раздел 5)

Время фиксации отключения от ДЗШ и УРОВ «Тфикс_ДЗШ_1сш» («Тфикс_ДЗШ_2сш») выбирается гарантированно больше, чем полное время операций отключения выключателя (с учетом времени срабатывания защиты), бестоковой паузы, включения выключателя:

$$T_{\text{фикс_ДЗШ}} = t_{\text{сраб_ДЗШ}} + t_{\text{откл}} + t_{\text{АПВ_медл}} + t_{\text{вкл}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{сраб_ДЗШ}}$ – время срабатывания выходных реле ДЗШ, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения выключателей, принимается равным наибольшему из времен отключения всех выключателей 1 с.ш. (2 с.ш.), мс;

$t_{\text{АПВ_медл}}$ – наибольшее время АПВ выключателей, мс;

$t_{\text{вкл}}$ – время включения выключателя, включаемого последним, мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

Таким образом, таймеры равны

$$T_{\text{фикс_ДЗШ_1сш}} = 20 + 60 + 3000 + 800 + 500 = 4380 \text{ мс},$$

$$T_{\text{фикс_ДЗШ_2сш}} = 20 + 60 + 3000 + 800 + 500 = 4380 \text{ мс}.$$

Выдержка времени на срабатывание для ввода логики выявления неуспешного АПВ «Тср_наАПВ_1сш» («Тср_наАПВ_2сш») выбирается по следующим условиям:

$$\begin{cases} T_{\text{ср_наАПВ_1сш}} \geq t_{\text{сраб_ДЗШ}} + t_{\text{откл}} + t_{\text{зап}}; \\ T_{\text{ср_наАПВ_1сш}} < t_{\text{АПВ_перв}} \end{cases}$$

где $t_{\text{сраб_ДЗШ}}$ – время срабатывания выходных реле ДЗШ, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения выключателей, принимается равным наибольшему из времен отключения всех выключателей 1 с.ш. (2 с.ш.), мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, мс,

$t_{\text{АПВ_перв}}$ – время АПВ выключателя, включаемого первым на 1 с.ш. (2 с.ш.), мс.

Итак, значение времени «Тср_наАПВ_1сш» («Тср_наАПВ_2сш») выбрано по первому условию и проверено по второму:

$$\begin{cases} T_{\text{ср_нАПВ_1сш}} = 20 + 60 + 100 = 180; \\ T_{\text{ср_нАПВ_1сш}} < 1000; \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{ср_нАПВ_2сш}} = 20 + 60 + 100 = 180; \\ T_{\text{ср_нАПВ_2сш}} < 1000. \end{cases}$$

Величина таймера «Тср_запрАПВU1сш» («Тср_запрАПВU2сш») выбирается из диапазона $(30 \div (t_{\text{АПВ_перв}} - t_{\text{зап}}))$ мс, где $t_{\text{АПВ_перв}}$ – время АПВ выключателя 1 с.ш. (2 с.ш.), включаемого первым; $t_{\text{зап}}$ – время запаса, мс. В настоящем примере принимаем таймеры равными

$$T_{\text{ср_запрАПВU1сш}} = 30 \text{ мс};$$

$$T_{\text{ср_запрАПВU2сш}} = 30 \text{ мс}.$$

- Параметры срабатывания УРОВ (раздел 6)

Токи срабатывания измерительных органов «I_УРОВПр№» выбираются из диапазона $(0,05 \div 0,10) I_{\text{ном}}$ относительно номинала; необходимо задать параметры срабатывания измерительных органов УРОВ всех присоединений, входящих в зону ДЗШ. В качестве примера приведен расчет тока срабатывания измерительного органа «I_УРОВПр№» для присоединения 6:

$$I_{\text{УРОВПр 6}} = 0,10 \cdot \frac{I_{\text{ном пр 6}}}{I_{\text{ном т}}} = 0,10 \cdot \frac{5}{5} = 0,10 \text{ о. е.}$$

Таймер «Тср_УРОВПр№» выбирается из условий отстройки от времени отключения исправного выключателя

$$T_{\text{ср_УРОВПр№}} = t_{\text{махотклВ}} + t_{\text{в_УРОВ}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{махотклВ}}$ – полное время отключения выключателя рассматриваемого присоединения;

$t_{\text{в_УРОВ}}$ – максимальное время возврата ИО тока УРОВ соответствующего присоединения, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 100 мс.

ВВС «Т_{ср_УРОВПр№}» должна выбираться для каждого присоединения, включенного в зону ДЗШ. В качестве примера приведен расчет выдержки времени на срабатывание УРОВ «Т_{ср_УРОВПр6}»

$$T_{\text{ср_УРОВПр6}} = 60 + 20 + 100 = 180 \text{ мс.}$$

Время «Т_{в_пуск_УРОВПр№}» должно быть больше, чем задержка на срабатывание УРОВ «Т_{ср_УРОВПр№}»:

$$T_{\text{в_пуск_УРОВПр6}} = T_{\text{ср_УРОВПр№}} + t_{\text{зап}} = 180 + 100 = 280 \text{ мс,}$$

где $t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 100 мс.

- Параметры срабатывания логики опробования (раздел 7)

Таймер «Т_{и_опроб}» выбирается из условия отстройки от максимального времени операций включения выключателя, срабатывания ДЗШ и отключения выключателя, которым производится опробование:

$$T_{\text{и_опроб}} = t_{\text{вклВ}} + t_{\text{срДЗШ}} + t_{\text{отклВ}} + t_{\text{зап}},$$

$t_{\text{вклВ}}$ – время включения опробуемого выключателя, мс;

$t_{\text{срДЗШ}}$ – время срабатывания ДЗШ, принимается равным 20 мс;

$t_{\text{отклВ}}$ – время отключения опробуемого выключателя, мс;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 500 мс.

$$T_{\text{и_опроб}} = 800 + 20 + 60 + 500 = 1380 \text{ мс.}$$

Значение тока срабатывания измерительного органа «I_{опробПр№}» выбирается из условия обеспечения чувствительности при внутреннем КЗ с минимальным током

$$I_{\text{опробПр№}} \leq \frac{I_{\text{minКЗ}}}{K_{\text{ч}}},$$

где $I_{\text{minКЗ}}$ – минимальное значение тока внутреннего КЗ, протекающего в ТТ присоединения, о.е.;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, принимается равным 2 о.е.;

В качестве примера расчета величины срабатывания измерительного органа тока опробования приведен расчет «I_{опробПр6}»; минимальный первичный ток внутреннего КЗ, протекающий через ТТ 6, равен 2252 А.

Вторичный ток при внутреннем КЗ в ТТ 6 равен

$$I_{\min\text{КЗвтор}} = \frac{2252}{150} = 15,0\text{А}.$$

Поскольку величины срабатывания токовых измерительных органов логики опробования задаются в относительных единицах (прим. 4), то значение тока срабатывания «I_опробПр6» рассчитывается в относительных единицах:

$$I_{\text{опробПр6}} \leq \frac{I_{\min\text{КЗвтор}}}{K_{\text{ч}} \cdot I_{\text{ном}}}, I_{\text{опробПр6}} = \frac{15,0}{2,5} = 1,5\text{о.е.}$$

- Параметры срабатывания логики выявления неисправности цепей напряжения (раздел 8)

Величина срабатывания измерительных органов минимального фазного напряжения «Uфмин_1сш», «Uфмин_2сш» равна $0,4U_{\text{номф}}$:

$$U_{\text{фмин}_1\text{сш}} = 0,4 \cdot \frac{U_{\text{номф}}}{U_{\text{номт}}} = 0,4 \cdot \frac{57,7}{57,7} = 0,4\text{о.е.};$$

$$U_{\text{фмин}_2\text{сш}} = 0,4 \cdot \frac{U_{\text{номф}}}{U_{\text{номт}}} = 0,4 \cdot \frac{57,7}{57,7} = 0,4\text{о.е.}$$

ВВС логики выявления неисправности цепей напряжения «Тср_неиспр_U» выбирается по условию отстройки от времени длительного снижения напряжения на шинах подстанции; в настоящем примере выбрана величина таймера

$$T_{\text{ср_неиспр_U}} = 7000 \text{ мс}.$$

Результаты расчетов параметров срабатывания дифференциальной защиты шин «Бреслер - 0107.821» сведены в таблицы А.6, А.7, А.8.

Таблица А.6 – Параметры срабатывания специализированных измерительных органов ДЗШ

Назначение	Обозначение	Значение
Начальный дифференциальный ток срабатывания избирательного органа 1	Ид.н_ИО1	4,96 А
Начальный дифференциальный ток срабатывания	Ид.н_ИО2	4,80 А

Назначение	Обозначение	Значение
избирательного органа 2		
Начальный дифференциальный ток срабатывания пускового органа	Ид.н_ПО	4,96 А
Ток начала торможения избирательного органа 1	Инт_ИО1	5 А
Ток начала торможения избирательного органа 2	Инт_ИО2	5 А
Ток начала торможения пускового органа	Инт_ПО	5 А
Коэффициент торможения избирательного органа 1	Кт_ИО1	0,33 о.е.
Коэффициент торможения избирательного органа 2	Кт_ИО2	0,33 о.е.
Коэффициент торможения пускового органа	Кт_ПО	0,33 о.е.
Производная тормозного тока избирательного органа 1	di _{торм_ИО1}	7,5 А
Производная тормозного тока избирательного органа 2	di _{торм_ИО2}	7,5 А
Производная тормозного тока пускового органа	di _{торм_ПО}	7,5 А
Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока избирательного органа 1	I _{2h/1h_ИО1}	0,2 о.е.
Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока избирательного органа 2	I _{2h/1h_ИО2}	0,2 о.е.
Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока пускового органа	I _{2h/1h_ПО}	0,2 о.е.
Чувствительный токовый орган, включенный на дифференциальный ток пускового органа	ЧТО_ПО	4 А
Небаланс дифференциального тока избирательного органа 1	Юбрыв_ИО1	0,64 А
Небаланс дифференциального тока избирательного органа 2	Юбрыв_ИО2	0,62 А
Небаланс дифференциального тока пускового органа	Юбрыв_ПО	0,64 А

Таблица А.7 – Параметры срабатывания измерительных органов ДЗШ

Назначение	Обозначение	Значение
Максимальный измерительный орган напряжения	U _{2_1сш}	0,165 о.е.

Назначение	Обозначение	Значение
обратной последовательности 1 с.ш.		
Максимальный измерительный орган напряжения обратной последовательности 2 с.ш.	U2_2сш	0,165 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного напряжения 1 с.ш.	Uфмакс_1сш	0,3 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного напряжения 2 с.ш.	Uфмакс_2сш	0,3 о.е.
Минимальный измерительный орган фазного напряжения 1 с.ш.	Uфмин_1сш	0,4 о.е.
Минимальный измерительный орган фазного напряжения 2 с.ш.	Uфмин_2сш	0,4 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 1 в логике УРОВ	I_УРОВПр1	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 2 в логике УРОВ	I_УРОВПр2	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 3 в логике УРОВ	I_УРОВПр3	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 4 в логике УРОВ	I_УРОВПр4	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 5 в логике УРОВ	I_УРОВПр5	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 6 в логике УРОВ	I_УРОВПр6	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 7 в логике УРОВ	I_УРОВПр7	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 8 в логике УРОВ	I_УРОВПр8	0,1 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 1 в логике опробования	I_опробПр1	0,69 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 2 в логике опробования	I_опробПр2	0,66 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 3 в логике опробования	I_опробПр3	1,44 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 4 в логике опробования	I_опробПр4	1,08 о.е.

Назначение	Обозначение	Значение
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 5 в логике опробования	I_опробПр5	0,87 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 6 в логике опробования	I_опробПр6	1,50 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 7 в логике опробования	I_опробПр7	1,05 о.е.
Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения 8 в логике опробования	I_опробПр8	0,83 о.е.

Таблица А.8 – Таймеры ДЗШ

Назначение	Обозначение	Значение
Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания избирательного органа 1	Тблок_БО_ИО1	150 мс
Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания избирательного органа 2	Тблок_БО_ИО2	150 мс
Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания пускового органа	Тблок_БО_ПО	150 мс
Выдержка времени на срабатывание осциллографа	ВВС сраб.	1 мс
Импульс срабатывания осциллографа	Тимп.сраб	10 с
Импульс тестового срабатывания осциллографа	Тимп.тест	10 с
Таймер режима нарушения фиксации присоединений	Тв_Нар_фикс	200 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ИО1	Тср_обр_ИО1	6500 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ИО2	Тср_обр_ИО2	6500 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ПО	Тср_обр_ПО	6500 мс
Время фиксации сигнала срабатывания ДЗШ и УРОВ 1 с.ш.	Тфикс_ДЗШ1сш	4380 мс

Назначение	Обозначение	Значение
Время фиксации сигнала срабатывания ДЗШ и УРОВ 2 с.ш.	Тфикс_ДЗШ2сш	4380 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления неуспешного АПВ 1 с.ш.	Тср_нАПВ1сш	180 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления неуспешного АПВ 2 с.ш.	Тср_нАПВ2сш	180 мс
Выдержка времени на срабатывание логики запрета АПВ 1 с.ш. при неполнофазном отказе выключателя	Тср_запрАПВУ1сш	30 мс
Выдержка времени на срабатывание логики запрета АПВ 2 с.ш. при неполнофазном отказе выключателя	Тср_запрАПВУ2сш	30 мс
Выдержка времени на срабатывание логики выявления неисправности цепей напряжения	Тср_неиспрU	7000 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 1	Тв_пускУРОВПр1	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 2	Тв_пускУРОВПр2	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 3	Тв_пускУРОВПр3	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 4	Тв_пускУРОВПр4	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 5	Тв_пускУРОВПр5	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 6	Тв_пускУРОВПр6	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 7	Тв_пускУРОВПр7	280 мс
Продление сигнала пуска УРОВ присоединения 8	Тв_пускУРОВПр8	280 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 1	Тср_УРОВсвойПр1	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 2	Тср_УРОВсвойПр2	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего	Тср_УРОВсвойПр3	10 мс

Назначение	Обозначение	Значение
выключателя присоединения 3		
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 4	Tcp_УРОВсвойПр4	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 5	Tcp_УРОВсвойПр5	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 6	Tcp_УРОВсвойПр6	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 7	Tcp_УРОВсвойПр7	10 мс
Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения 8	Tcp_УРОВсвойПр8	10 мс
Время ввода режима опробования присоединений	Tи_Опроб	1380 мс

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень измерительных органов и таймеров защиты шин «Бреслер - 0107.81х», «Бреслер - 0107.82х»

Таблица Б.1 – Параметры срабатывания специализированных измерительных органов ДЗШ

Обозначение	Назначение	Рекомендуемое значение	Раздел
Ид.н_ИО1	Начальный дифференциальный ток срабатывания избирательного органа 1	(0,10÷10,00) Iном, А	2.1
Ид.н_ИО2	Начальный дифференциальный ток срабатывания избирательного органа 2	(0,10÷10,00) Iном, А	2.1
Ид.н_ПО	Начальный дифференциальный ток срабатывания пускового органа	(0,10÷10,00) Iном, А	2.1
Инт_ИО1	Ток начала торможения избирательного органа 1	(1,00÷2,00) Iном, А	2.2
Инт_ИО2	Ток начала торможения избирательного органа 2	(1,00÷2,00) Iном, А	2.2
Инт_ПО	Ток начала торможения пускового органа	(1,00÷2,00) Iном, А	2.2
Кт_ИО1	Коэффициент торможения избирательного органа 1	(0,00÷1,50) о.е.	2.3
Кт_ИО2	Коэффициент торможения избирательного органа 2	(0,00÷1,50) о.е.	2.3
Кт_ПО	Коэффициент торможения пускового органа	(0,00÷1,50) о.е.	2.3
dIторм_ИО1 *	Производная тормозного тока избирательного органа 1	1,5Iном, А	2.5
dIторм_ИО2 *	Производная тормозного тока избирательного органа 2	1,5Iном, А	2.5
dIторм_ПО *	Производная тормозного тока пускового органа	1,5Iном, А	2.5
I2h/11h_ИО1 *	Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока избирательного органа 1	(0,01÷0,50) о.е., рек. 0,2 о.е.	2.5
I2h/11h_ИО2 *	Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока избирательного органа 2	(0,01÷0,50) о.е., рек. 0,2 о.е.	2.5
I2h/11h_ПО *	Отношение второй гармоники к первой дифференциального тока пускового органа	(0,01÷0,50) о.е., рек. 0,2 о.е.	2.5
ЧТО_ПО *	Чувствительный токовый орган, включенный на дифференциальный ток пускового органа	(0,10÷10,00) Iном, А	2.6
Иобрыв_ИО1 *	Небаланс дифференциального тока	(0,10÷10,00) Iном, А	3

Обозначение	Назначение	Рекомендуемое значение	Раздел
	избирательного органа 1		
Юбрыв_ИО2 *	Небаланс дифференциального тока избирательного органа 2	(0,10÷10,00) Ином, А	3
Юбрыв_ПО *	Небаланс дифференциального тока пускового органа	(0,10÷10,00) Ином, А	3

В ДЗШ «Бреслер-0107.810», «Бреслер-0107.813», «Бреслер-0107.820», «Бреслер-0107.821», «Бреслер-0107.822» измерительные органы, отмеченные знаком «*», выполнены для фаз «А», «В» и «С».

Таблица Б.2 – Параметры срабатывания измерительных органов ДЗШ

Обозначение	Назначение	Рекомендуемое значение	Раздел
U2_1сш	Максимальный измерительный орган напряжения обратной последовательности 1 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В, рек. 0,17 Uном В	4
U2_2сш	Максимальный измерительный орган напряжения обратной последовательности 2 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В, рек. 0,17 Uном В	4
Uфмакс_1сш	Максимальный измерительный орган фазного напряжения 1 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В, рек. 0,3 Uном В	4
Uфмакс_2сш	Максимальный измерительный орган фазного напряжения 2 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В рек. 0,3 Uном В	4
Uфмин_1сш	Минимальный измерительный орган фазного напряжения 1 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В рек. 0,4 Uном В	8
Uфмин_2сш	Минимальный измерительный орган фазного напряжения 2 с.ш.	(0,00÷1,00)Uном В рек. 0,4 Uном В	8
I_УРОВПр1 – I_УРОВПр24 (Бреслер-0107.812)	Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения № в логике УРОВ	(0,02÷0,50)Ином А, рек. 0,1 Ином А	6
I_УРОВПр1 – I_УРОВПр16 (Бреслер-0107.811)			
I_УРОВПр1 – I_УРОВПр01			

Обозначение	Назначение	Рекомендуемое значение	Раздел
(Бреслер-0107.810, Бреслер-0107.822)			
I_УРОВПр1 – I_УРОВПр8 (Бреслер-0107.813, Бреслер-0107.821)			
I_УРОВПр1 – I_УРОВПр5 (Бреслер-0107.820)			
I_опробПр1 – I_опробПр24 (Бреслер-0107.812)	Максимальный измерительный орган фазного тока присоединения № в логике опробования	(0,00÷5,00)Iном А	7
I_опробПр1 – I_опробПр16 (Бреслер-0107.811)			
I_опробПр1 – I_опробПр01 (Бреслер-0107.810, Бреслер-0107.822)			
I_опробПр1 – I_опробПр8 (Бреслер-0107.813, Бреслер-0107.821)			
I_опробПр1 – I_опробПр5 (Бреслер-0107.820)			

Таблица Б.3 – Таймеры ДЗШ

Обозначение	Назначение	Диапазон	Раздел
Тблок_БО_ИО1*	Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания избирательного органа 1	(0,10÷10,00) с, рек. 150 мс	2.5
Тблок_БО_ИО2*	Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания	(0,10÷10,00) с, рек. 150 мс	2.5

Обозначение	Назначение	Диапазон	Раздел
	избирательного органа 2		
Тблок_БО_ПО*	Время блокирования быстродействующего критерия при выявлении внешнего замыкания пускового органа	(0,10÷10,00) с, рек. 150 мс	2.5
ВВС сраб.	Выдержка времени на срабатывание осциллографа	1 мс	-
Тимп.сраб	Импульс срабатывания осциллографа	10 с	-
Тимп.тест	Импульс тестового срабатывания осциллографа	10 с	-
Тв_Нар_фикс	Таймер режима нарушения фиксации присоединений	(0,00÷10,00) с рек. 200 мс	-
Тср_обр_ИО1	Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ИО1	(0,00÷50,00) с	3
Тср_обр_ИО2	Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ИО2	(0,00÷50,00) с	3
Тср_обр_ПО	Выдержка времени на срабатывание логики выявления небаланса дифференциального тока ПО	(0,00÷50,00) с	3
Тфикс_ДЗШ1сш	Время фиксации сигнала срабатывания ДЗШ и УРОВ 1 с.ш.	(0,00÷50,00) с	5
Тфикс_ДЗШ2сш	Время фиксации сигнала срабатывания ДЗШ и УРОВ 2 с.ш.	(0,00÷50,00) с	5
Тср_НАПВ1сш	Выдержка времени на срабатывание логики выявления неуспешного АПВ 1 с.ш.	(0,00÷50,00) с	5
Тср_НАПВ2сш	Выдержка времени на срабатывание логики выявления неуспешного АПВ 2 с.ш.	(0,00÷50,00) с	5
Тср_запрАПВУ1сш	Выдержка времени на срабатывание логики запрета АПВ 1 с.ш. при неполнофазном отказе	(0,00÷10,00) с, рек. 30 мс	5

Обозначение	Назначение	Диапазон	Раздел
	выключателя		
Тср_запрАПВU2сш	Выдержка времени на срабатывание логики запрета АПВ 2 с.ш. при неполнофазном отказе выключателя	(0,00÷10,00) с, рек. 30 мс	5
Тср_неиспрU	Выдержка времени на срабатывание логики выявления неисправности цепей напряжения	(5,00÷30,00) с	8
Тв_пускУРОВПр1 – Тв_пускУРОВПр24 (Бреслер-0107.812)	Продление сигнала пуска УРОВ присоединения №	(0,00÷1,00) с	6
Тв_пускУРОВПр1 – Тв_пускУРОВПр16 (Бреслер-0107.811)			
Тв_пускУРОВПр1 – Тв_пускУРОВПр01 (Бреслер-0107.810, Бреслер-0107.822)			
Тв_пускУРОВПр1 – Тв_пускУРОВПр8 (Бреслер-0107.813, Бреслер-0107.821)			
Тв_пускУРОВПр1 – Тв_пускУРОВПр5 (Бреслер-0107.820)			
Тср_УРОВПр1 – Тср_УРОВПр24 (Бреслер-0107.812)	Выдержка времени на срабатывание УРОВ присоединения №	(0,05÷1,00) с	6
Тср_УРОВПр1 – Тср_УРОВПр16 (Бреслер-0107.811)			
Тср_УРОВПр1 – Тср_УРОВПр01 (Бреслер-0107.810, Бреслер-0107.822)			
Тср_УРОВПр1 – Тср_УРОВПр8 (Бреслер-0107.813,			

Обозначение	Назначение	Диапазон	Раздел
Бреслер-0107.821)			
Тср_УРОВПр1 – Тср_УРОВПр5 (Бреслер-0107.820)			
Тср_УРОВсвойПр1 – Тср_УРОВсвойПр24 (Бреслер-0107.812)	Выдержка времени на срабатывание УРОВ своего выключателя присоединения №	(0,00÷1,00) с, рек. 10 мс	6
Тср_УРОВсвойПр1 – Тср_УРОВсвойПр16 (Бреслер-0107.811)			
Тср_УРОВсвойПр1 – Тср_УРОВсвойПр01 (Бреслер-0107.810, Бреслер-0107.822)			
Тср_УРОВсвойПр1 – Тср_УРОВсвойПр8 (Бреслер-0107.813, Бреслер-0107.821)			
Тср_УРОВсвойПр1 – Тср_УРОВсвойПр5 (Бреслер-0107.820)			
Ти_Опроб	Время ввода режима опробования присоединений	(0,00÷60,00) с	8

В ДЗШ «Бреслер-0107.810», «Бреслер-0107.813», «Бреслер-0107.820», «Бреслер-0107.821», «Бреслер-0107.822» таймеры, отмеченные знаком «*», выбираются для фаз «А», «В» и «С».

Список литературы

1. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 03. Защита шин 6 - 220 кВ станций и подстанций. Составлены Всесоюзным государственным проектным институтом "Теплоэлектропроект" – Москва-Ленинград, Госэнергоиздат, 1961.

2. Таубес И. Р. Дифференциальная защита шин 110 - 220 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

4. Таубес И. Р. Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) в сетях 110 - 220 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

Учебное пособие

Васильев Дмитрий Сергеевич

Тарасова Вера Николаевна

Рекомендации по выбору параметров срабатывания дифференциальной защиты шин 110-220 кВ, реализованной на базе терминалов «БРЭСЛЕР-0107.810», «БРЭСЛЕР-0107.811», «БРЭСЛЕР-0107.812», «БРЭСЛЕР-0107.813», «БРЭСЛЕР-0107.820», «БРЭСЛЕР-0107.821», «БРЭСЛЕР-0107.822»