

Рекомендации по выбору уставок устройств дифференциальной защиты шин и ошиновки «Сириус-3-ДЗШ-01» и «Сириус-3-ДЗО-01»

1 Общие положения

1.1 Устройство релейной защиты «Сириус-3-ДЗШ» предназначено для использования в качестве основной быстродействующей защиты от всех видов КЗ сборных шин напряжением 35-220 кВ. Устройство «Сириус-3-ДЗО» предназначено для обеспечения аналогичной защиты ошиновки.

Устройства «Сириус-3-ДЗШ» и «Сириус-3-ДЗО» реализованы с использованием одинаковых измерительных органов дифференциальной защиты, поэтому приведенные ниже рекомендации по расчету уставок распространяются на оба устройства. В устройстве «Сириус-3-ДЗО» рассчитываются уставки только для одной зоны дифференциальной защиты.

1.2 Установочные параметры устройства, относящиеся к функциям дифференциальной защиты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уставка	Диапазон	Ед. измерения	Примечание
$I_{НОМ}$	1 / 5	А	Принимается в зависимости от вторичного номинального тока ТТ
К _{тт пр.1} (2, 3, ...)	1 – 10000		Число уставок зависит от количества используемых присоединений
К _В ДЗШ	0,5-0,95		типовое значение 0,95
$I_{ДТО.ПО}$	0,2-20,0	о.е.	
$I_{ДТО.ИО1}$	0,2-20,0	о.е.	
$I_{ДТО.ИО2}$	0,2-20,0	о.е.	
$I_{нач.ПО}$	0,2-2,0	о.е.	
$I_{н.т.ПО}$	0,5-2,0	о.е.	
К _{торм.ПО}	0,6-1,2		
$I_{нач.ИО1}$	0,2-2,0	о.е.	В большинстве случаев принимается равным $I_{нач.ПО}$
$I_{н.т.ИО1}$	0,5-2,0	о.е.	Принимается равным $I_{н.т.ПО}$
К _{торм.ИО1}	0,6-1,2		Принимается равным К _{торм.ПО}
$I_{нач.ИО2}$	0,2-2,0	о.е.	Принимается равным $I_{нач.ПО}$
$I_{н.т.ИО2}$	0,5-2,0	о.е.	Принимается равным $I_{н.т.ПО}$
К _{торм.ИО2}	0,6-1,2		Принимается равным К _{торм.ПО}
$I_{ЧТО.ПО}$	0,2-1,0	о.е.	
$I_{ЧТО.ИО1}$	0,2-1,0	о.е.	Принимается равным $I_{ЧТО.ПО}$

$I_{\text{ЧТО.ИО2}}$	0,2-1,0	о.е.	Принимается равным $I_{\text{ЧТО.ПО}}$
$I_{\text{РТ пр.1 (2, 3, ...)}}$	0,04-1,00	о.е.	Число уставок зависит от количества используемых присоединений
$I_{\text{нб.ПО}}$	0,04-1,0	о.е.	
$I_{\text{нб.ИО1}}$	0,04-1,0	о.е.	Принимается равным $I_{\text{нб.ПО}}$
$I_{\text{нб.ИО2}}$	0,04-1,0	о.е.	Принимается равным $I_{\text{нб.ПО}}$

При конфигурировании устройства также задаются выдержки времени. Список параметров и рекомендации по их выбору приведены в разделе п.7.

2 Расчет параметров характеристики торможения ДЗШТ

Расчет уставок защиты проводится в относительных величинах. За базисное значение принимается вторичный ток первичного измерительного трансформатора тока: 1 или 5 А.

Выбор устанавливаемых на присоединениях трансформаторов тока проводится по стандартной методике, исходя из обеспечения 10% погрешности в установившемся режиме внешнего КЗ. Увеличение погрешности трансформаторов тока в переходном режиме, в том числе при наличии значительной апериодической составляющей тока, учитывается в алгоритме измерительных органов защиты и не приводит к излишним срабатываниям.

Проводится расчет начального тока срабатывания $I_{\text{нач}}$, начального тока торможения $I_{\text{н.т}}$ и коэффициента торможения $K_{\text{торм}}$ пускового органа (ПО) и избирательных органов (ИО1 и ИО2). Далее приведены соотношения для расчета параметров характеристики торможения пускового органа.

Как правило, параметры пусковых и измерительных органов принимаются одинаковыми:

$$\begin{aligned} I_{\text{нач.ИО1}} &= I_{\text{нач.ИО2}} = I_{\text{нач.ПО}} \\ I_{\text{н.т.ИО1}} &= I_{\text{н.т.ИО2}} = I_{\text{н.т.ПО}} \\ K_{\text{торм.ИО1}} &= K_{\text{торм.ИО2}} = K_{\text{торм.ПО}} \end{aligned}$$

Отличия в параметрах срабатывания могут возникать в тех случаях, когда имеются существенные отличия в режимах работы присоединений секций шин, например, при заметном отличии максимального тока нагрузки присоединений, подключенных к разным секциям шин (условие, определяемое выражением (1)). Следует, однако, учитывать возможные варианты распределения подключения присоединений к секциям с учетом их переключений между секциями в процессе эксплуатации.

Начальный ток срабатывания при отсутствии торможения $I_{\text{нач.ПО}}$ выбирается из двух условий: отстройки от дифференциального тока в условиях обрыва вторичной цепи трансформатора тока

$$I_{\text{нач.ПО}} = K_{\text{отс}} * I_{\text{макс.пр.}} \quad (1)$$

где $I_{\text{макс.пр.}}$ – относительное значение вторичного нагрузочного тока присоединения с максимальной нагрузкой.

$K_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, $K_{\text{отс}} = 1,2$.

В выражении (1) при расчете пускового органа рассматриваются все присоединения к системе сборных шин, а при расчете избирательных органов только те присоединения, которые подключены к соответствующей шине с учетом возможных переключений присоединений между секциями в процессе эксплуатации. При недостаточной чувствительности защиты это условие может быть исключено. При этом, возможны излишние срабатывания защиты в случае обрыва вторичной цепи трансформатора тока на присоединении с током нагрузки превышающем ток срабатывания, определенным по отстройке от тока небаланса.

- отстройка от тока небаланса при внешних КЗ в режиме, соответствующем протеканию максимального нагрузочного тока. Несрабатывание защиты с большими токами обеспечивается тормозной характеристикой. Ток небаланса обусловлен только по-

грешностью трансформаторов тока, поскольку токи в цепях циркуляции выравниваются автоматически (программно) с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока всех присоединений. Относительное значение начального тока срабатывания определяется по выражению:

$$I_{\text{нач.ПО}} = K_{\text{отс.}} * \varepsilon * I_{\text{макс. пр.}} \quad (2)$$

где ε – относительная погрешность первичного трансформатора тока в установившемся режиме, $\varepsilon = 0,1$;

$K_{\text{отс.}}$ - коэффициент отстройки, $K_{\text{отс.}} = 1,3$;

$I_{\text{макс. пр.}}$ – относительное значение вторичного нагрузочного тока присоединения с максимальной нагрузкой.

Отстройка от тока небаланса при учете условия (1) не является расчетным условием.

Расчет *коэффициента торможения* $K_{\text{торм.ПО}}$ проводится исходя из отстройки от тока небаланса переходного режима внешнего КЗ:

$$K_{\text{торм.ПО}} = (K_{\text{отс.}} * I_{\text{нб.расч.}}) / (0,5 * \Sigma(I_{i,\text{пл.}})) \quad (3)$$

где $K_{\text{отс.}}$ - коэффициент отстройки, $K_{\text{отс.}} = 1,5$;

$I_{\text{нб.расч.}}$ – максимальный относительный ток небаланса при внешнем КЗ;

$I_{i,\text{пл.}}$ – относительное значение вторичного тока в i -м плече защиты;

$0,5 * \Sigma(I_{i,\text{пл.}})$ – ток торможения, равный полусумме относительных значений вторичных токов в плечах защиты при внешнем КЗ. Суммирование ведется по всем плечам защиты.

Расчет максимального относительного тока небаланса $I_{\text{нб.расч.}}$ при внешнем КЗ проводится по выражению:

$$I_{\text{нб.расч.}} = K_{\text{пер.}} * \varepsilon * I_{\text{КЗ.внешн.макс.}} \quad (4)$$

где ε – относительная погрешность первичного трансформатора тока в установившемся режиме, $\varepsilon = 0,1$;

$K_{\text{пер.}}$ – коэффициент, учитывающий возрастание погрешности трансформаторов тока в переходном режиме, $K_{\text{пер.}} = 2$;

$I_{\text{КЗ.внешн.макс.}}$ – относительное значение вторичного максимального тока при внешнем КЗ, проходящего через один из трансформаторов тока, к которым подключена защита.

Как правило, по выражению (3) расчетное значение $K_{\text{торм.ПО}}$ получается ниже минимально предусмотренного по шкале уставок терминала. В этом случае следует принять минимально разрешенное значение, при этом увеличение значения $K_{\text{торм.ПО}}$ по отношению к расчетному обеспечит больший запас по отстройке от небаланса при внешних КЗ.

Ток начала торможения $I_{\text{н.т.}}$ рассчитывается, исходя из прохождения характеристики торможения через начало координат, по выражению:

$$I_{\text{н.т.ПО}} = I_{\text{нач.ПО}} / K_{\text{торм.ПО}} \quad (5)$$

3 Проверка чувствительности

Коэффициент чувствительности определяется соотношением:

$$K_{\text{ч}} = I_{\text{д.мин}} / I_{\text{ср.расч.}} \quad (6)$$

где $I_{\text{д.мин}}$ – минимальное относительное значение дифференциального тока равного полному току при КЗ на шинах расчетного вида;

$I_{\text{ср.расч.}}$ – расчетное значение тока срабатывания защиты в условиях внутреннего КЗ на шинах.

Значение $I_{\text{ср.расч.}}$ определяется следующим образом:

- определяется ток торможения равный полусумме токов в плечах защиты $0,5 * \Sigma(I_{i,\text{пл.}})$

- в случае, когда ток торможения не превышает начальное значение тока торможения $0,5 * \Sigma(I_{i,пл.}) < I_{н.т.ПО}$, т.е. работа защиты проходит на начальной части характеристики торможения, принимается $I_{ср.расч.} = I_{нач.ПО}$.

- в случае, когда ток торможения превышает начальное значение тока торможения $0,5 * \Sigma(I_{i,пл.}) < I_{н.т.ПО}$, т.е. работа защиты проходит в условиях торможения, значение $I_{ср.расч.}$ определяется по тормозной характеристике по выражению: $I_{ср.расч.} = K_{торм.ПО} * [0,5 * \Sigma(I_{i,пл.})]$

Как правило, чувствительность защиты обеспечивается с большим запасом, поэтому необходимость в ее расчете возникает только в особых случаях, характеризующимся весьма малыми токами КЗ в защищаемой зоне.

4 Расчет дифференциальной токовой отсечки

По условию отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ уставка пускового органа выбирается по выражению:

$$I_{ДТО,ПО} > K_{отс} * K_{нб.} * I_{кз.внешн.мах} \quad (7)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки. С учетом возможности сильного насыщения ТТ присоединения с КЗ в переходном режиме, принимаем значение $K_{отс} = 2$;

$I_{кз.внешн.мах}$ – относительное значение максимального значения тока внешнего КЗ;

$K_{нб.}$ – коэффициент небаланса.

При установке ТТ со вторичным номинальным током 5 А, принять $K_{нб.} = 0,7$, в противном случае принять $K_{нб.} = 1,0$.

По условию отстройки от дифференциального тока в условиях обрыва вторичной цепи трансформатора тока

$$I_{ДТО,ПО} > K_{отс} * I_{макс.пр.} \quad (8)$$

где $I_{макс.пр.}$ – относительное значение нагрузочного тока присоединения с максимальной нагрузкой.

$K_{отс}$ - коэффициент отстройки; $K_{отс} = 1,3$.

В выражении (8) при расчете пускового органа рассматриваются все присоединения к системе сборных шин, а при расчете избирательных органов только те присоединения, которые подключены к соответствующей шине.

5 Расчет чувствительных органов

Чувствительные избирательные и пусковой органы кратковременно вводятся в действие в условиях опробования сборных шин. Ток срабатывания чувствительного пускового органа определяется из условия требуемой чувствительности к КЗ на защищаемой шине (ошибке), обеспечивая коэффициент чувствительности в указанном режиме $K_{ч} = 2,0$

$$I_{что.ПО} = I_{кз.мин} / K_{ч} \quad (9)$$

где $I_{кз.мин}$ – относительное значение минимального значения тока КЗ.

При этом, отстройка от дифференциального тока в условиях обрыва вторичной цепи трансформатора тока может не производиться ввиду малой вероятности наложения режима опробования на обрыв цепи тока.

6 Пример расчета

Исходные данные.

Защищаемый объект: двойная система сборных шин с обходной шиной. Число присоединений на каждой секции шин – 5. Первичный ток в максимальном нагрузочном режиме присоединения с максимальной нагрузкой $I_{перв.} = 80$ А.

При внешнем трехфазном КЗ в максимальном режиме через одно присоединение, на котором расположена точка КЗ, проходит ток 1200 А, через остальные девять присоединений по 133 А.

При внутреннем трехфазном КЗ на сборных шинах в минимальном режиме суммарный ток в точке КЗ равен 1500 А.

Выбор начального значения дифференциального тока срабатывания и коэффициентов торможения

Коэффициенты трансформации трансформаторов тока определяются по первичному току в максимальном нагрузочном режиме присоединения с максимальной нагрузкой. Исходя из $I_{перв.} = 80$ А для всех присоединений приняты коэффициенты трансформации трансформаторов тока: 100/5. Все расчеты выполняются в относительных значениях, приведенных к базисному току 5 А.

Относительное значение *начального тока срабатывания* пускового органа $I_{нач.ПО}$:

- из условия отстройки от тока при обрыве вторичной цепи трансформатора тока. Вторичный ток наиболее нагруженного присоединения $80/20 = 4$ А, его относительное значение, приведенное к базисному току $4 / 5 = 0,8$. Согласно (1) получаем:

$$I_{нач.ПО} = 1.2 * 0.8 = 0,96$$

- из условия отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ в режиме, соответствующем началу торможения, согласно (2):

$$I_{нач.ПО} = 1.3 * 0.1 * 0.8 = 0.104$$

Принято: $I_{нач.ПО} = 0,96$.

Коэффициент торможения пускового органа $K_{торм.ПО}$:

- вторичное значение тока небаланса при внешнем КЗ, согласно (4):

$$I_{нб.расч.} = 2 * 0.1 * 1200 / 20 = 12 \text{ А}$$

и в относительных значениях $12 / 5 = 2,4$.

- коэффициент торможения $K_{торм.ПО}$ согласно (3):

$$K_{торм.ПО} = (1,5 * 2,4) / [0,5 * (1200 + 9 * 133) / (20 * 5)] = 0,15$$

Принято минимально возможное значение $K_{торм.ПО} = 0,6$

Ток начала торможения $I_{н.т.}$: $I_{н.т.ПО} = 0,96 / 0.6 = 1,6$.

Для избирательных органов принимаем:

$$I_{нач.ИО} = I_{нач.ПО} = 0,96$$

$$I_{н.т.ИО} = I_{н.т.ПО} = 1,6$$

$$K_{торм.ИО} = K_{торм.ПО} = 0,6$$

Расчет дифференциальной токовой отсечки

Для пусковых органов:

- по условию отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ согласно (7):

$$I_{дто.ПО} = 2 * 0,7 * 1200 / (20 * 5) = 16,8$$

- по условию отстройки от дифференциального тока в условиях обрыва вторичной цепи трансформатора тока, согласно (8):

$$I_{дто.ПО} = 1.3 * 0.8 = 1,04$$

Принято $I_{дто ПО} = 16,8$.

Для избирательных органов: $I_{дто.ИО1} = I_{дто.ИО2} = I_{дто.ПО}$

Расчет чувствительных органов

Для пусковых органов из условия обеспечения требуемой чувствительности в минимальном режиме КЗ на сборных шинах, относительное значение тока срабатывания согласно (8):

$$I_{\text{что.ПО}} = 1200 / (20 * 5) / 2 = 6,0$$

$$I_{\text{что.ПО}} = I_{\text{что.ИО1}} = I_{\text{что.ИО2}}$$

7 Выдержки времени, необходимые для конфигурирования устройства приведены в таблице 2.

Таблица 2

Уставка	Диапазон, с.	Описание	Рекомендуемое значение
Туд.	0,10-10,00	Минимальное время удержания выходных реле при срабатывании ДЗШ или УРОВ	В 2 раза превышает время отключения наиболее инерционного выключателя защищаемых шин
Точ.АПВ	0,10-30,00	Длительность режима очувствления ДЗШ в режиме АПВ	См. комментарий
Т блок. ДЗШ	0,05-1,00	Время блокировки ПО при опробовании присоединений «с открытием плеча»	В 2 раза превышает время отключения наиболее инерционного выключателя защищаемых шин
Точ.опр.	0,05-1,00	Длительность режима очувствления ДЗШ при оперативном опробовании	В 2 раза превышает время срабатывания ДЗШ. Рекомендуется задать 0,08 с.

Режим очувствления ДЗШ в режиме АПВ вводится автоматически по факту срабатывания ДЗШ. Очувствление должно перекрывать время срабатывания АПВ $T_{\text{ср.АПВ}}$ и время последующего срабатывания ДЗШ $T_{\text{ср.ДЗШ}}$ в случае неуспешного АПВ:

$$T_{\text{оч.АПВ}} = T_{\text{ср.АПВ}} + T_{\text{ср.ДЗШ}} + T_{\text{зап}}$$

где $T_{\text{зап}}$ – время запаса, принять $T_{\text{зап}} = 0.1$ с.