

Рекомендации по выбору уставок устройства защиты двухобмоточного трансформатора «Сириус-Т» (для версий 3.00 и новее)

1 Краткое описание устройства

1.1 Устройство микропроцессорной защиты «Сириус-Т» (в дальнейшем – устройство), предназначено для выполнения функций основной защиты двухобмоточного (в том числе с расщепленной обмоткой низшего напряжения (НН), имеющей одинаковые номинальные напряжения) трансформатора с высшим напряжением 35-220 кВ [2]. Также возможно использование в качестве продольной дифференциальной защиты реактора или мощного синхронного двигателя.

В случае применения устройства для защиты трансформатора с расщепленной обмоткой стороны НН, вторичные обмотки трансформаторов тока (ТТ) со стороны НН включаются по схеме «на сумму вторичных токов».

Данные рекомендации по выбору уставок предназначены для устройств с версией программного обеспечения 3.00 и новее.

1.2 Устройство подключается к вторичным цепям ТТ, установленным на двух сторонах силового трансформатора. В зависимости от типа исполнения устройства [2] (оговаривается при заказе) возможно подключение к следующим комбинациям вторичных номинальных токов ТТ:

5/5 – ТТ стороны ВН – 5 А, ТТ стороны НН – 5 А;

1/1 – ТТ стороны ВН – 1 А, ТТ стороны НН – 1 А;

1/5 – ТТ стороны ВН – 1 А, ТТ стороны НН – 5 А;

5/1 – ТТ стороны ВН – 5 А, ТТ стороны НН – 1 А.

Рекомендуется включение ТТ на всех сторонах трансформатора по схеме «звезда». Выравнивание величины и фазы токов производится цифровым способом внутри устройства.

Используемые ТТ должны быть проверены стандартными расчетами на соответствие требованиям, предъявляемым к ТТ, питающим токовые цепи устройств релейной защиты [1, 5]. ТТ должны соответствовать ГОСТ 7746-2001, иметь класс точности 5Р или 10Р с номинальной кратностью $K_{10\text{ ном}}$ не менее 20.

В тех случаях, когда условие по номинальной кратности ТТ не выполняется, необходимо попробовать использовать меры по увеличению значения предельной кратности:

— увеличить первичный номинальный ток ТТ;

— снизить нагрузку на вторичные цепи ТТ.

1.3 Продольная дифференциальная защита имеет две ступени: ДЗТ-1 (быстродействующая дифференциальная токовая отсечка) и ДЗТ-2 (чувствительная дифференциальная токовая защита с торможением от сквозного тока и отстройкой от бросков тока намагничивания (БНТ)).

Также предусмотрен контроль небаланса в плечах дифференциальной защиты с действием на сигнализацию (ДЗТ-3).

1.4 В устройстве формируются дифференциальные и тормозные токи (с учетом принятых положительных направлений токов в трансформаторе, рисунок 1):

$$\begin{aligned} I_{\text{диф}} &= I_1 + I_2; \\ I_{\text{торм}} &= 0,5 |I_1 - I_2|; \end{aligned} \quad (1)$$

Принятый способ формирования тормозного тока обеспечивает правильное функционирование защиты и при одностороннем, и при двустороннем питании защищаемого трансформатора.

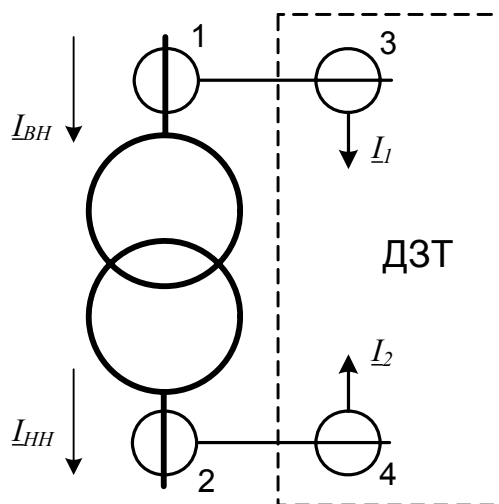


Рисунок 1 – Принятые положительные направления токов в трансформаторе:
1 и 2 – измерительные ТТ сторон ВН и НН; 3 и 4 – цифровые ТТ внутри устройства.

1.5 Тормозная характеристика чувствительной ступени ДЗТ-2 изображена на рисунке 2. Она построена в относительных единицах, то есть токи приведены к базисному току стороны ВН.

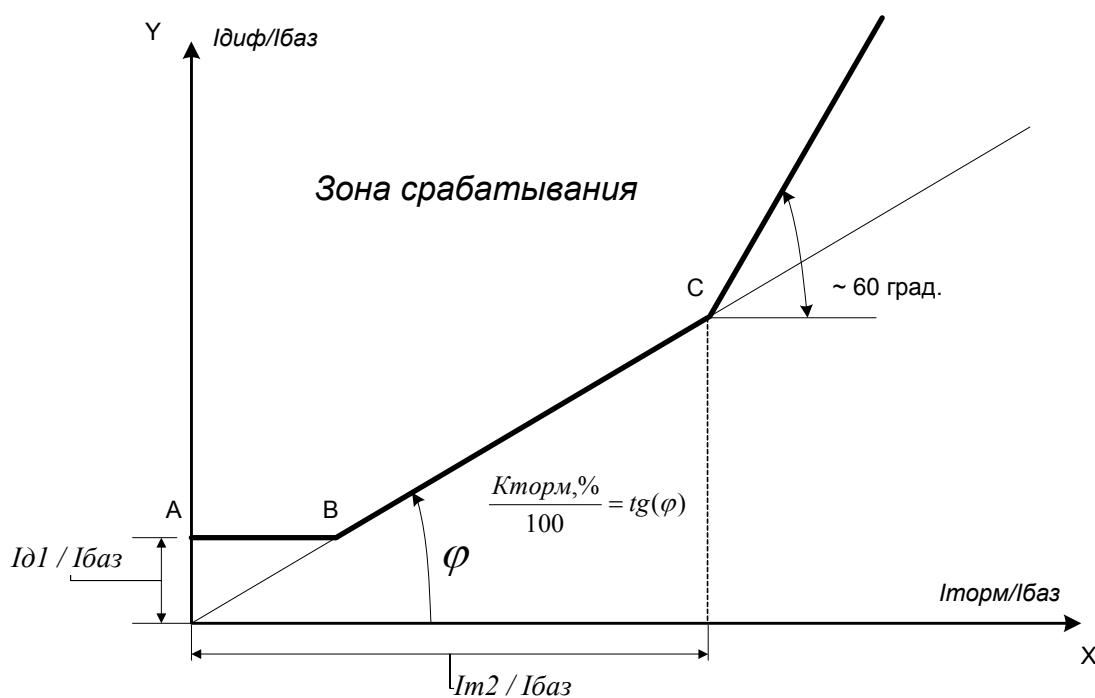


Рисунок 2 – Тормозная характеристика ступени ДЗТ-2

Тормозная характеристика определяется уставками:

- « $I_{д1}/I_{баз}$ » – минимальный дифференциальный ток (отнесенный к $I_{баз}$) срабатывания;
- « $K_{торм, \%}$ » – коэффициент торможения второго участка характеристики;
- « $I_{м2}/I_{баз}$ » – точка второго излома характеристики.

В качестве базисного тока в устройстве принято значение уставки « $I_{баз.ВН}$ ».

Характеристика имеет три участка:

УЧАСТОК 1 (отрезок А – В): точка В (точка первого излома характеристики) получается как пересечение уставки «ДЗТ-2 – $I_{д1}/I_{баз}$ » с прямой, проходящей через начало координат.

нат и точку С. На данном участке дифференциальный ток, необходимый для отключения, постоянный.

УЧАСТОК 2 (между точками В и С): точка С определяется двумя уставками – наклоном прямой «ДЗТ-2 – $K_{\text{торм}}$, %» и «ДЗТ-2 – $I_{\text{м2}}/I_{\text{баз}}$ ».

УЧАСТОК 3 (правее точки С): начало лежит в точке С, наклон участка постоянен и равен 60 градусам.

1.6 Блокировка чувствительной ступени ДЗТ-2 при БНТ основывается на контроле отношения действующего значения второй гармоники к действующему значению первой гармоники дифференциального тока. Порог срабатывания блокировки определяется уставкой « $I_{\text{дг2}}/I_{\text{дг1}}$ ».

2 Выбор уставок дифференциальной токовой защиты

2.1 Расчет общих уставок

Выбору подлежат:

$I_{\text{баз.ВН}}$ – базисный ток стороны ВН, который принимается равным номинальному вторичному току стороны ВН трансформатора;

$I_{\text{баз.НН}}$ – базисный ток стороны НН, который принимается равным номинальному вторичному току стороны НН трансформатора;

Группа ТТ ВН – группа сборки цифровых ТТ на стороне ВН;

Группа ТТ НН – группа сборки цифровых ТТ на стороне НН;

$\text{Размах РПН, \%}$ – размах регулирования РПН.

Уставки $I_{\text{баз.ВН}}$, $I_{\text{баз.НН}}$, Размах РПН можно выбирать либо исходя из полного размаха РПН и его среднего ответвления, либо исходя из реально возможных отклонений регулятора и некоторого оптимального напряжения $U_{\text{опт}}$. Понятие $U_{\text{опт}}$ подробно рассмотрено в [1, п. 2.1.4]. Согласно указанному пункту $U_{\text{опт}}$ характеризуется тем, что ему соответствуют равные по значению небалансы при крайних, реально возможных отклонениях регулятора в сторону увеличения ($+\text{РО}_{\text{max раб}}$) и в сторону уменьшения ($-\text{РО}_{\text{max раб}}$) напряжения регулируемой обмотки. Однако в [1] небалансы находятся для реле без торможения при расчетном внешнем КЗ. В случае защиты «Сириус-Т» небалансы следует стремиться снизить в пределах первого и второго участков тормозной характеристики, на относительно небольших сквозных токах. В этих условиях понятие оптимального ответвления сводится к понятию середины реально используемого диапазона регулирования РПН.

Номинальные токи сторон силового трансформатора определяются по выражению:

$$I_{\text{НОМ.ПЕРВ.}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.СР}}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{НОМ.СР}}$ – номинальное напряжение стороны в среднем положении РПН, либо напряжение при среднем значении оптимального диапазона регулирования РПН (см. выше).

Расчет вторичных номинальных токов сторон, соответствующих номинальной мощности трансформатора, производится по выражению:

$$I_{\text{НОМ,ВТОР.}} = \frac{I_{\text{НОМ.ПЕРВ.}} \cdot k_{\text{СХ}}}{K_I}, \quad (3)$$

где K_I – коэффициент трансформации ТТ соответствующей стороны;

$k_{\text{СХ}}$ – коэффициент схемы, учитывающий схему соединения вторичных обмоток ТТ.

При штатном подключении устройства к ТТ, обмотки которых собраны по схеме «звезда», коэффициент схемы $k_{\text{СХ}}$ принимается равным 1. В тех случаях, когда вопреки ре-

комендациям необходимо подключение устройства к ТТ со сборкой вторичных цепей в «треугольник» коэффициент k_{CX} принимается равным $\sqrt{3}$.

Полученные значения $I_{НОМ. ВТОР.}$ принимаются в качестве базисных токов соответствующих сторон трансформатора и задаются с помощью уставок « $I_{баз.ВН}$ » и « $I_{баз.НН}$ ».

Рассчитанные базисные токи сторон необходимо проверить на попадание в допустимый диапазон выравнивания, определяемый номинальным током входа устройства. Базисные токи должны входить в диапазон:

для входа с $I_{ном} = 1$ А: (0,20 – 2,00) А;

для входа с $I_{ном} = 5$ А: (1,01 – 10,00) А.

Если базисный ток не попадает в указанный диапазон, то не обеспечивается необходимая точность выравнивания токов и использование защиты недопустимо. В этом случае возможны варианты решения проблемы:

а) изменение коэффициента трансформации ТТ (если это возможно по другим условиям);

б) использование в токовых цепях внешних выравнивающих автотрансформаторов (например, АТ-31 или АТ-32);

в) возможно изменение номинальных токов входов устройства непосредственно у потребителя по согласованию и инструкции завода-изготовителя.

На трансформаторах с расщепленной обмоткой стороны НН при расчете номинального тока $I_{НОМ. ПЕРВ.}$ по выражению (2) необходимо использовать полную номинальную мощность силового трансформатора, даже если обмотки НН выполнены на половинную мощность трансформатора.

2.2 Расчет уставок чувствительной дифференциальной защиты (ДЗТ-2)

2.2.1 Выбору подлежат:

$I_{д1}/I_{баз}$ – базовая уставка ступени;

$K_{торм}$, % – коэффициент торможения (наклон тормозной характеристики на втором ее участке);

$I_{м2}/I_{баз}$ – вторая точка излома тормозной характеристики;

$I_{д2}/I_{д1}$ – уставка блокировки от второй гармоники.

2.2.2 Базовая уставка дифференциального тока срабатывания на горизонтальном участке без торможения $I_{д1}/I_{баз}$ определяет чувствительность рассматриваемой ступени защиты. Согласно [3] следует стремиться иметь уставку в пределах (0,3 – 0,5) для обеспечения чувствительности к полным витковым замыканиям в переплетенных обмотках и к межкатушечным замыканиям в любых обмотках.

Значение $I_{д1}/I_{баз}$ выбирается по условию отстройки от тока небаланса при протекании номинального (базисного) тока трансформатора:

$$I_{диф}/I_{баз} \geq K_{отс} I_{НБ РАСЧ. *} \quad (4)$$

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

$I_{НБ РАСЧ. *}$ – относительный ток небаланса в нормальном режиме работы защищаемого трансформатора.

Согласно [1] расчетный ток небаланса, порождаемый сквозным током, состоит из трех составляющих:

$$I_{НБ РАСЧ. *} = K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ.} \quad (5)$$

В первом слагаемом (обусловленным погрешностями ТТ):

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим;

$K_{ОДН}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, принимается равным 1,0;

ε – относительное значение полной погрешности трансформаторов тока в установившемся режиме, в соответствии с [1] принимается 0,05.

Несмотря на относительно небольшие уровни сквозных токов в [4] рекомендуется принимать $K_{ПЕР} = 2,5$, если доля двигательной нагрузки в общей нагрузке трансформатора более 50% или $K_{ПЕР} = 2,0$, если доля двигательной нагрузки менее 50%.

Второе слагаемое обусловлено наличием РПН. В устройстве «Сириус-Т» имеется автоматическая подстройка под существующий коэффициент трансформации силового трансформатора. Когда она действует, $\Delta U_{РПН}$ не превышает 4%. Однако подстройка действует медленно и действует лишь при нагрузке трансформатора свыше 30%. При малых нагрузках подстройка отключена. Поэтому за расчетный следует принимать случай недействия подстройки и считать $\Delta U_{РПН}$ равным полному размаху РПН (если расчеты по пункту 2.1 велись по полному диапазону регулирования) либо размаху относительно оптимального отклонения (если расчеты велись по реально используемому диапазону регулирования). Очевидно, что действие подстройки создаст дополнительный запас по отстроенности от тока небаланса.

Третье слагаемое обусловлено неточностью задания номинальных токов сторон ВН и НН – округлением при установке, а также некоторыми метрологическими погрешностями, вносимыми элементами устройства. По данным фирмы-изготовителя расчетное значение можно принимать $\Delta f_{ДОБАВ} = 0,04$.

Если полученное по выражению (4) значение меньше 0,3, то необходимо принять $I_{диф}/I_{баз} = 0,3$.

2.2.3 Коэффициент торможения $K_{торм}$ должен обеспечить несрабатывание ступени при сквозных токах, соответствующих второму участку тормозной характеристики (примерно от 1,0 до 3,0 $I_{баз}$). Такие токи возможны при действии устройств АВР трансформаторов, АВР секционных выключателей, АПВ питающих линий.

Если по защищаемому трансформатору проходит сквозной ток $I_{СКВ}$, он может вызвать дифференциальный ток, который равняется току небаланса:

$$I_{диф} = I_{НБ РАСЧ.} = (K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}) \cdot I_{СКВ}, \quad (6)$$

где ε – относительное значение полной погрешности ТТ в установившемся режиме (для ТТ класса 10Р принимается значение 0,1, для 5Р – 0,05).

Остальные коэффициенты принимаются в соответствии с п. 2.2.2.

С учетом способа формирования тормозной ток равен:

$$I_{ТОРМ} = (I_{СКВ} + I_{СКВ} - I_{диф}) / 2 \quad (7)$$

При выводе данной формулы (7) предполагалось, что один ТТ работает точно, второй имеет погрешность, равную $I_{диф}$.

Введем, по аналогии с [4] понятие коэффициента снижения тормозного тока:

$$K_{СН.Т.} = I_{ТОРМ} / I_{СКВ} = 1 - 0,5 \cdot (K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}) = 1 - 0,5 \cdot I_{НБ РАСЧ.}^* \quad (8)$$

Чтобы реле не сработало, коэффициент торможения в процентах должен определяться по выражению:

$$K_{ТОРМ} \geq 100 I_{диф} / I_{ТОРМ} = 100 \cdot K_{ОТС} (K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}) / K_{СН.Т.} = 100 \cdot K_{ОТС} \cdot I_{НБ РАСЧ.}^* \quad (9)$$

2.2.4 Вторая точка излома тормозной характеристики $Im2/I_{баз}$ определяет размер второго участка тормозной характеристики. В нагрузочном и аналогичных режимах тормозной ток равен сквозному. Появление витковых КЗ лишь незначительно изменяет первичные токи, поэтому тормозной ток почти не изменится. Для высокой чувствительности к витковым КЗ следует, чтобы во второй участок попал режим номинальных нагрузок ($Im/I_{баз} = 1$), режим допустимых длительных перегрузок ($Im/I_{баз} = 1,3$). Желательно, чтобы во второй участок попали и режимы возможных кратковременных перегрузок (самозапуск двигателей после АВР, пусковые токи мощных двигателей, если таковые имеются). Поэтому рекомендуется установка $Im2/I_{баз} = 1,5 - 2$.

2.2.5 Первая точка излома тормозной характеристики вычисляется в устройстве автоматически и равна:

$$I_{m1}/I_{баз} = (I_{д1}/I_{баз}) \cdot 100 / K_{ТОРМ} \quad (10)$$

При больших уставках ($I_{д1}/I_{баз}$) следует убедиться, что первая точка не заходит за вторую.

2.2.6 Уставка блокировки по второй гармонике $I_{д2}/I_{д1}$ на основании опыта фирм, давно использующих такие защиты, рекомендуется на уровне 12-15%.

2.3 Расчет уставок дифференциальной токовой отсечки (ДЗТ-1)

2.3.1 Выбору подлежит:

$I_{диф}/I_{баз}$ – относительное значение уставки срабатывания отсечки.

Согласно [1] уставка должна выбираться из двух условий:

- отстройки от тока при БНТ;
- отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме расчетного внешнего КЗ.

2.3.2 Для обеспечения отстройки от БНТ необходимо выполнение условия [1]:

$$I_{диф}/I_{баз} \geq 6 \quad (11)$$

Отсечка реагирует как на первую гармонику дифференциального тока, так и на мгновенные значение этого же тока. Уставка по мгновенному значению равна $2,5 \cdot I_{диф}/I_{баз}$. Выполнение условия (11) автоматически обеспечивает недействие дифференциальной отсечки по мгновенному значению при БНТ.

2.3.3 Расчетное выражение для отстройки от тока небаланса при внешнем КЗ [1]:

$$I_{диф}/I_{баз} \geq K_{ОТС} (K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}) I_{КЗ ВН.МАКС.} \cdot \quad (12)$$

где $K_{ОТС}$ – коэффициент отстройки принимается равным 1,5;

$K_{ПЕР}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим, принимается 3,0.

Остальные коэффициенты аналогичны коэффициентам из формулы (5).

2.4 Сигнализация небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3)

Уставка по току выбирается меньше, чем минимальная уставка чувствительной ступени ДЗТ-2 ($I_{д1}/I_{баз}$), а уставка по времени порядка нескольких секунд, что позволяет выявлять неисправности в токовых цепях дифференциальной защиты.

Рекомендуемые значения уставок: $I_{д}/I_{баз} = 0,1$; $T, с = 10$.

3 Пример расчета дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора

3.1 Исходные данные для расчета соответствуют примерам 2.3.1. и 2.3.2 из [1].

Двухобмоточный трансформатор 115/6,6 кВ мощностью 16 МВА. РПН в нейтрали ВН с пределом регулирования $\pm 16\%$ от номинального напряжения, реально используемый диапазон $\pm 13\%$. Сборка обмоток Yd-11. Коэффициент трансформации ТТ на стороне ВН – 150/5; на стороне НН – 2000/5. ТТ собраны по схеме «звезда» с обеих сторон трансформатора. Класс точности – 10Р.

3.2 Выбор общих параметров дифференциальной защиты

Таблица 1 – Расчет уставок, определяющих вторичные токи в плечах защиты, соответствующие номинальной мощности защищаемого трансформатора

Наименование величины	Обозначение и метод определения	Числовое значение для стороны	
		ВН	НН
Первичный ток на сторонах защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А	$I_{НОМ\ ПЕРВ.} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ,СР}}$	$\frac{16000}{115\sqrt{3}} = 80,4$	$\frac{16000}{6,6\sqrt{3}} = 1400$
Коэффициент трансформации трансформатора тока	$\frac{K_I}{(I_{ПЕРВ.ТТ} / I_{ВТОР.ТТ})}$	150/5	2000/5
Схема соединения трансформаторов тока (электрических)	Y, D	Y	Y
Вторичный ток в плечах защиты, соответствующий номинальной мощности защищаемого трансформатора, А	$I_{НОМ\ ВТОР.} = \frac{I_{НОМ\ ПЕРВ.}}{K_I} \cdot k_{СХ}$	$\frac{80,4 \cdot 1}{150/5} = 2,68$	$\frac{1400 \cdot 1}{2000/5} = 3,5$
Принятые значения уставок (округление до двух знаков после запятой)	«I _{баз} ВН», «I _{баз} НН» диапазон уставок: (0,15—30,00) А	2,68	3,50

Рассчитанные базисные токи сторон проверяем на попадание в допустимый диапазон выравнивания, определяемый номинальным током входа устройства. Для $I_{ном} = 5А$ базисные токи должны входить в диапазон: (1,01 – 10,00) А. Значения 2,68 и 3,5 укладываются в указанный диапазон.

С учетом реально используемого диапазона регулирования РПН, принимаем уставку «Размах РПН, %» равной 13.

Уставки «Группа ТТ ВН» и «Группа ТТ НН» подбираются с учетом группы защищаемого трансформатора и групп сборки измерительных ТТ по таблицам, указанным в [2].

Пусть в соответствии с принятым обозначением [2] используется первый тип подключения дифференциальной защиты, то есть разноименные группы сборки ТТ. Для трансформатора Yd-11 в сети с заземленной нейтралью на стороне ВН (110 кВ) по таблицам получаем следующие значения уставок: «Группа ТТ ВН — 11» и «Группа ТТ НН — 0».

3.3 Выбор уставок чувствительной дифференциальной защиты (ДЗТ-2)

Таблица 2 – Расчет уставок чувствительной ступени дифференциальной защиты

Наименование величины	Обозначение и метод определения	Числовое значение
Расчетный ток небаланса при протекании тока равного базисному (в относительных единицах)	$I_{НБ\text{ РАСЧ.}} = K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}$	$2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,13 + 0,04 = 0,37$
Выбор уставки срабатывания	должно выполняться условие: $I_{\Delta 1/I_{\Delta 3}} \geq K_{ОТС} I_{НБ\text{ РАСЧ.}}$	$1,2 \cdot 0,37 = 0,44$
Принятое значение базовой уставки срабатывания	« $I_{\Delta 1/I_{\Delta 3}}$ » диапазон уставки: (0,3—1,0) $I_{\Delta 3}$	принимаем 0,50
Коэффициент снижения тормозного тока	$K_{СН.Т.} = 1 - 0,5 \cdot I_{НБ\text{ РАСЧ.}}$	$1 - 0,5 \cdot 0,37 = 0,815$
Расчетный коэффициент торможения в процентах	$K_{ТОРМ} = 100 I_{\Delta\text{ ДИФ}} / I_{ТОРМ} = 100 \cdot K_{ОТС} \cdot I_{НБ\text{ РАСЧ.}} / K_{СН.Т.}$	$100 \cdot 1,3 \cdot 0,37 / 0,815 = 59$
Принятое значение уставки коэффициента торможения (округление до целого числа)	« $K_{ТОРМ}, \%$ » диапазон уставки: (10—100) %	59
Принятое значение уставки второй точки излома	« $I_{m2/I_{НОМ}}$ » рекомендуемый диапазон уставки: (1,0—2,0) $I_{НОМ}$	2,0
Принятое значение уставки блокировки по второй гармонике	$I_{\Delta 2/I_{\Delta 1}}$ диапазон уставки: (0,06—0,20)	0,15

3.4 Выбор уставок дифференциальной отсечки (ДЗТ-1)

Согласно примера [1] для рассматриваемого трансформатора максимальный ток внешнего расчетного КЗ равен 1022 А.

Таблица 3 – Расчет уставок дифференциальной отсечки

Наименование величины	Обозначение и метод определения	Числовое значение
Максимальный ток внешнего КЗ на стороне НН, приведенный к стороне ВН, А	$I_{КЗ\text{ ВНЕШ. МАКС}}$	1022
Расчетный ток максимального внешнего КЗ приведенный к номинальному току трансформатора (в относительных единицах)	$I_{КЗ\text{ ВНЕШ. МАКС}}^* = I_{КЗ\text{ ВНЕШ. МАКС}} / I_{НОМ.ВН}$	$1022 / 80,4 = 12,8$
Расчетный ток небаланса при внешнем КЗ	$I_{НБ} = K_{ОТС} (K_{ПЕР} K_{ОДН} \cdot \varepsilon + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{ДОБАВ}) I_{КЗ\text{ ВН.МАКС.}}$	$1,5 \cdot (3 \cdot 0,1 + 0,13 + 0,04) \times 12,8 = 9,02$
Выбор уставки срабатывания с учетом отстройки от БНТ и небаланса при внешнем КЗ	должно выполняться условие: $I_{\Delta\text{ ДИФ}}/I_{\Delta 3} \geq I_{НБ}$ и $I_{\Delta\text{ ДИФ}}/I_{\Delta 3} \geq 6$	принимаем значение 9
Принятое значение уставки (округление до одного знака после запятой)	« $I_{\Delta\text{ ДИФ}}/I_{\Delta 3}$ » диапазон уставки: (4,0—30,0) $I_{\Delta 3}$	9

3.5 Проверка чувствительности дифференциальной защиты

Коэффициент чувствительности ДЗТ-2 должен быть больше 2 [1]. Для дифференциальных защит понижающих трансформаторов в качестве расчетного принимается двухфазное КЗ на выводах низшего напряжения. Как показывает опыт, в подавляющем большинстве случаев чувствительность обеспечивается и поэтому производить проверку не целесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Руководящие указания по релейной защите. Вып.13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985, - 96 с.
- 2 Микропроцессорное устройство защиты «Сириус-Т». Руководство по эксплуатации.– М.: ЗАО «РАДИУС Автоматика», 2010.
- 3 Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.
- 4 Рекомендации по применению и выбору уставок дифференциального модуля SPCD 3D53 реле SPAD 346C. SPAD 346C. Дифференциальное реле с торможением. Руководство пользователя и техническое описание.-АББ Реле – Чебоксары, 1999.
- 5 Методические указания по расчету уставок защит подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА».– ОАО «ФСК ЕЭС»; ООО «Исследовательский центр «Бреслер»» – Чебоксары, 2009.