МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ с использованием микропроцессорного устройства «Сириус-Т»

Методические указания для дипломного проектирования защит трансформаторов раздела «Релейная защита» для студентов направления 140200 (специальность 140211)

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Релейная защита систем электроснабжения»

(направление 140200, специальность 140211)

Составили: доцент Д.Н. Шестаков, ассистент С.Ю. Помялов

Утверждены на заседании кафедры «<u>3</u>» марта 2010 г.

Рекомендованы методическим советом университета $<\!\!< 16 >\!\!>$ марта 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие сведения о защитах трансформатора	4
1.1	Устройства релейной защиты от повреждения трансформаторов	4
1.2	Устройства релейной защиты от ненормальных режимов работы трансформатора	10
2	Сведения о микропроцессорном устройстве «Сириус-Т»	11
2.1	Описание устройства «Сириус-Т»	11
2.2	Назначение устройства «Сириус-Т»	12
2.3	Конструкция устройства «Сириус-Т»	13
2.4	Технические характеристики устройства «Сириус-Т»	15
2.5	Описание работы устройства «Сириус-Т»	17
2.6	Выбор уставок устройства «Сириус-Т»	27
3	Пример расчёта и выбора уставок защиты трансформатора с применением устройства «Сириус-Т»	32
3.1	Исходные данные для расчёта уставок защиты трансформатора с применением устройства «Сириус-Т»	32
3.2		
3.3	Расчёт уставок токовой отсечки (МТЗ-1 ВН) защиты трансформатора	40
3.4	Расчёт уставок максимальной токовой защиты стороны НН трансформатора (МТЗ НН)	41
3.5	Расчёт уставок максимальной токовой защиты стороны BH трансформатора (MT3-2 BH)	42
3.6	Расчёт уставок защиты от перегрузки трансформатора	43
3.7	Газовая защита трансформатора	44
3.8	Параметры настройки (уставки) защит трансформатора выполненных с применением устройства «Сириус-Т»	
4	Подключение устройства «Сириус-Т»	47
	Список литературы	55
	1 /1	

Настоящие методические указания предназначены для проектирования защит трансформаторов при выполнении раздела «Релейная защита» дипломного проекта для студентов направления 140200 (специальность 140211).

Данные методические указания не могут заменить инструкцию по техническому обслуживанию устройства и рекомендаций по выбору уставок срабатывания устройств защит трансформаторов.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАЩИТАХ ТРАНСФОРМАТОРА

Для силовых трансформаторов предусматривается релейная защита от повреждений и ненормальных режимов работы. К повреждениям относят:

- многофазные КЗ в обмотках и на выводах трансформатора;
- однофазные КЗ на землю в обмотках и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
 - витковые замыкания в обмотках.

К ненормальным режимам относят:

- прохождение сверхтоков в обмотках при внешних КЗ;
- прохождение сверхтоков при перегрузках трансформатора;
- понижение уровня масла в маслонаполненных трансформаторах.

1.1 Устройства релейной защиты от повреждения трансформаторов

ПУЭ и соответствующая нормативная документация по релейной защите определяют виды и объем защиты в зависимости от типа трансформатора и места его установки.

Дифференциальная защита

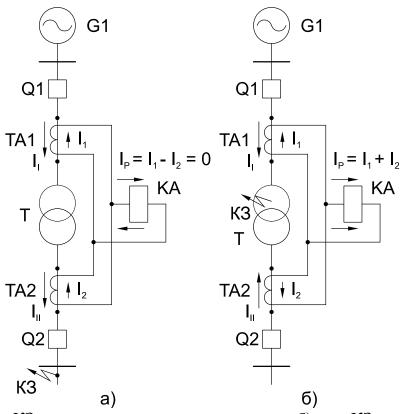
Дифференциальная защита устанавливается на одиночно работающих трансформаторах мощностью 6300 кВ·А и выше, на параллельно работающих трансформаторах мощностью 4000 кВ·А и выше, а также на трансформаторах мощностью 1000 кВ·А и выше, если токовая отсечка не обеспечивает достаточной чувствительности ($k_{\rm q}$ < 2), а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с.

Дифференциальные защиты выполняют в виде: дифференциальной токовой отсечки, дифференциальной токовой защиты с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока, дифференциальной токовой защиты с реле, имеющими торможение.

Для защиты трансформаторов мощностью 6300 кВ·А и выше от междуфазных замыканий, витковых и замыканий на землю используют дифференциальную токовую защиту, действующую без выдержки времени на отключение всех выключателей трансформаторов.

Принцип действия дифференциальной защиты подробно описан в [1-3] и основан на сравнении величин и направлении токов до и после защищаемого

трансформатора. Распределение токов по цепям защиты при КЗ в трансформаторе и вне него продемонстрировано на рисунке 1.1.



а) при внешнем КЗ на шинах низшего напряжения; б) при КЗ в трансформаторе Рисунок 1.1 - Распределение токов по цепям защиты

При проектировании защиты необходимо выполнить уравновешивание вторичных токов в плечах защиты так, чтобы ток в реле отсутствовал и дифференциальная защита не работала при нагрузке и внешних КЗ (рисунок 1.1а). При повреждении в трансформаторе (рисунок 1.1б) ток в реле превысит уставку защиты – реле сработает и отключит трансформатор.

Расчет продольной дифференциальной защиты трансформаторов следует выполнять с учетом некоторых особенностей, влияющих на ее выполнение и надежную работу.

Поскольку у трансформаторов величины токов обмоток высшего, среднего и низшего напряжений не равны, то трансформаторы тока, выбираемые по номинальным токам обмоток, имеют различные коэффициенты трансформации и конструктивное исполнение. Вследствие этого различны их характеристики и погрешности.

Номинальные токи трансформаторов, как правило, не совпадают с номинальными токами трансформаторов тока, выпускаемых промышленностью. Номинальный ток трансформаторов тока выбирается большим по отношению к величине номинального тока защищаемого трансформатора. Это вызывает дополнительный ток небаланса в реле, от которого необходимо отстроить защиту.

При сквозном КЗ ток небаланса в реле возрастает пропорционально току КЗ, а также вследствие возрастания погрешностей трансформаторов тока (ТТ) с

неодинаковыми характеристиками, что может вызвать ложное срабатывание дифференциальной защиты.

Таким образом, для снижения тока небаланса, вызванного неравенством вторичных токов ТТ дифференциальной защиты, необходимо выравнивание этих токов, что достигается использованием уравнительных обмоток дифференциальных реле с промежуточными трансформаторами в реле типа РНТ-565, ДЗТ-11 или применением коэффициентов выравнивания для разных сторон трансформатора в современных микропроцессорных защитах.

Кроме этого, рассмотренное выше выравнивание этих токов справедливо только для трансформаторов, имеющих одинаковое соединение обмоток: звезда — звезда или треугольник — треугольник. При различном соединении обмоток указанное выравнивание токов несправедливо, так как токи со стороны обмотки, соединенной в звезду, и токи со стороны «треугольника» оказываются сдвинутыми относительно друг друга на некоторый угол, величина которого зависит от схемы соединения обмоток. Угловой сдвиг токов создает большие токи небаланса в реле дифференциальной защиты.

Для компенсации углового сдвига вторичных токов, вторичные обмотки трансформаторов тока должны соединяться по схеме, противоположной схеме соединения обмоток силового трансформатора.

Распределение токов в нагрузочном режиме по вторичным обмоткам трансформаторов тока и векторные диаграммы, поясняющие принцип компенсации углового сдвига вторичных токов в цепях защиты, представлены на рисунке 1.2.

Определение параметров настройки (уставок) и чувствительности продольной дифференциальной защиты понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ выполняется в соответствии с принятым типом реле и подробно описан в указаниях по релейной защите [4].

Чувствительность дифференциальной защиты проверяется при КЗ на выводах низшего (среднего и низшего) напряжения трансформатора с учетом влияния тока, протекающего в реле; регулирования напряжения (РПН) при работе устройств автоматического регулирования коэффициента трансформации.

В соответствии с ПУЭ коэффициент чувствительности дифференциальной защиты должен быть не менее 2.

Для защиты используются дифференциальные реле разных типов: с торможением и без. Выбор типа реле определяется требованиями чувствительности защиты.

Если защита с реле без торможения не обеспечивает коэффициент чувствительности более 2, то используют дифференциальную защиту с торможением. Тормозная обмотка дифференциального реле, как правило, подключается к трансформаторам тока, установленным на стороне низшего (среднего и низшего) напряжения трансформатора, что обеспечивает отсутствие торможения при КЗ в защищаемой зоне.

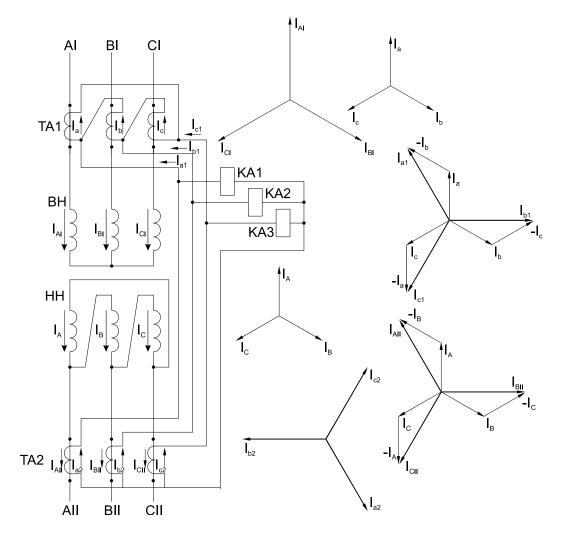


Рисунок 1.2 - Распределение токов в нагрузочном режиме по вторичным обмоткам трансформаторов тока и векторные диаграммы токов в цепях защиты

Газовая защита

Газовая защита устанавливается на трансформаторах, автотрансформаторах, преобразовательных агрегатах и реакторах с масляным охлаждением, имеющих расширители.

Газовая защита получила широкое применение в качестве чувствительной при возникновении внутренних повреждений (межвитковых замыканий), сопровождаемых электрической дугой или нагревом деталей, что приводит к разложению масла, изоляционных материалов и образованию летучих газов.

Интенсивность газообразования и химический состав газа зависят от характера и размеров повреждения. Поэтому защита выполняется так, чтобы при медленном газообразовании подавался предупредительный сигнал, при бурном газовыделении, происходящем при КЗ, — сигнал на отключение трансформатора. Помимо этого, газовая защита реагирует на понижение уровня масла в баке трансформатора.

Опасным внутренним повреждением является «пожар стали» магнитопровода, возникающий при нарушении изоляции между листами стали сердечника, что ведёт к увеличению потерь на гистерезис и вихревые токи. Газовая защита обязательно устанавливается на трансформаторах мощностью 6300 кВ·А и выше, а также на трансформаторах 1000 – 4000 кВ·А, не имеющих дифференциальной защиты или отсечки и если МТЗ имеет выдержку времени более 1 секунды. При наличии быстродействующих защит её применение допускается. На внутрицеховых трансформаторах мощностью 630 кВ·А и выше газовая защита обязательна к применению, независимо от наличия других быстродействующих защит.

Токовая отсечка

Для защиты трансформаторов мощностью менее 6300 кB·A, работающих одиночно, и трансформаторов мощностью менее 4000 кB·A, работающих параллельно, устанавливается токовая отсечка, принцип действия которой рассмотрен в [5; 6].

Токовая отсечка устанавливается со стороны источника и получает питание, как правило, от тех же трансформаторов тока, что и максимальная токовая защита от внешних КЗ. На рисунке 1.3 указано расположение токовой отсечки и точки повреждения, в которых необходимо знать токи КЗ для расчета уставок защиты.

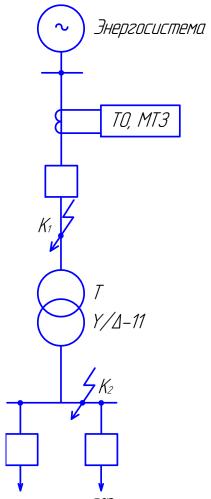


Рисунок 1.3 - Расположение точек КЗ для расчета уставок максимальной токовой защиты и токовой отсечки

Если токовая отсечка устанавливается на трансформаторах в сети с большими токами замыкания на землю (сеть с глухозаземленной нейтралью трансформаторов), то выполняется она в трех релейном исполнении.

Уставка тока срабатывания токовой отсечки определяется из условия не срабатывания при повреждениях на отходящих линиях, со стороны нагрузки за трансформатором, по следующему выражению:

$$I_{TO} \ge k_{OTC} \cdot I_{K3 \text{ max}}^{(3)},$$
 (1.1)

где ${\bf k}_{\mbox{\scriptsize OTC}}$ – коэффициент отстройки защиты (1,3 – 1,4);

 $I_{\rm K3.max}^{(3)}$ — максимальное значение периодической составляющей тока в месте установки зашиты при трехфазном КЗ на стороне низшего напряжения (в точке K_2 на рисунке 1.3).

Чувствительность отсечки проверяется по выражению:

$$k_{\rm q} = \frac{I_{\rm K3.min}^{(2)}}{I_{\rm CP,TO}} , \qquad (1.2)$$

где $I_{\text{K3.min}}^{(2)}$ – минимальный ток двухфазного K3 в точке K_1 (на рисунке 1.3) со стороны источника питания.

По известному значению тока трехфазного КЗ, ток двухфазного КЗ определяется по следующей формуле:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)}, \tag{1.3}$$

где $I_{\mbox{\tiny K3}}^{\mbox{\tiny (3)}}$ – ток трехфазного короткого замыкания.

Согласно ПУЭ коэффициент чувствительности токовой отсечки ($k_{\rm q}$) при двухфазном КЗ в точке К₁ должен быть не менее 2, если же он меньше 2, то в этом случае токовая отсечка может использоваться только в качестве резервной защиты.

Если уставка токовой отсечки выбрана по формуле (1.1), то токовая отсечка будет действовать только при повреждениях в трансформаторе и поэтому может быть выполнена без выдержки времени.

1.2 Устройства релейной защиты от ненормальных режимов работы трансформатора

Токовая защита от сверхтоков при внешних многофазных коротких замыканиях

В качестве защиты трансформаторов от внешних токов КЗ максимальная токовая защита, которая устанавливается на двухобмоточных трансформаторах – со стороны источника питания, а на трехобмоточных – со всех сторон трансформатора.

Максимальная токовая защита служит для отключения питания внешних многофазных КЗ при отказе выключателя смежного поврежденного элемента или его защиты, а также используется как резервная по отношению к основным собственным защитам трансформатора.

На трансформаторах мощностью менее 1000 кВ·А предусматривается максимальная токовая защита, действующая на отключение. Она же вместе с токовой отсечкой является основной защитой трансформатора. На трансформаторах мощностью более 1000 кВ·А должна быть предусмотрена максимальная токовая защита с комбинированным пусковым органом напряжения или без него, принцип действия которой рассмотрен в [5; 6].

Ток срабатывания максимальной токовой защиты от внешних КЗ отстраивается от максимального тока нагрузки по выражению:

$$I_{MT3} \ge \frac{k_{OTC} \cdot k_{3AII}}{k_{B}} \cdot I_{HA\Gamma P.max}, \qquad (1.4)$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки защиты (1,1 – 1,2);

 $\mathbf{k}_{\scriptscriptstyle \mathrm{3AII}}$ – коэффициент самозапуска двигателей;

 ${\bf k}_{_{\rm B}}$ — коэффициент возврата токового реле:

 ${\rm I}_{{\scriptscriptstyle {
m HA\Gamma P.max}}}$ — наибольшее значение тока нагрузки трансформатора.

Согласно ПУЭ максимальная токовая защита должна иметь коэффициент чувствительности более 1,5 при двухфазном КЗ в точке K_2 , указанной на рисунке 1.3.

Токовая защита от перегрузок

Защита от перегрузки предусмотрена на трансформаторах мощностью 400 кВ·А и более. Перегрузка обычно является симметричной, поэтому защиту от перегрузки выполняют одним реле тока, включенным в цепь одного из трансформаторов тока, защиты от внешних коротких замыканий. Для отстройки от коротких замыканий и кратковременных перегрузок предусматривается реле времени. Защита действует на сигнал.

2 СВЕДЕНИЯ О МИКРОПРОЦЕССОРНОМ УСТРОЙСТВЕ «СИРИУС-Т»

2.1 Описание устройства «Сириус-Т»

Описание предназначено для ознакомления в учебных целях с возможностями, принципами работы и конструкцией устройства микропроцессорной защиты «Сириус-Т», поставляемого ЗАО «Радиус Автоматика», Россия, г. Москва. Более подробная информация о применении устройства «Сириус-Т» приведена в техническом описании [7].

Устройство «Сириус-Т» является комбинированным микропроцессорным терминалом релейной защиты и автоматики. Устройство может применяться для защиты элементов распределительных сетей как самостоятельное устройство, так и совместно с другими устройствами РЗА (например, резервной защитой силового трансформатора, газовой защитой и т.д.).

Устройство «Сириус-Т» всегда находится в режиме слежения за подведенными токами. Оно производит измерение электрических параметров входных аналоговых сигналов фазных токов I_A , I_B , I_C сторон высшего и низшего напряжений силового трансформатора.

Устройство периодически измеряет мгновенные значения вторичных токов двух сторон трансформатора с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). При измерениях осуществляется компенсация апериодической составляющей, а также фильтрация высших гармоник входных сигналов. На основе снятых значений вычисляются дифференциальные и тормозные токи трех фаз.

Для сравнения с уставками ступеней максимально-токовой защиты (МТЗ) используется только действующее значение первой гармоники входных сигналов.

На основе отфильтрованных данных вычисляются действующие значения необходимых величин, которые сравниваются с заданными уставками.

Защиты устройства срабатывают, если хотя бы одна контролируемая величина превышает заданную уставку. Далее запускаются временные задержки, заданные для каждой ступени срабатывания. В случае снижения входных токов ниже порога происходит сброс выдержки времени.

После выдержки заданного времени включенных защит происходит выдача команды на отключение выключателя с помощью реле «Откл.».

В момент срабатывания контактов реле происходит фиксация причины (вид сработавшей защиты, внешнее отключение или команда), момента срабатывания защиты при помощи встроенных часов-календаря.

Элементная база входных и выходных цепей обеспечивает совместимость устройства с любыми устройствами защиты и автоматики разных производителей - электромеханическими, электронными, микропроцессорными, а также сопряжение со стандартными системами телемеханики.

Устройство имеет каналы связи для передачи на компьютер данных аварийных отключений, просмотра и изменения уставок, контроля текущего состояния устройства.

2.2 Назначение устройства «Сириус-Т»

Устройство микропроцессорной защиты «Сириус-Т» предназначено для выполнения функций основной защиты двухобмоточного (в том числе с расщепленной обмоткой) трансформатора с высшим напряжением 35-220 кВ. Также возможно использование в качестве дифференциальной защиты реактора или мощного синхронного двигателя. Содержит максимально-токовую защиту (МТЗ) ВН и МТЗ НН с внешним комбинированным пуском напряжения.

Функции защиты, выполняемые устройством:

- двухступенчатая дифференциальная токовая защита трансформатора (токовая отсечка и защита с торможением от сквозного тока и отстройкой от бросков тока намагничивания);
- двухступенчатая МТЗ высшей стороны трансформатора с возможностью комбинированного пуска по напряжению от стороны низшего напряжения (по дискретному входу). Предусмотрен автоматический ввод ускорения при включении выключателя ВН;
- одна ступень МТЗ низшей стороны трансформатора с возможностью комбинированного пуска по напряжению от стороны низшего напряжения (по дискретному входу). Действие на отдельное реле МТЗ-НН и на общие реле отключения с разными временами. Предусмотрен автоматический ввод ускорения при включении выключателя НН;
- защита от перегрузки с действием на сигнализацию.

Функции автоматики и сигнализации, выполняемые устройством:

- управление схемой обдува по двум критериям ток нагрузки и сигналы от датчиков температуры;
- выдача сигнала блокировки РПН при повышении тока нагрузки выше допустимого;
- возможность подключения внешних защит, например, газовой защиты трансформатора;
- формирование сигнала устройством резервирования отказов выключателя (УРОВ) при отказах своего выключателя и исполнение входного сигнала УРОВ при отказах нижестоящих выключателей;
- контроль наличия питания терминала и его работоспособности;
- контроль небаланса в плечах дифференциальной токовой защиты с действием на сигнализацию.

Дополнительные сервисные функции:

- стандартная схема включения независимо от группы соединения обмоток силового трансформатора (не требуются дополнительные ТТ);
- внутренняя цифровая компенсация коэффициента трансформации и

фазы ТТ;

- коррекция погрешности, вносимой изменением положения РПН;
- встроенный аварийный цифровой осциллограф всех токовых каналов (для анализа работы ДЗТ), регистратор событий и встроенные часы-календарь;
- внутренняя цифровая сборка токовых цепей ВН в треугольник и возможность использования полученных токов для реализации ступеней МТЗ ВН;
- возможность работы реле сигнализации «Внешняя неисправность» в непрерывном или импульсном режиме работы;
- наличие двух независимых интерфейсов связи RS232C и токовой петли(RS485) для связи с компьютером.

2.3 Конструкция устройства «Сириус-Т»

Конструктивно устройство выполнено в виде стального блока (кассеты), имеющего лицевую панель (пульт управления).

В блоке расположены модули с установленными на них печатными платами и другими элементами. В устройство входят следующие основные узлы:

- модуль микропроцессорного контроллера;
- модуль клавиатуры и индикации;
- модуль питания;
- модуль выходных реле;
- модуль выходных реле и оптронных входов;
- модуль входных развязывающих трансформаторов тока.

Габаритные размеры устройства 305x190x225 мм.

Внешний вид и размеры устройства «Сириус-Т» показаны на рисунке 2.1.

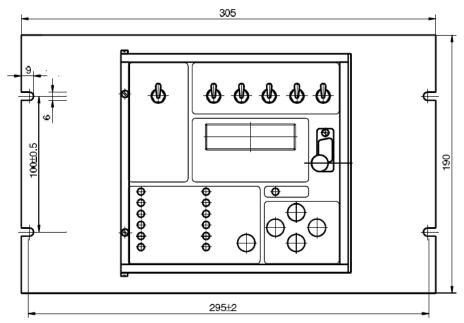


Рисунок 2.1 - Вид спереди и размеры устройства «Сириус-Т»

На передней лицевой панели устройства «Сириус-Т» закреплен пульт управления с кнопками и светодиодами, в его состав входят:

- жидкокристаллический индикатор с подсветкой, содержащий две строки по 16 знакомест;
- кнопки клавиатуры для ввода и просмотра уставок и параметров срабатывания;
 - тумблеры оперативного управления режимами устройства;
- светодиоды, отображающие состояние защиты и причины её срабатывания;
- разъем «RS232C» для прямого подключения к компьютеру при наладочных работах.

Внешний вид и расположение элементов управления и индикации на передней панели устройства «Сириус-Т» показаны на рисунке 2.2.

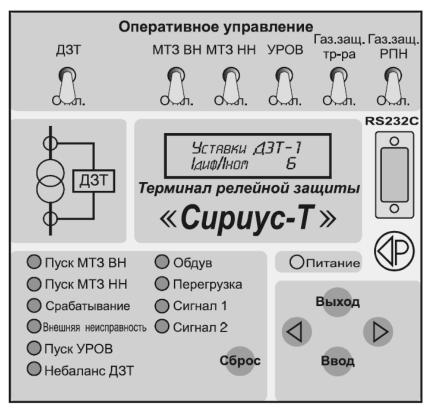


Рисунок 2.2 - Расположение элементов управления и индикации на передней панели устройства «Сириус-Т»

Тумблеры оперативного управления расположенные на передней панели устройства предназначены для следующих действий:

- тумблер «ДЗТ» позволяет оперативно выводить из действия ступени ДЗТ-1 и ДЗТ-2 (на ДЗТ-3 тумблер влияния не оказывает);
- тумблер «МТЗ ВН» позволяет оперативно выводить из действия все ступени МТЗ ВН;
- тумблер «МТЗ НН» позволяет оперативно выводить из действия ступень МТЗ НН;

- тумблер «Пуск УРОВ» позволяет оперативно отключать действие защиты по выходу «УРОВ» на смежные выключатели;
- тумблер «Газовая защита трансформатора» позволяет оперативно выводить из действия вход отключения «Газовая защита трансформатора»;
- тумблер «Газовая защита РПН» позволяет оперативно выводить из действия вход отключения «Газовая защита РПН».

Состояние тумблеров оперативного управления, размещенных на передней панели устройства, фиксируется в памяти аварий в момент выдачи команды на отключение. Это позволяет в необходимых случаях выявить ошибки дежурного персонала при коммутации тумблеров.

При включении питания устройства происходит полная его самодиагностика: проверка программно доступных узлов устройства, включая сам процессор, ПЗУ, ОЗУ, память уставок, а также АЦП. В случае обнаружения отказов, а также при отсутствии оперативного питания выдается сигнал нормально замкнутыми контактами реле «Отказ», и устройство блокируется.

Режимы работы устройства задаются с клавиатуры на передней панели устройства, содержащей 4 кнопки для диалога («Выход», «←», «→», «Ввод») и кнопку «Сброс» для сброса цепей сигнализации и управления.

Питание устройства осуществляется от источника переменного, постоянного или выпрямленного тока. Модуль питания обеспечивает все блоки устройства необходимыми напряжениями и выполнен по схеме с бестрансформаторным входом. Это позволяет осуществить питание устройства от источника напряжением 220 В или 110 В как переменного, так и постоянного тока.

2.4 Технические характеристики устройства «Сириус-Т»

Общие характеристики устройства «Сириус-Т» указаны в таблице 2.1. Таблица 2.1 - Характеристики устройства «Сириус-Т» для исполнения 5 А

Наименование параметра	Значение	
Входные аналоговые сигналы		
Число входов по току	6	
Номинальный ток фаз (I_A , I_B , I_C), A	5	
Максимальный контролируемый диапазон токов, А	0,2-200	
Рабочий диапазон токов, А	1,0-200	
Основная относительная погрешность измерения токов в фазах, %	± 3	
Термическая стойкость токовых цепей, А, не менее:		
- длительно	15	
- кратковременно (2 с)	200	
Частота переменного тока, Гц	50 ± 0.5	
Потребляемая мощность входных цепей для фазных токов в но-		
минальном режиме ($I = 5 A$), $B \cdot A$, не более:	0,5	

Продолжение таблицы 2.1

Входные дискретные сигналы постоянного тока (220/110 В)			
Число входов		19	
Входной ток, мА, не более		20	
Напряжение надёжного срабатывания, В	(исполнение 220 В)	150 - 264	
	(исполнение 110 В)	75 - 132	
Напряжение надёжного несрабатывания, В	(исполнение 220 В)	0 - 120	
	(исполнение 110 В)	0 - 60	
Длительность сигнала, мс, не менее		20	
Выходные дискретные сигналы управления (220 В)			
Количество выходных реле			
Коммутируемое напряжение переменного тока или постоянного			
тока, В, не более			
Коммутируемый постоянный ток замыкания/размыкания при ак-			
тивно-индуктивной нагрузке с постоянной времени L/R = 50 мс,			
А, не более			
Коммутируемый переменный ток замыкани			
более		5 / 5	
Выходной дискретный сигнал «Отказ»			
Тип контакта		нормально	
		замкнутый	

Устройство обеспечивает хранение параметров настройки и конфигурации защит и автоматики (уставок) в течение всего срока службы вне зависимости от наличия питающего напряжения. Ход часов и зафиксированные данные в памяти сохраняются при пропадании оперативного питания на время до нескольких лет.

Устройство выполняет функции защиты со срабатыванием выходных реле в течение 0,5 с при полном пропадании оперативного питания от номинального значения (для исполнения оперативного питания 110 В - в течение 0,2 с).

Питание устройства осуществляется от источника переменного (от 45 до 55 Гц), постоянного или выпрямленного тока напряжением от 178 до 242 В или от источника постоянного тока напряжением от 88 до 132 В, в зависимости от исполнения. Мощность, потребляемая устройством от источника оперативного постоянного тока в дежурном режиме - не более 15 Вт, в режиме срабатывания защит - не более 30 Вт.

Время готовности устройства к работе после подачи оперативного тока не превышает 0,8 с.

Наработка на отказ устройства составляет 25000 часов.

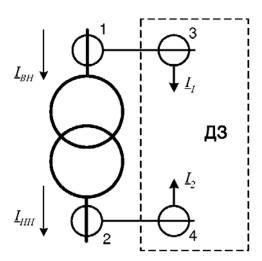
2.5 Описание работы устройства «Сириус-Т»

Дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ)

Дифференциальная токовая защита является быстродействующей защитой абсолютной селективности и выполняет функцию основной токовой защиты трансформатора.

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).

В устройстве формируются дифференциальные и тормозные токи с учетом принятых положительных направлений токов в трансформаторе, показанных на рисунке 2.3.



1 и 2 – измерительные ТТ сторон ВН и НН, 3 и 4 – цифровые ТТ внутри устройства «Сириус-Т»

Рисунок 2.3 – Принятые положительные направления токов в трансформаторе

Дифференциальные токи в реле определяются:

$$\mathbf{I}_{\text{MM}} = \left| \underline{\mathbf{I}}_{1} - \underline{\mathbf{I}}_{2} \right|, \tag{2.1}$$

где $I_{\text{лиф}}$ – определяемый дифференциальный ток в реле;

 \underline{I}_{1} – вторичный ток в реле со стороны ВН;

 $\underline{\mathbf{I}}_{\scriptscriptstyle 2}$ – вторичный ток в реле со стороны НН.

Тормозные токи в реле определяются:

$$I_{\text{TOPM}} = 0.5 \cdot \left| \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \right|, \tag{2.2}$$

где $I_{\text{торм}}$ – определяемый тормозной ток в реле;

- \underline{I}_1 вторичный ток в реле со стороны ВН;
- I_2 вторичный ток в реле со стороны НН.

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

В устройстве производится компенсация фазового сдвига токов в обмотках силового трансформатора с помощью внутренних цифровых ТТ 3 и 4 (рисунок 2.3). При этом электрическое соединение измерительных трансформаторов тока сторон ВН и НН – всегда в звезду. Это позволяет уменьшить нагрузку на измерительные ТТ, а также обеспечивает корректную работу устройства.

Значения групп цифровой сборки токовых цепей дифференциальной защиты необходимо ввести в устройство в качестве уставок: «Группа ТТ ВН» и «Группа ТТ НН» в группе уставок «Общ. ДЗТ». При этом нужно учитывать сборку обмоток силового трансформатора. Например, если сторона ВН трансформатора собрана в звезду, а сторона НН в треугольник, то необходимо задать уставки: «Группа ТТ ВН- 11», «Группа ТТ НН - 0».

Более подробная информация о способах соединения обмоток силового трансформатора, сборки токовых цепей ТТ и цифровой сборки токовых цепей дифференциальной защиты в устройстве «Сириус-Т» приведена в техническом описании [7].

Для работы дифференциальной защиты необходимы номинальные вторичные токи обмоток ВН и НН силового трансформатора, соответствующие его номинальной мощности. Они задаются с помощью уставок « $I_{\text{номВН ТР.}}$ » и « $I_{\text{номНН ТР.}}$ » в группе уставок «Oб ψ . Д3T».

Дифференциальная токовая отсечка (ДЗТ-1)

Дифференциальная токовая отсечка предназначена для быстрого отключения повреждений, сопровождающихся большим дифференциальным током. Она работает без каких-либо блокировок и не имеет торможения.

Ступень срабатывает, когда действующее значение первой гармоники дифференциального тока превышает уставку « $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$ ». Уставка срабатывания задается как отношение дифференциального тока к номинальному вторичному току обмотки питающей стороны трансформатора.

В особых случаях имеется необходимость вводить задержку по времени срабатывания данной ступени (например, для увеличения чувствительности путем отстройки по времени от бросков тока намагничивания). Время задержки задается уставкой «T, c». Не рекомендуется использовать временную задержку ДЗТ - 1, поэтому при нормальном использовании следует задавать время «T, c - 0,00».

Параметры дифференциальной отсечки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Параметры дифференциальной токовой отсечки (ДЗТ-1)

устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Значение
Диапазон изменения уставки по току (по отношению к Іном ВН)	4,0-30,0
Диапазон уставки по времени, с	0 - 3,00
Дискретность уставок по току	0,1
Дискретность уставок по времени, с	0,01
Основная погрешность срабатывания по току, от Іном, %	± 5
Основная погрешность срабатывания по времени, %	± 3
Время срабатывания (при « T , c - θ , $\theta\theta$ »), мс	
(включая время замыкания выходного реле)	20 - 35

Чувствительная ступень дифференциальной защиты с торможением (ДЗТ-2)

Данная ступень предназначена для защиты двухобмоточного трансформатора как от повреждений, сопровождающихся большими значениями токов, так и от межвитковых замыканий, при которых значение аварийного тока меньше номинального тока обмотки трансформатора. Характеристика срабатывания ступени пригодна для трансформаторов с односторонним и двухсторонним питанием.

Характеристика срабатывания (тормозная характеристика) определяется соотношением дифференциального и тормозного токов. Тормозная характеристика изображена на рисунке 2.4.

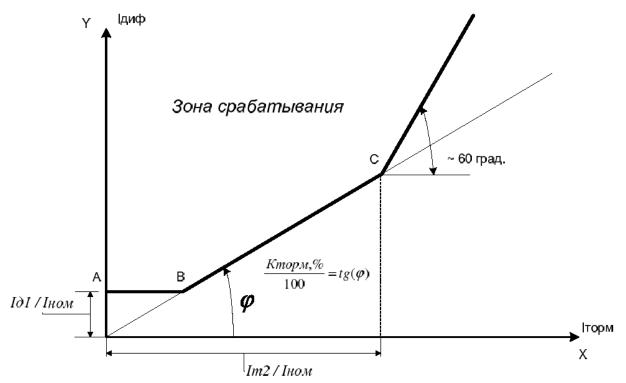


Рисунок 2.4 – Тормозная характеристика ступени ДЗТ-2 устройства «Сириус-Т»

Тормозная характеристика определяется уставками:

- « $I_{\rm д1}$ / $I_{\rm HOM}$ » минимальный дифференциальный ток (отнесенный к $I_{\rm HOM\,BH}$) срабатывания;
 - «К_{торм}, %» коэффициент торможения второго участка характеристики;
 - $\langle I_{T2}/I_{HOM} \rangle$ точка второго излома характеристики.

Характеристика имеет три участка.

УЧАСТОК 1 (отрезок A - B): точка B (точка первого излома характеристики) получается как пересечение уставки « $I_{\pi 1}$ / I_{HOM} » с прямой, проходящей через начало координат и точку C. На данном участке дифференциальный ток, необходимый для отключения, постоянный.

УЧАСТОК 2 (между точками В и С): точка С определяется двумя уставками - наклоном прямой « $K_{\text{торм}}$, %» и « $I_{\text{т2}}$ / I_{HOM} ».

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

Таким образом, ломаная A, B, C делит плоскость XY на две части: область срабатывания и несрабатывания. Все, что лежит выше ломаной, является областью срабатывания.

Если расчетное соотношение токов $I_{\text{ДИФ}}$ / $I_{\text{ТОРМ}}$ лежит выше границы разделения областей, то происходит срабатывание (при отсутствии в этот момент блокировок по другим условиям, например, по второй гармонике), и устройство выдает сигнал на отключение.

Следует учитывать, что при принятом способе формирования тормозного тока торможение имеется и при внутреннем КЗ даже при одностороннем питании. Однако в этом случае тормозной ток вдвое меньше дифференциального и чувствительность защиты все равно определяется участком АВ характеристики.

Имеется возможность вводить задержку на отключение на время, определяемое уставкой «T, c». Вообще ступень с торможением является быстродействующей, цель которой как можно более быстрое отключение защищаемого объекта при аварии. Но в некоторых случаях бывает удобно ввести задержку на отключение (например, при проверке функционирования устройства). Рекомендуется в нормальном эксплуатационном режиме задавать уставку «T, c - 0,00».

Блокировка по второй гармонике при броске тока намагничивания основывается на контроле отношения действующего значения второй гармоники к действующему значению первой гармоники дифференциального тока. Срабатывание ступени с торможением блокируется, если контролируемое соотношение превышает уставку « $I_{дг2}/I_{дг1}$ ». Блокировка находится в активном состоянии до тех пор, пока отношение не опустится ниже уставки.

Рекомендуемая уставка « $I_{дг2}/I_{дг1} - 0,15$ ».

Параметры чувствительной ступени ДЗТ-2 приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Параметры чувствительной ступени дифференциальной защиты с торможением (ДЗТ-2) устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Значение
Диапазон изменения уставок по току (по отношению к Іном ВН):	
$\langle \langle I_{\pi 1} / I_{HOM} \rangle \rangle$	0,3 - 1,0
$\langle \langle I_{\tau 2} / I_{HOM} \rangle \rangle$	1,0 - 3,0
$\left(\ll I_{\rm дr}_2 / I_{\rm dr}_1 \right)$	0,06 - 0,20
Диапазон изменения коэффициента торможения «К _{торм} , %»	10-100
Диапазон уставки по времени, с:	0 - 3,00
Дискретность уставок: $\langle I_{\mu 1} / I_{HOM} \rangle$, $\langle I_{\tau 2} / I_{HOM} \rangle$	0,1
Дискретность уставок: « $I_{дг2}/I_{дг1}$ »	0,01
Дискретность уставок: по времени, с	0,01
Основная погрешность срабатывания: по току, от Іном, %	±5
Основная погрешность срабатывания по времени, %	±3
Время срабатывания (при « T , $c = 0.00$ »), мс	45-65
(включая время замыкания выходного реле)	

Сигнализация небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3)

Обычно уставка по току выбирается меньше, чем минимальная уставка чувствительной ступени ДЗТ-2 (« $I_{\rm дl}/I_{\rm HOM}$ »), а уставка по времени - порядка нескольких секунд, что позволяет выявлять неисправности в токовых цепях дифференциальной защиты.

Параметры сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты ДЗТ-3 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Параметры сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3) устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставки по току (по отношению к І _{НОМ} ВН):	0,1 - 2,0
Диапазон уставки по времени, с	1 -999
Дискретность уставок по току, А	0,1
Дискретность уставок по времени, с	1
Основная погрешность срабатывания по току, от I_{HOM} , %	±5
Основная погрешность срабатывания по времени, от уставки, %	±3

Максимальная токовая защита стороны ВН трансформатора (МТЗ ВН)

МТЗ ВН имеет 2 ступени с независимой времятоковой характеристикой и контролирует три фазных тока высшей стороны трансформатора $I_{A\ BH},\ I_{B\ BH},\ I_{C\ BH}$

Количество введенных в работу ступеней МТЗ ВН задается с помощью уставок. Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 2.5.

В устройстве «Сириус-Т» предусмотрено ускорение МТЗ ВН при включении выключателя стороны ВН. Ускорение ступеней МТЗ-1 ВН, МТЗ-2 ВН вводится автоматически на время 3 с при появлении сигнала на дискретном входе «РПВ ВН». Ввод ускорения любой ступени может быть отключен. Выдержка времени ускорения МТЗ ВН одинакова для всех ступеней и задается уставкой $T_{YCKOP\ BH}$.

Следует помнить, что выдержка времени $T_{VCKOP\ BH}$ должна обеспечить недействие МТЗ при бросках тока намагничивания.

В устройстве «Сириус-Т» в МТЗ ВН предусмотрена вольтметровая блокировка или комбинированный пуск по напряжению, которые позволяют лучше отстроиться от нагрузочных токов и могут вводиться в действие независимо для каждой ступени МТЗ ВН.

Таблица 2.5 - Параметры максимально токовой защиты стороны ВН трансформатора (МТЗ ВН) устройства «Сириус-Т»

punewopmuropu (WII3 BII) yerponerbu wenpnye 1"			
Наименование параметра	Значение		
Диапазон уставок по току для первой ступени, А	0,40 - 200,00		
Диапазон уставок по току для второй ступени, А	0,40 - 200,00		
Диапазон уставок по времени для первой ступени, с	0 - 19,99		
Диапазон уставок по времени для второй ступени, с	0,10 - 99,99		
Дискретность уставок по току, А	0,01		
Дискретность уставок по времени, с	0,01		
Основная погрешность срабатывания по току, от уставки, %	±5		
Основная погрешность срабатывания по времени, %	±3		
Коэффициент возврата по току	0,95 - 0,92		
Время возврата, мс, не более	50		

Есть возможность реализовать для ступеней МТЗ либо комбинированный пуск по напряжению, либо пуск минимального напряжения (вольтметровая блокировка) в зависимости от того, какой дискретный сигнал подается на вход «ВМ-блокировка». Дискретный разрешающий сигнал можно получить либо с реле минимального напряжения (реализовав тем самым вольтметровую блокировку), либо со схемы, контролирующей как линейные напряжения, так и напряжение обратной последовательности (реализовав таким образом комбинированный пуск по напряжению). Схема комбинированного пуска по напряжению приведена на рисунке 2.5.

При включенной вольтметровой блокировке для срабатывания защиты необходимо, чтобы на входе «ВМ-блокировка» был активный сигнал.

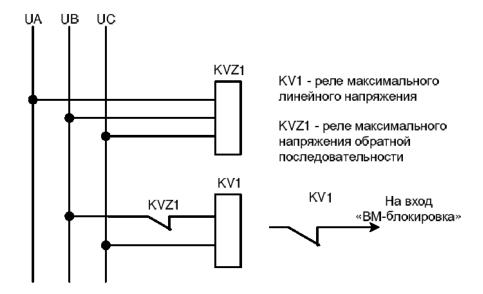


Рисунок 2.5 – Схема пускового органа напряжения для реализации комбинированного пуска по напряжению для использования в МТЗ ВН устройства «Сириус-Т»

Максимальная токовая защита стороны НН трансформатора (МТЗ НН)

МТЗ НН имеет одну ступень с независимой времятоковой характеристикой и контролирует три фазных тока низшей стороны трансформатора $I_{A \; HH},$ $I_{B \; HH},$ $I_{C \; HH}.$

Предусмотрено действие МТЗ НН с различными выдержками времени на отключение выключателя низшей (с помощью реле «MT3-HH») и высшей стороны силового трансформатора (с помощью общих реле отключения - « $Om\kappa n$. 1», « $Om\kappa n$. 2» и « $Om\kappa n$. 3»).

Характеристики ступени МТЗ НН указанны в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Параметры максимально токовой защиты стороны НН трансформатора (МТЗ НН) устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току, А:	0,40 - 200,00
Диапазон уставок по времени с действием на реле «МТЗ-НН», с:	0-19,99
Диапазон уставок по времени с действием на общие реле отклю-	0,10-99,99
чения (Откл.1, Откл.2, Откл.3)	
Дискретность уставок по току, А	0,01
Дискретность уставок по времени, с	0,01
Основная погрешность срабатывания по току, от уставки, %	±5
Основная погрешность срабатывания по времени, от уставки, %	±3
Коэффициент возврата по току	0,95 - 0,92
Время возврата, мс, не более	50

В устройстве «Сириус-Т» предусмотрено ускорение МТЗ НН при включении выключателя стороны НН. Ускорение ступени МТЗ НН вводится автоматически на время 3 с при появлении сигнала на дискретном входе «РПВ НН». Выдержка времени ускорения МТЗ НН задается уставкой $T_{VCKOP\ HH}$. При ускорении команда на срабатывание подается только на реле «МТЗ-НН».

В устройстве «Сириус-Т» в МТЗ НН предусмотрена вольтметровая блокировка или комбинированный пуск по напряжению, которая функционально абсолютно аналогична реализации в МТЗ ВН. Причём используется один и тот же дискретный вход «ВМ — блокировка». Поэтому более подробное описание данной функции можно найти в разделе «Максимальная токовая защита стороны ВН трансформатора (МТЗ ВН)».

Защита от перегрузки трансформатора

Защита от перегрузки контролирует три фазы тока в обмотках трансформатора. Для контроля перегрузки двухобмоточного трансформатора достаточно следить за токами в одной из его обмоток. Для удобства пользования можно вводить контроль токов как в обмотке стороны ВН трансформатора, так и в обмотке стороны НН. Уставки потоку перегрузки задаются отдельно для высшего и низшего напряжений. Отключение контроля перегрузки производится с помощью уставок «Функция ВН» и «Функция НН».

Если трансформатор имеет расщепленную обмотку HH, то контроль перегрузки должен производиться устройствами защиты вводов установленных на выключателях стороны HH.

В случае, если в течение времени $T_{ПЕРЕГР}$ хотя бы один из токов превышает заданную уставку, то загорается светодиод «Перегрузка» и появляется надпись на индикаторе с расшифровкой стороны, на которой произошла перегрузка. Также замыкаются контакты реле «Внешняя неисправность» и загорается светодиод «Внешняя неисправность», что сигнализирует возникновение внешней неисправности.

Светодиод «Перегрузка» работает в следящем режиме (гаснет при возврате токового органа).

Параметры защиты от перегрузки приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Параметры защиты от перегрузки трансформатора устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току, А:	0,40 - 20,00
Дискретность уставок по току, А	0,01
Диапазон уставки по времени Тперегрузки, с	0,10 - 99,99
Дискретность уставок по времени, с	0,01
Основная погрешность по току, от уставок, %	±5
Основная погрешность по времени, от уставок, %	±3
Коэффициент возврата	0,95 - 0,92

Регистратор событий и аварийный осциллограф в устройстве «Сириус-Т»

Для регистрации в памяти устройства фактов обнаружения неисправностей с привязкой к астрономическому времени в устройстве «Сириус-Т» реализован архив событий. При этом любой пуск защиты, приход дискретного сигнала, обнаружение внутренней неисправности регистрируется в памяти событий с присвоением событию даты и времени момента обнаружения.

Считывание информации регистратора событий осуществляется с помощью компьютера по каналу связи.

При срабатывании устройства на отключение по сигналам аварийного отключения в память записываются осциллограммы всех токов (фазные токи двух сторон трансформатора, дифференциальные токи), а также состояние дискретных входов и выходов устройства. Длительность записи зависит от времени наличия аварийных токов и составляет от 0,165 с при отключении от дискретных входов, до 3 с - при срабатывании от защит с большой выдержкой времени.

Признаком начала записи является пуск одной из защит устройства (ДЗТ, МТЗ-ВН, МТЗ-НН) или появление команды на отключение от дискретного входа. Запись осциллограммы заканчивается при появлении команды на срабатывание реле отключения. Доаварийный и послеаварийный режим записываются в течение 4 периодов сети (80 мс). При срабатывании от МТЗ со временем, превышающем 3 с, начало аварии не записывается в осциллограмму.

Период квантования сигналов - 1 мс (20 точек на период).

В устройстве «Сириус-Т» хранится до 8 осциллограмм (9 токов, а также дискретные сигналы), записанных при аварии. Считывание осциллограмм осуществляется с помощью компьютера по каналу связи.

Работа устройства «Сириус-Т» при поступлении внешних дискретных сигналов

Устройство «Сириус-Т» работает следующим образом при поступлении внешних дискретных сигналов на следующие входы:

- входы «Внешнее отключение 1» и «Внешнее отключение 2» являются входами безусловного отключения выключателя и предназначены для действия на отключение от других защит;
- вход «Технологическая защита» является входом безусловного отключения и может подключаться к выходам технологической защиты;
- вход «Газовая защита трансформатора» является входом безусловного отключения и используется для подведения к устройству отключающего сигнала от цепей газовой защиты трансформатора;
- вход «Газовая защита РПН» является входом безусловного отключения и используется для подведения к устройству отключающего сигнала от цепей газовой защиты РПН;

- вход «Вход УРОВ» используется для подведения сигнала отключения от устройства резервирования отказов выключателя (УРОВ) смежного выключателя (например, от устройств защиты вводов), и вызывает немедленное срабатывание выходных отключающих реле устройства;
- вход «Сброс сигнализации» может использоваться для дистанционного сброса всех реле и светодиодов сигнализации устройства, например, от внешней кнопки. Действие входа аналогично нажатию кнопки «Сброс» на лицевой панели устройства;
- вход «ВМ-блокировка предназначен для разрешения работы МТЗ ВН или МТЗ НН по внешнему дискретному сигналу от цепей комбинированного пуска по напряжению (либо пуска минимального напряжения);
- вход «Положение РПВ ВН» предназначен для реализации функции ускорения ступеней МТЗ ВН при включении выключателя стороны ВН трансформатора;
- вход «Положение РПВ НН» предназначен для реализации функции ускорения ступени МТЗ НН при включении выключателя стороны НН трансформатора;
- вход «Уровень масла максимум» предназначен для сигнализации превышения максимального уровня масла в баке трансформатора;
- вход «Уровень масла минимум» предназначен для сигнализации понижения уровня масла в баке трансформатора ниже минимально допустимого уровня;
- вход «Перегрев» предназначен для сигнализации перегрева трансформатора, зафиксированного внешними диагностирующими устройствами;
- вход «Контроль исправности схемы обдува» предназначен для сигнализации неисправности в схеме обдува трансформатора;
- вход «Сигнализация газовой защиты трансформатора» предназначен для информирования о срабатывании сигнализации газовой защиты трансформатора;
- вход «Сигнализация пуска технологической защиты» предназначен для информирования о пуске технологической защиты трансформатора.

Работа выходных реле устройства «Сириус-Т»

Устройство «Сириус-Т» при срабатывании действует на выходные реле:

• выходные реле «Откл. 1», «Откл. 2» и «Откл. 3» функционально идентичны, дублируют друг друга для увеличения количества контактов и предназначены для выдачи команды отключения непосредственно на катушку отключения либо на другие устройства, имеющие функцию управления выключателем;

- выходное реле «Пуск УРОВ» имеет две пары нормально разомкнутых контактов и предназначено для выдачи отключающего сигнала на защиты смежных выключателей;
- выходное реле «Отказ» имеет две пары нормально замкнутых контактов, оно срабатывает (размыкает контакты) при включения питания сразу после полного внутреннего тестирования устройства и при потере питания реле замкнет свои контакты, сигнализируя о неисправности устройства защиты;
- выходное реле «Внешняя неисправность» имеет две пары нормально разомкнутых контактов и срабатывает при обнаружении любой неисправности во внешних по отношению к устройству защиты цепях;
- выходное реле «Обдув» имеет две пары переключающих контактов, которые подключаются к схеме управления обдувом трансформатора;
- выходное реле «Блокировка РПН» имеет две пары переключающих контактов и предназначено для выдачи команды блокировки РПН, при превышении током заданной уставки;
- выходное реле «МТЗ-НН» имеет две пары нормально разомкнутых контактов и предназначено для выдачи команды отключения на выключатель низкой стороны силового трансформатора;
- выходные программируемые реле «Реле 1» и «Реле 2» служат для увеличения универсальности устройства, имеют переключающие контакты, входы которых можно подключить к одной из заданных точек функциональной логической схемы.

2.6 Выбор уставок устройства «Сириус-Т»

Все уставки устройства делятся на группы по ступеням и видам защиты, а также общие, относящиеся к функциям и месту установки устройства в целом.

Изменение уставок, кроме текущих даты и времени, разрешено только после ввода пароля. Необходимо обязательно проверять и вводить все уставки, предусмотренные в устройстве, ввиду возможного влияния «забытых» уставок на работу защиты.

Назначение уставок устройства и подробное их описание приведено в [7].

Общие уставки дифференциальной защиты трансформатора

Выбору подлежат общие уставки устройства:

- $I_{\text{HOM BH}}$ номинальный вторичный ток стороны ВН трансформатора, соответствующий его номинальной мощности;
- $I_{HOM\ HH}$ номинальный вторичный ток стороны НН трансформатора, соответствующий его номинальной мощности;
 - *группа ТТ ВН* группа сборки цифровых ТТ на стороне ВН;
 - *группа ТТ НН* группа сборки цифровых ТТ на стороне НН;
 - размах РПН размах регулирования РПН.

Группа ТТ ВН и *Группа ТТ НН* подбираются с учетом группы защищаемого трансформатора и групп сборки измерительных ТТ по таблицам, указанным в паспорте на устройство «Сириус-Т».

Выбор уставок дифференциальной отсечки (ДЗТ-1)

Для дифференциальной отсечки (ДЗТ-1) выбору подлежат уставки: $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$ – относительное значение уставки срабатывания отсечки. Согласно [4] уставка должна выбираться из двух условий:

- отстройки от броска тока намагничивания силового трансформатора;
- отстройки от максимального первичного тока небаланса при переходном режиме расчетного внешнего КЗ.

Отстройка от броска намагничивающего тока

Согласно [8] при включении силового трансформатора со стороны высшего напряжения отношение амплитуды броска тока намагничивания к амплитуде номинального тока защищаемого трансформатора не превышает 5. Это соответствует отношению амплитуды броска тока намагничивания к действующему значению номинального тока первой гармоники, равному $5\sqrt{2}=7$. Отсечка реагирует на мгновенное значение дифференциального тока и на первую гармонику этого же тока. Уставка по мгновенному значению равна 2,5 $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$. Минимально возможная уставка по первой гармонике $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$ равна 4, что соответствует $2,5\cdot 4=10$ по отношению амплитуды к действующему значению или $10/\sqrt{2}=7$ по отношению амплитуд. Сравнение полученных значений свидетельствует об отстроенности отсечки по мгновенным значениям от возможных бросков тока намагничивания.

Расчеты показывают, что действующее значение первой гармоники броска тока намагничивания не превышает 0,35 от амплитуды броска. Если амплитуда равна 7 действующим значениям номинального тока, то действующее значение первой гармоники равно 7.0,35 = 2,46. Следовательно, даже при минимальной уставке в 4 $I_{\text{ном}}$ отсечка отстроена от бросков тока намагничивания и при реагировании на первую гармонику дифференциального тока.

Отстройка от тока небаланса при внешнем КЗ

В [4] даются формулы для такой отстройки, учитывающие все три составляющие тока небаланса. Однако в [8] указано, что при небольших предельных кратностях отечественных трансформаторов тока амплитуда тока небаланса может достигать амплитуды максимального тока внешнего КЗ. В этих условиях [8] рекомендует выбирать уставку по условию:

$$I_{\text{ДИФ}} / I_{\text{HOM}} \ge K_{\text{OTC}} \cdot K_{\text{H6(1)}} \cdot I_{*_{\text{K3.BHeIII}}}^{\text{max}}, \tag{2.3}$$

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

 $K_{{{\scriptscriptstyle H}}6(1)}$ — отношение амплитуды первой гармоники тока небаланса к приведенной амплитуде периодической составляющей тока внешнего КЗ. Согласно [8] если на стороне ВН и на стороне НН используются ТТ с вторичным номинальным током 5A, можно принимать $K_{{{\scriptscriptstyle H}}6(1)}=0,7$. Если на стороне ВН используются ТТ с вторичным номинальным током 1A, то следует принимать $K_{{{\scriptscriptstyle H}}6(1)}=1,0;$

 $I_{*_{\rm K3.BHe III}}^{\rm max}$ - отношение тока внешнего расчетного K3 к номинальному току трансформатора.

Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2)

Тормозная характеристика защиты приведена на рисунке 2.4. Она построена в относительных единицах, то есть токи приведены к номинальному току стороны ВН. Тормозной ток формируется как полусумма модулей токов двух сторон защищаемого трансформатора.

Для дифференциальной защиты (ДЗТ-2) выбору подлежат уставки:

- $I_{\rm II}/I_{\rm HOM}$ базовая уставка ступени;
- $K_{\text{торм}}$ коэффициент торможения (наклон тормозной характеристики на втором ее участке);
 - I_{T2}/I_{HOM} вторая точка излома тормозной характеристики;
 - $I_{дг2}/I_{дг1}$ уставка блокировки от второй гармоники.

Базовая уставка $I_{\text{д1}}/I_{\text{ном}}$ определяет чувствительность рассматриваемой ступени защиты. Согласно [8] 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.

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

Согласно [4] расчетный ток небаланса, порождаемый сквозным током, состоит из трех составляющих:

$$I_{\text{H6.pacy}} = (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПH}} + \Delta f_{\text{добав}}) \cdot I_{\text{скв}}, \tag{2.4}$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий переходный режим;

 $K_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока;

 ϵ — относительное значение полной погрешности трансформаторов тока в установившемся режиме;

 $\Delta U_{P\Pi H}$ — погрешность номинальных токов трансформатора обусловленная наличием РПН у трансформатора;

 $\Delta f_{\text{добав}}$ — погрешность, обусловленная неточностью задания номинальных токов сторон ВН и НН;

 I_{ckb} – сквозной ток проходящий через защиту при внешнем КЗ.

В первом слагаемом (обусловленном погрешностями трансформаторов тока), несмотря на относительно небольшие уровни сквозных токов, в [8] рекомендуется принимать: $K_{\text{одн}} = 1,0$; $\epsilon = 0,1$; $K_{\text{пер}} = 2,5$, если доля двигательной нагрузки в общей нагрузке трансформатора более 50%, или $K_{\text{пер}} = 2,0$, если доля двигательной нагрузки менее 50%.

Второе слагаемое обусловлено наличием РПН у трансформатора. В устройстве имеется автоматическая подстройка под существующий коэффициент трансформации силового трансформатора по отношению токов нагрузки ВН и НН. Когда она действует, $\Delta U_{\text{РПН}}$ 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 $\Delta U_{\text{РПН}}$ равным полному размаху РПН. 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 $\Delta f_{\text{добав}} = 0.04$.

Для надежной отстройки от тока небаланса, сосчитанного по (2.4), следует его умножить на коэффициент отстройки $K_{\rm orc}$, который согласно [4] следует принимать равным 1,3, а согласно [8] - можно даже снизить его значение до 1,1 - 1,15.

Если по защищаемому трансформатору проходит сквозной ток $I_{\text{скв}}$, то ток срабатывания дифференциальной защиты равен:

$$I_{\text{диф}} = K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПH}} + \Delta f_{\text{добав}}) \cdot I_{\text{скв}} . \tag{2.5}$$

При принятом способе формирования тормозного тока он равен:

$$I_{\text{TODM}} = (I_{\text{CKB}} + I_{\text{CKB}} - I_{\text{JUM}}) / 2.$$
 (2.6)

При выводе данной формулы предполагалось, что один TT работает точно, второй имеет погрешность, равную $I_{\text{диф}}$.

В соответствии с [8] коэффициент снижения тормозного тока равен:

$$K_{\text{ch.t.}} = I_{\text{topm}} / I_{\text{ckb}} = 1 - 0.5 \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПH}} + \Delta f_{\text{добав}}) . \tag{2.7}$$

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

$$K_{\text{торм}} \ge 100 \cdot I_{\text{диф}} / I_{\text{торм}} = 100 \cdot K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПH}} + \Delta f_{\text{добав}}) / K_{\text{сн.т.}}$$
 (2.8)

Вторая точка излома тормозной характеристики $I_{\rm T2}/I_{\rm Hom}$ 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 ($I_{\rm T}/I_{\rm Hom}=1$), режим допустимых длительных перегрузок ($I_{\rm T}/I_{\rm Hom}=1$,3). Желательно, чтобы во второй участок попали и режимы возможных кратковременных перегрузок (самозапуск двигателей после ABP, пусковые токи мощных двигателей). Поэтому рекомендуется уставка $I_{\rm T2}/I_{\rm Hom}=1$,5 – 2.

Первая точка излома тормозной характеристики вычисляется в реле автоматически и равна:

$$I_{\text{T1}}/I_{\text{HoM}} = (I_{\text{A1}}/I_{\text{HoM}}) \cdot 100 / K_{\text{TODM}}.$$
 (2.9)

При больших уставках ($I_{\rm дl}/I_{\rm ном}$) следует убедиться, что первая точка не заходит за вторую.

Уставка блокировки от второй гармоники $I_{дr2}/I_{дr1}$ на основании опыта фирм, давно использующих такие защиты, рекомендуется на уровне 12-15% в соответствии с [8].

Выбор уставок сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3)

Уставка по току сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3) выбирается меньше, чем минимальная уставка чувствительной ступени ДЗТ-2 ($I_{\rm дl}/I_{\rm ном}$), а уставка по времени порядка нескольких секунд, что позволяет выявлять неисправности в токовых цепях дифференциальной защиты.

Рекомендуемые значения уставок: $I_{\text{д}}/I_{\text{ном}} = 0,1$; T, c = 10.

Выбор уставок токовой отсечки и максимально токовой защиты

Уставки токовой отсечки (МТЗ-1 ВН) и максимально токовой защиты (МТЗ-2 ВН) выбираются по стандартным методикам для максимально-токовых защит, указанным в [4], которые описаны выше в разделе 1.2 и подробно рассмотрены в [5; 6].

При этом в расчете уставок МТЗ-1 ВН и МТЗ-2 ВН следует принимать следующие параметры: коэффициент возврата реле – $k_B=0,92$; коэффициент запаса для отстройки от тока нагрузки – $k_{OTC}=1,2$; коэффициент согласования с защитами предыдущих линий – $k_C=1,1$.

Выбор уставок токовой защиты от перегрузки

Для контроля перегрузки двухобмоточного трансформатора достаточно следить за токами в одной из его обмоток. Для удобства пользования можно вводить контроль токов как в обмотке стороны ВН трансформатора, так и в обмотке стороны НН. Уставки задаются во вторичных значениях токов своей стороны напряжения, то есть приведение тока не используется.

Если трансформатор имеет расщепленную обмотку НН, то контроль перегрузки должен производиться устройствами защиты вводов, установленных на выключателях стороны НН.

Ввод уставок в устройство «Сириус-Т» производится с помощью кнопок и дисплея, расположенных на передней панели устройства.

З ПРИМЕР РАСЧЕТА И ВЫБОРА УСТАВОК ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА «Сириус-Т»

3.1 Исходные данные для расчёта уставок защиты трансформатора с применением устройства «Сириус-Т»

Необходимо выбрать параметры настройки устройства «Сириус-Т» для защиты трансформатора ТДН-16000/110 со схемой соединения обмоток $Y/\Delta-11$:

- на стороне высшего напряжения звезда;
- на стороне низшего напряжения треугольник.

Трансформаторы тока на обеих сторонах собраны в звезду.

Номинальная мощность трансформатора – 16 MB·A.

Номинальное напряжение – 115 кВ/6,6 кВ.

Диапазон регулирования РПН \pm 9·1,78%.

Максимальная нагрузка трансформатора — $S_{\text{наг.max}} = 15000 \text{ кB·A}$.

Максимальное время защит линий, отходящих от шин HH трансформатора, $t_{max} = 2.0$ с.

Токи короткого замыкания в максимальном и минимальном режиме работы энергосистемы на стороне 110 кВ (точка K_1) и шинах 6 кВ (точка K_2) приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Токи короткого замыкания для расчета уставок защит

трансформатора

- para de la companya			
Расчетная точка КЗ	Режим энергосистемы	Ток КЗ	
He attended 110 vD (V)	Максимальный	$I_{K1MAX}^{(3)BH} = 3770 \text{ A}$	
На стороне 110 кB (K ₁)	Минимальный	$I_{K1MIN}^{(3)BH} = 3385 A$	
На шинах 6 кВ (К2)	Максимальный	$I_{K2MAX}^{(3)HH} = 11100 A$	
	Минимальный	$I_{K2MIN}^{(3)HH} = 10860 \text{ A}$	

На рисунке 3.1 показано место установки защит трансформатора и точки повреждения, в которых необходимо знать токи КЗ для расчета уставок защит.

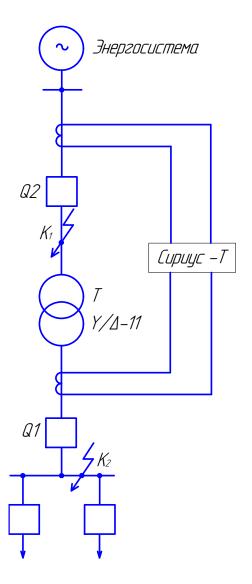


Рисунок 3.1 - Расположение точек КЗ для расчета уставок защит трансформатора

Так как защиты трансформатора подключены к трансформаторам тока, установленным на стороне высшего напряжения трансформатора, поэтому необходимо знать, какие токи протекают по ним при повреждении на шинах низшего напряжения. Приведение токов КЗ в точке K_2 к стороне ВН трансформатора выполняется по формуле:

$$I_{K2}^{(3)BH} = \frac{I_{K2}^{(3)HH}}{k_{T}}, \tag{3.1}$$

где $I_{{\rm K}2}^{{\rm \scriptscriptstyle (3)HH}}$ — ток трехфазного короткого замыкания на шинах НН (в точке ${\rm K}_2$);

 $k_{\scriptscriptstyle T}$ – коэффициент трансформации силового трансформатора равный отношению номинальных напряжений – 115 / 6,6 кВ. Он приводит значение тока

короткого замыкания, найденного на ступени напряжения НН, к ступени напряжения ВН.

По формуле (3.1) ток трехфазного короткого замыкания в максимальном режиме на шинах НН (точка K_2), приведенный к стороне ВН трансформатора, равен:

$$I_{\text{K2MAX}}^{\text{(3)BH}} = \frac{I_{\text{K2MAX}}^{\text{(3) HH}}}{k_{\text{T}}} = \frac{11100}{115/6.6} = 637 \text{ A}.$$

По формуле (3.1) ток трехфазного короткого замыкания в минимальном режиме на шинах 6 кВ (точка K_2), приведенный к стороне ВН трансформатора, равен:

$$I_{\text{K2MIN}}^{\text{(3)BH}} = \frac{I_{\text{K2MIN}}^{\text{(3)HH}}}{k_{\text{T}}} = \frac{10860}{115/6.6} = 623 \text{ A}.$$

Основные рекомендации по выбору уставок дифференциальной защиты были приведены ранее при описании особенностей дифзащиты в разделе 2.6.

Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора, токовой отсечки, максимальной токовой защиты, а также расчет защиты от перегрузки выполняется в соответствии с методикой, изложенной в [4].

3.2 Расчёт уставок дифференциальной защиты трансформатора

Дифференциальная защита трансформатора выполнена с применением устройства «Сириус-Т». Для выбора его параметров, сначала необходимо выбрать коэффициенты трансформации трансформаторов тока, устанавливаемых на всех сторонах защищаемого трансформатора. Трансформаторы тока на обеих сторонах собраны в звезду.

В соответствии с разделом «Общие уставки дифференциальной защиты трансформатора» необходимо выбрать следующие общие уставки устройства:

- $I_{HOM\ BH}$ номинальный вторичный ток стороны ВН трансформатора, соответствующий его номинальной мощности;
- $I_{\text{HOM } HH}$ номинальный вторичный ток стороны НН трансформатора, соответствующий его номинальной мощности;
 - *группа ТТ ВН* группа сборки цифровых ТТ на стороне ВН;
 - группа TT HH группа сборки цифровых TT на стороне HH;
 - размах РПН размах регулирования РПН.

Методика выбора трансформаторов тока и расчет номинальных вторичных токов сторон трансформатора приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Выбор трансформаторов тока на сторонах защищаемого

трансформатора

Трансформатора			
Наименование величины	Обозначение и метод определения	Числовое значение для стороны	
		115 кВ	6 кВ
Первичный ток на сторонах защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А	$I_{\text{HOM}} = \frac{S_{\text{HOM}}}{S_{\text{HOM}}}$	$\frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 80,3$	$\frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 6,6} = 1400$
Коэффициент трансформации трансформатора тока	K_{I}	100/5	1500/5
Вторичный ток в плечах защиты, соответствующий номинальной мощности защищаемого трансформатора, А	$I = \frac{I}{I}_{HOM}$	$\frac{80,3}{100/5} = 4,02$	$\frac{1400}{1500/5} = 4,67$
Для ввода в устройство принимаются ближайшие величины токов с дискретностью 0,1, A		4,0	4,7
Размах регулирования РПН,%	Размах РПН	1	6

В соответствии с рекомендациями раздела «Дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ)» для силового трансформатора со схемой соединения обмоток на стороне ВН трансформатора в звезду, а на стороне НН в треугольник, необходимо задать уставки: « $\Gamma pynna\ TT\ BH$ » — 11, « $\Gamma pynna\ TT\ HH$ » — 0.

Выбор уставок дифференциальной отсечки (ДЗТ-1).

В соответствии с разделом «Выбор уставок дифференциальной отсечки (ДЗТ-1)» необходимо выбрать следующие уставки дифференциальной отсечки (ДЗТ-1):

 $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$ — относительное значение уставки срабатывания отсечки.

Согласно исходным данным максимальный ток внешнего КЗ приведенный к стороне ВН равен 637 А.

Относительное значение этого тока равно:
$$I_{\text{кз.внеш}}^{\text{max}} = \frac{I_{\text{к2MAX}}^{(3)\text{BH}}}{I_{\text{HOM}}^{\text{BH}}} = \frac{637}{80,3} = 7,93.$$

Уставка дифференциальной отсечки рассчитывается по формуле (2.3) и равна:

$$I_{\text{ДИФ}}/I_{\text{HOM}} \ge 1,2 \cdot 0,7 \cdot 7,93 = 6,66.$$

Принимается ближайшая большая величина уставки дифференциальной отсечки $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}=6,7.$

Действительный ток срабатывания дифференциальной отсечки будет равен:

$$I_{\text{TMO}} = 6.7 \cdot I_{\text{HOM}} = 6.7 \cdot 80.3 = 538 \text{ A}.$$

Проверим коэффициент чувствительности дифференциальной отсечки при K3 на стороне BH (в точке K_1) по формуле (1.2).

По известному значению тока трехфазного КЗ в минимальном режиме в точке K_1 найдем ток двухфазного КЗ по формуле (1.3):

$$I_{\text{K1 min}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{K1 min}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3385 = 2931,5 \text{ A}.$$

$$k_{\rm q} = \frac{I_{\rm K1.min}^{(2)}}{I_{\rm ДИФ}} = \frac{2931.5}{538} = 5.45 > 2.$$

Отсюда следует, что дифференциальная отсечка устройства «Сириус-Т» удовлетворяет требованиям по коэффициенту чувствительности.

Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2).

В соответствии с разделом «Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2)» необходимо выбрать следующие уставки дифференциальной защиты (ДЗТ-2):

- $I_{\rm Д1}/I_{\rm HOM}$ базовая уставка ступени;
- $K_{\text{торм}}$ коэффициент торможения (наклон тормозной характеристики на втором ее участке);
 - $I_{\scriptscriptstyle T2}/I_{\scriptscriptstyle HOM}$ вторая точка излома тормозной характеристики;
 - $I_{\mbox{\scriptsize дг}2}/I_{\mbox{\scriptsize дг}1}$ уставка блокировки от второй гармоники.

Тормозная характеристика защиты приведена на рисунке 2.4.

В соответствии с рекомендациями раздела «Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2)» базовая уставка $I_{\rm Д1}/I_{\rm HOM}$ выбирается в пределах (0,3 – 0,5) для обеспечения чувствительности к витковым замыканиям в обмотках и к замыканиям между обмоток трансформатора, поэтому принимаем: $I_{\rm Д1}/I_{\rm HOM}$ = 0,3.

По данным фирмы-изготовителя, можно принимать $\Delta f_{\text{добав}} = 0.04$.

В соответствии с рекомендациями раздела «Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2)»и с учетом формулы (2.5), если по защищаемому трансформатору проходит сквозной ток $I_{\text{скв}}$, то ток срабатывания дифференциальной защиты должен быт равен:

$$\begin{split} I_{\text{диф}} &= K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.расч}} = K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{добав}}) \cdot I_{\text{скв}} = \\ &= 1,3 \cdot (2,0 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,04) \cdot I_{\text{скв}} = 1,3 \cdot 0,4 \cdot I_{\text{скв}} = 0,52 \cdot I_{\text{скв}}. \end{split}$$

Коэффициент снижения тормозного тока по формуле (2.7) равен:

$$K_{\text{CH.T}} = 1 - 0.5 \cdot 0.4 = 0.8.$$

Коэффициент торможения в процентах по выражению(2.8) равен:

$$K_{\text{торм}} \ge 100 \cdot I_{\text{диф}} / I_{\text{торм}} = 100 \cdot K_{\text{отс}} \cdot (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{добав}}) / K_{\text{сн.т.}} =$$

$$= 100 \cdot 0.52 / 0.8 = 65 \%.$$

Вторая точка излома тормозной характеристики $I_{\rm T2}/I_{\rm HoM}$ определяет размер второго участка тормозной характеристики. В соответствии с рекомендациями раздела «Выбор уставок дифференциальной защиты (ДЗТ-2)» выбираем: $I_{\rm T2}/I_{\rm HoM}=2$.

Первая точка излома тормозной характеристики вычисляется в реле автоматически, но необходимо убедиться, что первая точка не заходит за вторую.

Поэтому рассчитываем первую точку излома тормозной характеристики по формуле (2.9), ее величина равна:

$$I_{T1}/I_{HOM} = (I_{T1}/I_{HOM}) \cdot 100 / K_{TODM} = 0.3 \cdot 100 / 65 = 0.46.$$

Следовательно условие $I_{\rm T2}/I_{\rm Hom} > I_{\rm T1}/I_{\rm Hom}$ — выполняется.

В соответствии с рекомендациями раздела «Чувствительная ступень дифференциальной защиты с торможением (ДЗТ-2)» уставка блокировки по второй гармонике выбирается равной: $I_{\pi r2}/I_{\pi r1} = 0,15$.

По выбранным уставкам дифференциальной защиты (ДЗТ-2) построим тормозную характеристика ступени ДЗТ-2.

 $I_{\text{Д1}}/I_{\text{HOM}} = 0,3$ — базовая уставка ступени;

 $K_{\text{торм}} = 65 \%$. (угол $\phi = 33^{\circ}$) — коэффициент торможения (наклон тормозной характеристики на втором ее участке);

 $I_{{\scriptscriptstyle T}1}/I_{{\scriptscriptstyle HOM}} = 0,\!46 -$ первая точка излома тормозной характеристики;

 $I_{\rm T2}/I_{\rm Hom} = 2~-$ вторая точка излома тормозной характеристики.

Построенная тормозная характеристика ступени ДЗТ-2 представлена на рисунке 3.2.

Проверим расчетное соотношение токов $I_{\text{ДИФ}}$ / $I_{\text{ТОРМ}}$ в защите при КЗ в трансформаторе на стороне НН при принятом способе формирования тормозного тока.

Если расчетное соотношение токов $I_{\text{ДИФ}}$ / $I_{\text{ТОРМ}}$ лежит выше границы разделения областей, то происходит срабатывание и защита действует на отключение.

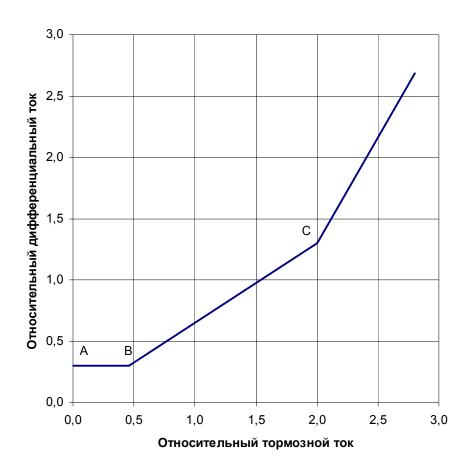


Рисунок 3.2 — Тормозная характеристика ступени ДЗТ-2 устройства «Сириус-Т» построенная по выбранным уставкам

По известному значению тока трехфазного КЗ в минимальном режиме на стороне НН трансформатора, найдем ток двухфазного КЗ по формуле (1.3):

$$I_{\text{K2 min}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{K2 min}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 623 = 539,5 \text{ A}.$$

При одностороннем питании защищаемого трансформатора и при КЗ на стороне НН в зоне действия защиты ток со стороны НН отсутствует, поэтому по формуле (2.1) относительное значение дифференциального тока, приведенное к номинальному току трансформатора, равно:

$$I_{\text{диф}}/I_{\text{HOM}} = 539,5 / 80,3 = 6,72 \text{ o.e.}$$

Относительное значение тормозного тока в реле при этом КЗ и с учетом формулы (2.2) равно:

$$I_{\text{TOPM}}/I_{\text{HOM}} = 0.5 \cdot (539.5 / 80.3) = 3.36 \text{ o.e.}$$

Согласно рисунку 3.3 расчетная точка при K3, определяемая по соотношению токов $I_{\text{ДИФ}}$ / $I_{\text{ТОРМ}}$, лежит выше границы разделения областей, поэтому при K3 на стороне HH происходит срабатывание и защита действует на отключение.

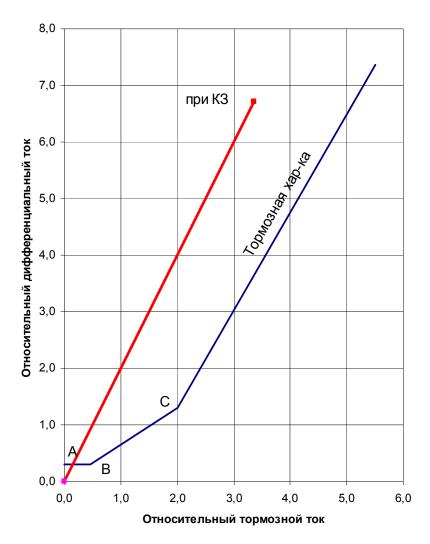


Рисунок 3.3 — Тормозная характеристика ступени ДЗТ-2 устройства «Сириус-Т» и характеристика короткого замыкания

Проверим коэффициент чувствительности дифференциальной защиты (ДЗТ-2) при КЗ на стороне НН по соотношению относительного дифференциального тока в реле к относительному току срабатывания защиты.

На рисунке 3.3 показана прямая соединяющая точку КЗ с началом координат. Эта прямая согласно [4] является геометрическим местом точек, соответствующих рассматриваемому случаю КЗ через различные переходные сопротивления, поскольку при появлении и увеличении переходного сопротивления в месте КЗ токораспределение, а следовательно, и соотношение между относительным дифференциальным и относительным тормозным токами не изменяются.

Точка пересечения этой прямой с тормозной характеристикой ступени ДЗТ-2 устройства «Сириус-Т» будет являться точкой, где защита находится на

грани срабатывания, при рассматриваемом случае КЗ, но через переходное сопротивление.

По рисунку 3.3. величина тока срабатывания защиты в этом случае равна базовой уставке ступени ДЗТ-2: $I_{\rm II}/I_{\rm HOM}=0,3$.

Коэффициент чувствительности ступени ДЗТ-2 устройства «Сириус-Т» в этом случае равен:

$$k_{\rm q} = \frac{I_{\rm ДИФ}/I_{\rm HOM}}{I_{\rm ДI}/I_{\rm HOM}} = \frac{6,72}{0,3} = 22,4 > 2.$$

Отсюда следует, что дифференциальная защита (ступень ДЗТ-2) устройства «Сириус-Т» удовлетворяет требованиям по коэффициенту чувствительности.

Выбор уставок сигнализации небаланса в плечах защиты (ДЗТ-3).

В соответствии с разделом «Выбор уставок сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3)» необходимо выбрать следующие уставки сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3):

 $I_{\text{д}}/I_{\text{ном}}$ — относительное значение уставки по току сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты;

Т – уставка по времени сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты.

В соответствии с рекомендациями раздела «Выбор уставок сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3)» уставка по току сигнализации небаланса в плечах дифференциальной защиты (ДЗТ-3) выбирается меньше, чем минимальная уставка чувствительной ступени ДЗТ-2 ($I_{\rm дl}/I_{\rm hom}$), а уставка по времени - порядка нескольких секунд, что позволяет выявлять неисправности в токовых цепях дифференциальной защиты.

Рекомендуемые значения уставок: $I_{\text{д}}/I_{\text{ном}} = 0,1$; T = 10 c.

3.3 Расчёт уставок токовой отсечки (МТЗ-1 ВН) защиты трансформатора

Токовая отсечка контролирует три фазных тока высшей стороны трансформатора $I_{A BH}$, $I_{B BH}$, $I_{C BH}$ и предназначена для защиты от всех видов коротких замыканий. Она отстраивается от максимального тока внешнего короткого замыкания по формуле (1.1). Ток внешнего короткого замыкания — это ток КЗ в точке K_2 , приведенный к стороне высшего напряжения, в нашем примере он равен: $I_{K2 max}^{(3)} = 637 \ A$.

Тогда

$$I_{TO} \ge k_{OTC} \cdot I_{K2 \text{ max}}^{(3)} = 1.3 \cdot 637 = 828.1 \text{ A},$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибку в определении токов, и необходимый запас, принимаемый $k_{\text{отс}}$ = 1,3.

Токовая отсечка контролирует три фазных тока и включена на трансформаторы тока с соединением в звезду. Ток срабатывания реле токовой отсечки (МТЗ-1 ВН) равен:

$$I_{\text{cp.to}} \ge \frac{I_{\text{TO}} \cdot K_{\text{CX}}}{K_{\text{TT RH}}} = \frac{828,1 \cdot 1}{100 / 5} = 41,405 \text{ A}.$$

Ток срабатывания реле МТЗ-1 ВН может изменятся от 0,40 до 200,00 А с дискретностью 0,01, поэтому за ток уставки токовой отсечки принимаем ближайший больший ток, который можно выставить в устройстве «Сириус-Т».

Принимаем $I_{cp.тo} = 41,41 A$.

Далее необходимо рассчитать действительный ток срабатывания токовой отсечки по формуле:

$$I_{\text{TO}} = \frac{I_{\text{CP.TO}} \cdot K_{\text{TT.BH}}}{K_{\text{CV}}} = \frac{41,41 \cdot 100/5}{1} = 828,2 \text{ A}.$$

Для проверки чувствительности необходимо знать двухфазный ток короткого замыкания на выводах 110 кВ трансформатора в минимальном режиме работы энергосистемы.

По известному значению тока трехфазного K3 в минимальном режиме в точке K_1 найдем ток двухфазного K3 по формуле (1.3):

$$I_{\text{K1 min}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{K1 min}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3385 = 2931,5 \text{ A}.$$

Проверим коэффициент чувствительности токовой отсечки при К3 на стороне ВН (в точке K_1) по формуле (1.2):

$$k_{\rm q} = \frac{I_{\rm K1.min}^{(2)}}{I_{\rm TO}} = \frac{2931.5}{828.2} = 3.54 > 1.2.$$

Таким образом, выполняем резервную защиту трансформатора токовой отсечкой (МТЗ-1 ВН) с использованием устройства «Сириус-Т».

Выбираем время срабатывания токовой отсечки.

Так как уставка токовой отсечки выбрана по формуле (1.1), то токовая отсечка будет действовать только при повреждениях в трансформаторе, и поэтому выдержка времени токовой отсечки принимается $t_{ro} = 0.1$ с.

3.4 Расчёт уставок максимальной токовой защиты стороны НН трансформатора (МТЗ НН)

Резервная максимально токовая защита трансформатора устанавливается со стороны источника питания трансформатора. Для двухобмоточного транс-

форматора понизительной подстанции без источников питания на стороне НН нет необходимости использования МТЗ НН. Поэтому МТЗ НН выводится из действия, а уставки МТЗ НН задаются величинам максимально возможными в устройстве «Сириус-Т».

3.5 Расчёт уставок максимальной токовой защиты стороны ВН трансформатора (МТЗ-2 ВН)

МТЗ ВН используется для защиты от всех видов междуфазных коротких замыканий и для резервирования основных защит трансформатора, устанавливается на стороне высшего напряжения. МТЗ отстраивается от максимального тока нагрузки, в максимальном режиме.

В соответствии с разделом «Выбор уставок токовой отсечки и максимально токовой защиты» при расчете уставок МТЗ-2 ВН следует принимать следующие параметры: коэффициент возврата реле – $k_B=0,92$; коэффициент запаса для отстройки от тока нагрузки – $k_{OTC}=1,2$; коэффициент согласования с защитами предыдущих линий – $k_C=1,1$, согласно рекомендациям [5, 6 и 7].

Поэтому вычисляем максимальный ток нагрузки трансформатора по формуле:

$$I_{\text{\tiny HAI'},BH}^{\text{\tiny max}} = \frac{S_{\text{\tiny HAI'},BH}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{\tiny HOM},BB}}, \tag{3.2}$$

где $S_{\text{наг.BH}}$ — максимальная нагрузка трансформатора, к $B \cdot A$; $U_{\text{ном.BH}}$ — номинальное напряжение стороны BH трансформатора, кB.

$$I_{\text{\tiny HAI'}.BH}^{\text{\tiny max}} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 75.3 \text{ A}.$$

Тогда ток срабатывания МТЗ определяется по формуле (1.4) с учетом следующих коэффициентов: коэффициент отстройки $k_{\rm orc}=1,2$ согласно [5]; коэффициент самозапуска двигателей $k_{\rm зап}=1,5$ согласно [5]; коэффициент возврата МТЗ ВН блока защит устройства «Сириус-Т» $k_{\rm B}=0,92$ согласно [7].

Ток срабатывания МТЗ-2 ВН равен:

$$I_{MT3} \ge \frac{k_{OTC} \cdot k_{3AII}}{k_{B}} \cdot I_{HAT.BH}^{max} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,92} \cdot 75,3 = 147,3 \text{ A}.$$

Максимально-токовая зашита подключена к тем же трансформаторам тока, что и токовая отсечка со схемой соединения в звезду. Ток срабатывания реле максимально-токовой зашита (МТЗ-2 ВН) равен:

$$I_{\text{cp.MT3}} \ge \frac{I_{\text{MT3}} \cdot K_{\text{CX}}}{K_{\text{TT BH}}} = \frac{147,3 \cdot 1}{100 / 5} = 7,365 \text{ A}.$$

Ток срабатывания реле МТЗ-2 ВН может изменятся от 0,40 до 200,00 А с дискретностью 0,01, поэтому за ток уставки МТЗ-2 ВН принимаем ближайший больший ток, который можно выставить в устройстве «Сириус-Т».

Принимаем $I_{cp.мт3} = 7,37 A$.

Далее необходимо рассчитать действительный ток срабатывания МТЗ-2 ВН по формуле:

$$I_{MT3} = \frac{I_{CP.MT3} \cdot K_{TT.BH}}{K_{CX}} = \frac{7,37 \cdot 100/5}{1} = 147,4 \text{ A}.$$

Необходимо проверить коэффициент чувствительности МТЗ 2 при КЗ на стороне НН (в точке K_2) по формуле (1.2).

$$k_{\rm q} = \frac{I_{\rm K2,min}^{(2)}}{I_{\rm MT2}} = \frac{623}{147.4} = 4.23 > 1.5.$$

Отсюда следует, что максимально-токовая зашита (МТЗ-2 ВН) устройства «Сириус-Т» удовлетворяет требованиям чувствительности к МТЗ.

Выбираем время срабатывания максимально-токовой зашиты (МТЗ-2 ВН) устройства «Сириус-Т» по следующей формуле:

$$t_{\text{MT3}} = t_{\text{max}} + \Delta t, \tag{3.3}$$

где t_{max} — максимальное время защит линий отходящих от шин HH трансформатора;

∆t – ступень селективности, для учебных расчетов равна 0,5 с. Время срабатывания МТЗ-2 ВН равно:

$$t_{MT3} = t_{max} + \Delta t = 2,0 + 0,5 = 2,5 \text{ c.}$$

Используем выдержку времени в МТЗ-2 ВН устройства «Сириус-Т».

3.6 Расчёт уставок защиты от перегрузки трансформатора

Защита от перегрузки устанавливается, как правило, на питающей стороне трансформатора и действует на сигнал. Для контроля перегрузки двухобмоточного трансформатора достаточно следить за токами в одной из его обмоток. Для удобства пользования в устройстве «Сириус-Т» можно вводить контроль токов как в обмотке стороны ВН трансформатора, так и в обмотке стороны НН.

Уставки задаются во вторичных значениях токов своей стороны напряжения, то есть приведение тока не используется.

Согласно [4] уставка сигнала перегрузки определяется по формуле:

$$I_{\text{IIEP}} \ge \frac{k_{\text{OTC}}}{k_{\text{B}}} \cdot I_{\text{B.HOM}}, \qquad (3.4)$$

где $k_{\mbox{\scriptsize oTC}}$ – коэффициент отстройки защиты от перегрузки равен 1,05;

 ${\rm k_{_B}}$ — коэффициент возврата токового реле устройства «Сириус-Т» равен 0,92, согласно [7];

 $I_{\text{в.ном}}$ — номинальный вторичный ток трансформатора на стороне установки защиты от перегрузки, в соответствии с [4] рекомендует определять с учетом возможности увеличения его на 5% при регулировании напряжения.

Для рассматриваемого трансформатора, номинальные вторичные токи на среднем ответвлении на сторонах ВН и НН равны 4,0 и 4,7 А из таблицы 3.2. Расчетные значения уставки защиты от перегрузки равны:

$$I_{\text{ПЕР.ВH}} = \frac{1,05 \cdot 1,05}{0.92} \cdot 4,0 = 4,79 \text{ A};$$

$$I_{\text{ПЕР.HH}} = \frac{1,05 \cdot 1,05}{0.92} \cdot 4,7 = 5,63 \text{ A}.$$

Время действия защиты от перегрузок выбирается больше, чем время действия всех защит по формуле (3.3).

Время срабатывания защиты от перегрузи равно:

$$T_{\Pi E P E \Gamma P} = t_{MT3} + \Delta t = 2,5 + 0,5 = 3,0 \text{ c}.$$

Используем выдержку времени « $T_{\Pi E P E \Gamma P}$ » в устройстве «Сириус-Т».

3.7 Газовая защита трансформатора

Газовая защита является наиболее чувствительной защитой трансформаторов от повреждений его обмоток и особенно витковых замыканий, на которые дифференциальная защита реагирует только при замыкании большого числа витков, а МТЗ и отсечка не реагируют совсем.

Образование газов в кожухе трансформатора и движение масла в сторону расширителя могут служить признаком повреждения внутри трансформатора.

Основным элементом газовой защиты является газовое реле. В нашем примере на трансформаторе установлено реле типа BF-80/Q.

В соответствии с требованиями ПУЭ схемой защиты трансформатора предусматривается возможность перевода действия отключающего контакта

газового реле (кроме отсека РПН) на сигнал и выполнена раздельная сигнализация от сигнального и отключающего контактов.

3.8 Параметры настройки (уставки) защит трансформатора, выполненных с применением устройства «Сириус-Т»

В таблице 3.3 приведены выбранные параметры настройки (уставки) защит трансформатора выполненных с применением устройства «Сириус-Т».

Таблица 3.3 - Параметры настройки защит трансформатора с применением устройства «Сириус-Т»

Наименование параметра	Диапазон регулирования Пара			
ОБЩИЕ УСТАВКИ				
Первичное номинальное значение	50; 75; 100; 150; 200; 300; 400;			
тока трансформатора тока стороны	600; 800; 1000; 1200; 1500;	100 A		
BH. $\langle I_{HOM\ TT\ BH} \rangle$, A	2000; 3000; 4000; 5000.			
Первичное номинальное значение	50; 75; 100; 150; 200; 300; 400;			
тока трансформатора тока стороны	600; 800; 1000; 1200; 1500;	2000 A		
HH. $\langle I_{HOMTTHH}\rangle$, A	2000; 3000; 4000; 5000.			
	СИ ОБЩ. ДЗТ			
Вторичный номинальный ток об-				
мотки ВН силового трансформато-	$(1,00 \div 30,00)$ А, шаг $0,01$ А	4,0 A		
ра. « <i>I_{ном ВН}</i> », А				
Вторичный номинальный ток об-				
мотки НН силового трансформато-	$(1,00 \div 30,00)$ А, шаг $0,01$ А	4,7 A		
ра. « <i>I_{ном НН}</i> », А				
Группа цифровой сборки ТТ на	0; 1; 6; 11.	11		
стороне ВН. «Группа ТТ ВН»	0, 1, 0, 11.	1 1		
Группа цифровой сборки ТТ на	0; 1; 5; 6.	0		
стороне ВН. «Группа ТТ НН»	0, 1, 5, 0.	0		
Диапазон регулирования РПН.	(0 ÷ 16)%, шаг 1 %	16 %		
«Размах РПН», %	(0 · 10)/0, mai 1 /0	10 / 0		
УСТАВКИ ДЗТ-1				
«Функция» ДЗТ-1, позволяет ввести				
или полностью вывести данную	«Вкл.» или «Откл.»	«Вкл.»		
ступень защиты.				
Пороговый дифференциальный ток				
срабатывания данной ступени за-	4,0 ÷ 30,0, шаг 0,1	6,7		
щиты. « $I_{\text{диф}}/I_{\text{ном}}$ »				
Время срабатывания ступени защи-	$(0.00 \div 3.00)$ с, шаг 0.01 с	0,00 c		
ты в секундах. «Т», с		0,00 €		
УСТАВКИ ДЗТ-2				
«Функция» ДЗТ-2, позволяет вве-				
сти или полностью вывести данную	«Вкл.» или «Откл.»	«Вкл.»		
ступень защиты				

Продолжение таблицы 3.3

	Продолжение т	аолицы э.э			
Первая точку перегиба характеристики срабатывания. « $I_{\Pi I}/I_{HOM}$ »	$0,3 \div 1,0$, шаг $0,1$	0,3			
Коэффициент торможения второго участка характеристики. «К _{торм} », %	(10÷100)%, шаг 1 %	65 %			
Вторая точку перегиба характеристики срабатывания. « $I_{\rm T2}/I_{\rm Hom}$ »	1,0 ÷ 3,0, шаг 0,1	2,0			
Пороговое значение отношения действующего значения второй гармоники к действующему значению первой гармоники дифференциального тока, при котором срабатывает блокировка по второй гармоники ступени ДЗТ-2. «І _{дг2} /І _{дг1} »	0,06 ÷ 0,20, шаг 0,01	0,15			
Время срабатывания ступени защиты в секундах. «Т», с	(0,00 ÷ 3,00)с, шаг 0,01с	0,00 c			
	ВКИ ДЗТ-3				
«Функция» ДЗТ-3, позволяет ввести	T ' '				
действие функцию контроля небалан в плечах дифференциальной защиты		«Вкл.»			
Задает пороговый дифференциальны ток срабатывания сигнализаци $\ll I_{\rm g}/I_{\rm hom}$ »		0,1			
Время задержки срабатывания сигн лизации. «Т», с	а- (1 ÷ 999)с, шаг 1 с	10 c			
УСТАВКИ МТЗ-1 ВН					
«Функция» МТЗ-1 ВН, позволяет вы сти или полностью вывести данну ступень защиты	e-	«Вкл.»			
Пороговый вторичный ток срабатыва ния данной ступени защиты. «I, A»	(0,40 ÷ 200,0)A, шаг 0,01A	41,41 A			
Время срабатывания ступени защит «Т», с	ы. (0,00 ÷ 19,99)с, шаг 0,01с	0,10 c			
Комбинированный пуск по напряж нию. «ВМ-блокировка»	е- «Вкл.» или «Откл.»	«Откл.»			
УСТАВКИ МТЗ-2 ВН					
«Функция» МТЗ-2 ВН, позволяет вы сти или полностью вывести данну ступень защиты	_	«Вкл.»			
Пороговый вторичный ток срабатыва ния данной ступени защиты. «I, A»	(0,40 ÷ 200,0)A, шаг 0,01A	7,37 A			
Время срабатывания ступени защит «Т», с	ы. (0,10 ÷ 99,99)с, шаг 0,01с	2,50 с			

Окончание таблицы 3.3

Окончание таолицы 3.3				
Комбинированный пуск по напряжению. «ВМ-блокировка»	«Вкл.» или «Откл.»	«Откл.»		
УСТАВКИ МТЗ НН				
«Функция» МТЗ НН, позволяет ввести				
или полностью вывести данную сту-	«Вкл.» или «Откл.»	«Откл.»		
пень защиты				
Пороговый вторичный ток срабатыва-	(0.40 : 200.0) 4 0.01 4	200,00 A		
ния данной ступени защиты. «I, А»	$(0,40 \div 200,0)$ А, шаг $0,01$ А			
Время срабатывания ступени защиты	(0.00 ± 10.00) a war 0.01a	19,99 c		
на выключатель стороны НН. «Т _{нн} », с	(0,00 ÷ 19,99)с, шаг 0,01с			
Действие MT3 HH на отключение вы-				
ключателя стороны ВН.	«Вкл.» или «Откл.»	«Откл.»		
«Дейст. на ВН»				
Время срабатывания ступени защиты	(0,10 ÷ 99,99)с, шаг 0,01с	99,99 с		
на выключатель стороны ВН. «Т _{вн} », с	(0,10 × 33,53)e, mai 0,01e			
Комбинированный пуск по напряже-	«Вкл.» или «Откл.»	«Откл.»		
нию. «ВМ-олокировка»				
УСТАВКИ ПЕРЕГРУЗКИ				
«Функция BH », позволяет ввести в		-		
действие контроль перегрузки по току	«Вкл.» или «Откл.»	«Вкл.»		
стороны ВН				
Пороговое значение вторичного тока,	(0.40. 20.00)	4,79 A		
при котором срабатывает сигнализация	$(0,40 \div 20,00)$ А, шаг $0,01$ А			
перегрузки стороны ВН. «І _{вн} , А»				
« Φ ункция HH », позволяет ввести в	D C	D		
действие контроль перегрузки по току	«Вкл.» или «Откл.»	«Вкл.»		
стороны НН				
Пороговое значение вторичного тока,	(0.40 : 20.00) 4 - 0.01 4	5 (2 A		
при котором срабатывает сигнализация	(0,40 ÷ 20,00)A, шаг 0,01A 5,63 A			
перегрузки стороны НН. «І _{нн} , А»				
Время задержки срабатывания сигна-	(0,10 ÷ 99,99)с, шаг 0,01с	3,00 c		
лизации перегрузки. «Тперегр», с				

4 ПОДКЛЮЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА «СИРИУС-Т»

Внешний вид устройства «Сириус-Т» приведен на рисунке 2.1. Внешние электрические цепи подключаются при помощи клеммных колодок на задней панели устройства «Сириус-Т».

Устройство подключается к токовым цепям трансформаторов тока, вторичные обмотки которых собраны в звезду. Компенсация фазового сдвига токов в силовом трансформаторе и устранение токов нулевой последовательности производиться с помощью внутренних цифровых трансформаторов тока.

Электрическая схема внешних подключений устройства «Сириус-Т» приведена на рисунке 4.1.

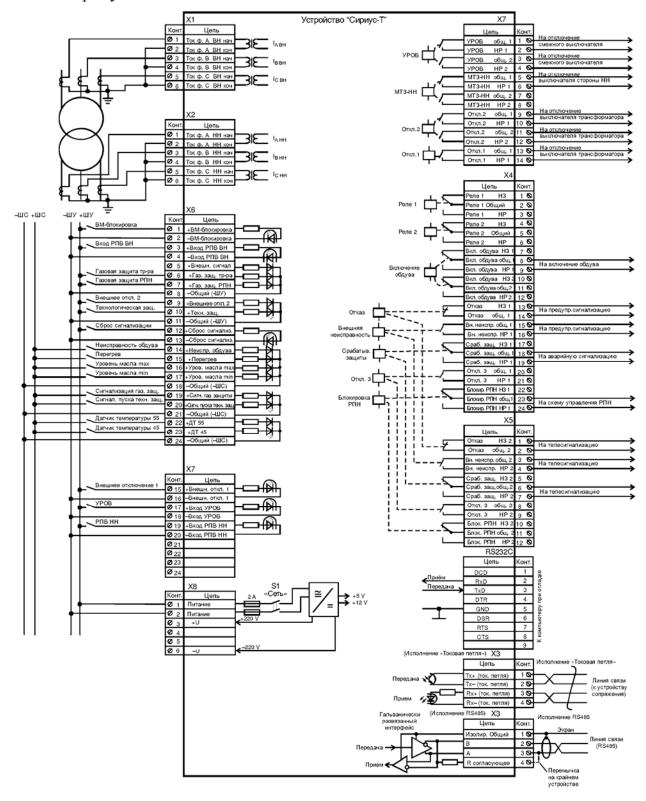


Рисунок 4.1 - Схема внешних подключений устройства «Сириус-Т»

Правильность подключения обязательно проверяется после построения векторной диаграммы нагрузочного режима, полученной в режиме «Контроль».

Оперативное питание =220 В или \approx 220 В подключается к контактам « \cong 220 В». Полярность подключения питания произвольная.

В качестве основной быстродействующей защиты трансформаторов от внутренних КЗ применяется продольная дифференциальная защита.

На рисунках 4.2-4.9 приведена принципиальная электрическая схема защиты трансформатора напряжением 110/6 кВ со схемой управления выключателем 110 кВ и использованием защиты выполненной с применением устройства «Сириус-Т».

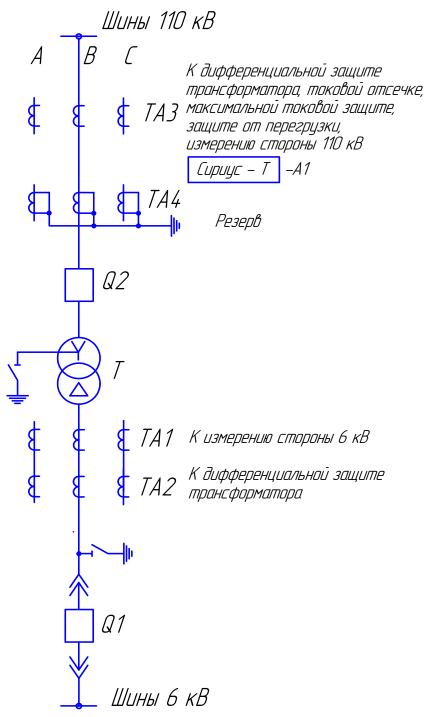


Рисунок 4.2 - Поясняющая схема распределения защит по цепям трансформатора

Трансформаторы тока для продольной дифференциальной защиты устанавливаются со всех сторон защищаемого трансформатора, причем вторичные обмотки ТТ на сторонах высшего и низшего напряжения собраны в полную звезду. На рисунке 4.3 показаны токовые цепи защит трансформатора и схемы их соединения.

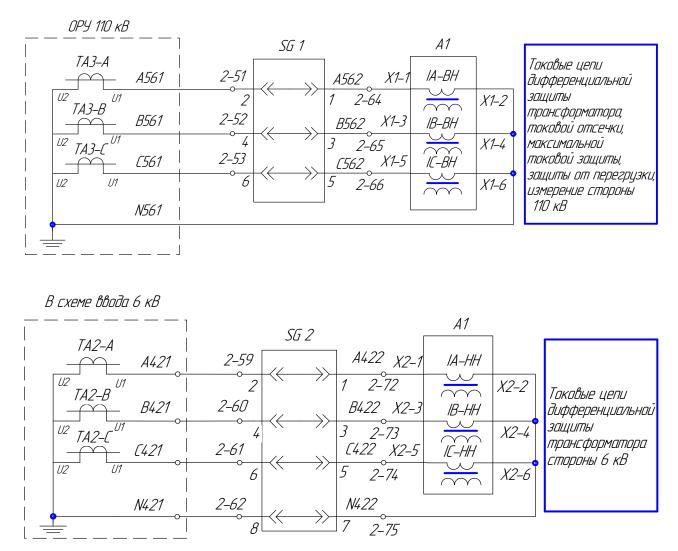


Рисунок 4.3 - Токовые цепи трансформаторов тока

На рисунке 4.4 приведена принципиальная электрическая схема управления выключателем 110 кВ и цепи отключения выключателя от защит трансформатора с применением устройства «Сириус-Т».

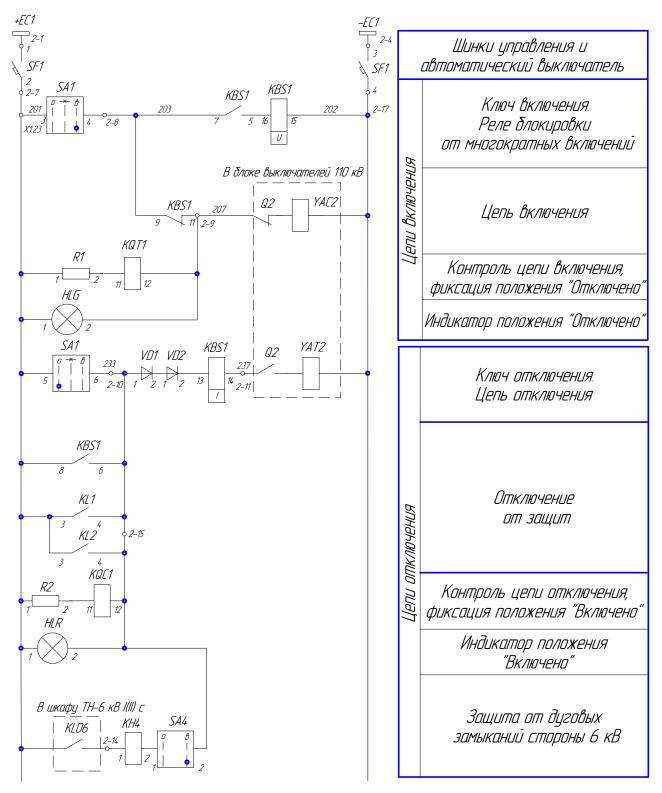


Рисунок 4.4 - Принципиальная схема управления выключателем 110 кВ

На рисунке 4.5 представлена схема выходных реле защиты трансформатора, в которой предусматривается возможность перевода действия отключающего контакта газового реле трансформатора на сигнал. Газовое реле бака РПН действует только на отключение.

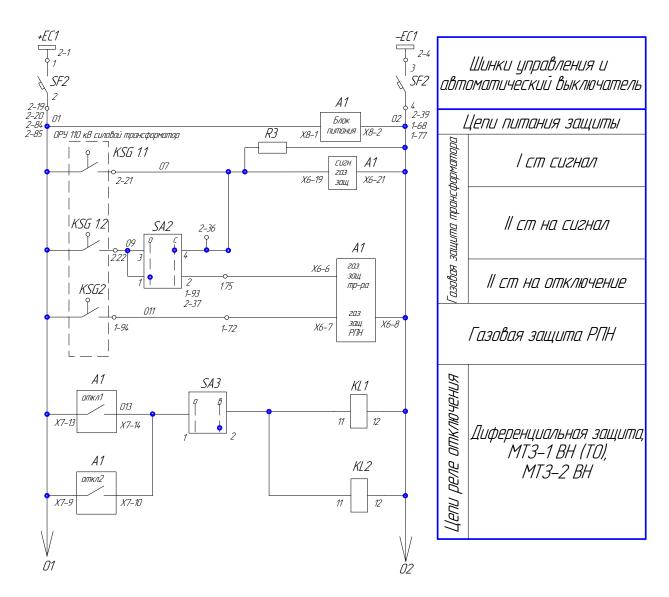


Рисунок 4.5 - Схема выходных реле защиты трансформатора, с применением устройства «Сириус-Т»

На рисунке 4.6 показана схема контроля температуры и уровня масла трансформатора, с применением устройства «Сириус-Т».

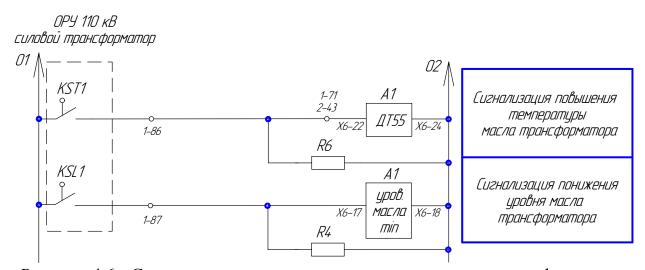


Рисунок 4.6 - Схема контроля температуры и уровня масла трансформатора

На рисунке 4.7 показана схема цепей сигнализации защит трансформатора с применением устройства «Сириус-Т».

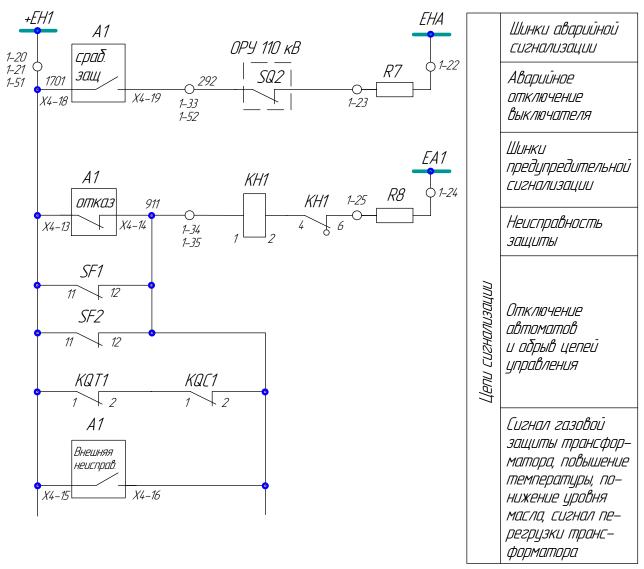


Рисунок 4.7 - Цепи сигнализации защит трансформатора

На рисунке 4.8 показана схема подключения сигнальной лампы цепей сигнализации защит трансформатора с применением устройства «Сириус-Т».

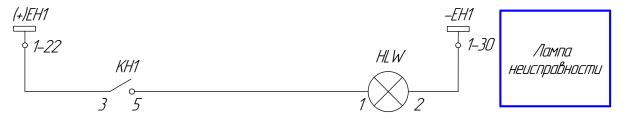
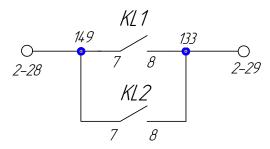


Рисунок 4.8 - Схема подключения сигнальной лампы

На рисунке 4.9 показаны контакты устройства «Сириус-Т» защиты трансформатора для отключения ввода 6 кВ.



В схему ввода 6 кВ (отключение от защит трансформатора)

Рисунок 4.9 - Контакты защиты трансформатора для отключения ввода 6 кВ

Список литературы

- 1 Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 2007. 639 с.
- 2 Беркович М.А. и др. Основы техники релейной защиты. М.: Энергоатомиздат, 1984. 376 с.
- 3 Плащанский Л.А. Основы электроснабжения. Раздел «Релейная защита электроустановок»: Учебное пособие. М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2003. 141 с.
- 4 Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ. Расчеты. М.: Энергоатомиздат, 1985. 96 с.
- 5 Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: Монография. СПб.: ПЭИПК, 2003. 555 с.
- 6 Шестаков Д.Н. Расчет максимальной токовой защиты и токовых отсечек линий 6, 10, 35 кВ. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. 31 с.
- 7 Микропроцессорное устройство основной защиты двухобмоточного трансформатора «Сириус-Т». Техническое описание, руководство по эксплуатации, паспорт, ЗАО «Радиус Автоматика».- М., 2003. 70 с.
- 8 Рекомендации по выбору уставок устройств защиты трансформаторов «Сириус-Т» и «Сириус-Т3», ЗАО «Радиус Автоматика».- М., 2004. 11 с.
- 9 Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2008. 252 с.
- 10 Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей: Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984. 560 с.
- 11 Чернобровов Н.В. Релейная защита. М.: Энергия, 1974. 680 с.

Шестаков Дмитрий Николаевич Помялов Станислав Юрьевич

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ с использованием микропроцессорного устройства «Сириус-Т»

Методические указания для дипломного проектирования защит трансформаторов раздела Релейная защита для студентов направления 140200 (специальность 140211)

Редактор Н.М. Быкова

Подписано к печати	Формат 60х84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 3,5	Учизд. л. 3.5
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.

Курганский государственный университет.