

# УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

<b>Дата</b>	<b>20 октября 2008 г.</b>
<b>Суффикс аппаратного обеспечения</b>	<b>A</b>
<b>Версия ПО:</b>	<b>1C</b>
<b>Схемы подключений:</b>	<b>10P11503</b>



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1.</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
1.1	Защита фидеров	3
<b>2.</b>	<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ</b>	<b>4</b>
2.1	Максимальная токовая защита	4
2.1.1	Бросок тока намагничивания трансформатора	4
2.1.2	Применение функции удержания таймера для обратозависимых характеристик согласно IEC/IEEE/US	5
2.1.3	Указания по выбору уставок	6
2.1.4	Пороговое значение независимой характеристики (DT)	7
2.1.5	Пороговое значение обратозависимой характеристики (IDMT)	7
2.2	Защита силиконовых выпрямителей	8
2.3	ТЗНП	9
2.3.1	Расчет требуемых уставок ТЗНП	9
2.4	Внешнее отключение	9
2.5	Максимальная токовая защита с блокировкой	9
2.6	Устройство резервирования отказа выключателя (СВФ) (УРОВ)	12
2.6.1	Механизмы возврата таймеров УРОВ	12
2.6.2	Типичные уставки	13
2.7	Минимальное время срабатывания	14
<b>3.</b>	<b>ТРЕБОВАНИЯ К ТТ</b>	<b>15</b>
3.1	Краткое перечисление характеристик трансформатора тока	15
3.1.1	Характеристика трансформатора тока	15
3.1.2	Эквивалентная схема трансформатора тока	16
3.1.3	Способ расчета номинальной выходной вторичной нагрузки ТТ в вольт-амперах, исходя из величин его характеристики ( $V_k$ , $R_{ct}$ )	17
3.1.4	Определение эквивалентов для обычных ТТ.	18
3.1.5	Способ расчета напряжения точки излома $V_k$ для ТТ класса P	18
3.2	Потребление тока устройством MiCOM P115	18
3.3	Расчет трансформатора тока для устройства MiCOM P115	19
<b>4.</b>	<b>ВОЗМОЖНЫЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТТ НА ВХОДЕ УСТРОЙСТВА P115</b>	<b>21</b>

(AP) 6-2/16

MiCOM P115

<b>4.1</b>	<b>Подключение к 3-фазным ТТ + балансовому ТТ</b>	<b>21</b>
4.1.1	Балансовый ТТ, подключенный к измерительному входу тока заземления (контактные зажимы 8 - 9)	21
4.1.2	Балансовый ТТ, подключенный к входу тока заземления защиты с автономным питанием (клеммы 7 - 9)	21
4.1.3	Подключение к 2-фазным ТТ + балансовому ТТ	21
<b>4.2</b>	<b>Вход тока заземления подключен к суммарному току трехфазных ТТ</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>ПАРАМЕТРЫ ПЛАВКОЙ ВСТАВКИ В ЦЕПЯХ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД</b>	<b>23</b>

## РИСУНКИ

<b>РИСУНОК 1:</b>	<b>ОДНОЛИНЕЙНАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА P115 (СО ВСЕМИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ)</b>	<b>4</b>
<b>РИСУНОК 2:</b>	<b>ЗАЩИТА СИЛИКОНОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ</b>	<b>8</b>
<b>РИСУНОК 3:</b>	<b>СОГЛАСОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ С ОБЛАСТЬЮ НАГРУЗКИ И ПРЕДЕЛОМ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ</b>	<b>8</b>
<b>РИСУНОК 4:</b>	<b>ПРОСТАЯ СХЕМА ЗАЩИТЫ ШИНОПРОВОДА С БЛОКИРОВКОЙ</b>	<b>10</b>
<b>РИСУНОК 5:</b>	<b>СТУПЕНЧАТАЯ ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПРОСТОЙ СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ШИНОПРОВОДА С БЛОКИРОВКОЙ</b>	<b>11</b>
<b>РИСУНОК 6:</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ ИЗЛОМА КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ</b>	<b>16</b>
<b>РИСУНОК 7:</b>	<b>ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА</b>	<b>17</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1.1 Защита фидеров

Безопасное и надежное распределение электроэнергии в энергосети во многом зависит от целостности кабельных линий электропередачи, которые соединяют различные участки энергосистемы между собой. В связи с этим системы защиты данных объектов должны устойчиво и надежно функционировать в любой момент времени.

Наиболее частыми видами повреждений как на трансформаторах среднего напряжения, так и на кабельных линиях электропередач, являются короткие замыкания (КЗ). Такого рода повреждения могут быть межфазными, однако наиболее часто КЗ являются однофазными или двухфазными на землю. Такие повреждения должны ликвидироваться максимально быстро, при этом должна также сохраняться селективность действия соответствующих устройств защиты.

Наличие переходного сопротивления оказывает наибольшее влияние в сетях низкого напряжения: оно может обуславливать протекание незначительных токов повреждения, что, в свою очередь, осложняет задачу обнаружения повреждений с высокими переходными сопротивлениями. Кроме того, во многих распределительных системах широко используются средства ограничения токов замыкания на землю. Использование следующих методов: заземление через активное сопротивление, заземление через дугогасящий резистор и сети с изолированной нейтралью, осложняют задачу обнаружения замыкания на землю. В связи с этим к устройствам защиты выдвигаются особые требования.

Устройство P115 с питанием через ТТ используется в распределительных устройствах среднего напряжения с выключателями для защиты распределительных трансформаторов, фидеров, а также линий местных и промышленных энергосетей. Благодаря небольшому размеру корпуса данное реле идеально подходит для использования в вышеуказанных случаях.

Благодаря наличию функции двойного резерва питания, устройство P115 может использоваться в качестве резервной защиты трансформаторов высокого/среднего напряжения.



ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ КАКИХ-ЛИБО РАБОТ С ОБОРУДОВАНИЕМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ДОЛЖЕН ОЗНАКОМИТЬСЯ С УКАЗАНИЯМИ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ SFTY/4L M/E11 ИЛИ БОЛЕЕ ПОЗДНЕЙ ВЕРСИИ, ИЛИ С РАЗДЕЛОМ УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, СОДЕРЖАЩИМСЯ В РУКОВОДСТВЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ, А ТАКЖЕ ПАСПОРТНЫМИ ДАННЫМИ НА ТАБЛИЧКАХ, ИМЕЮЩИХСЯ НА ОБОРУДОВАНИИ.



В целях безопасности запрещается производить какие-либо работы на устройстве P115, пока от него не будут отключены все источники питания.

## 2. ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ

В данных разделах приведены описания индивидуальных защитных функций, а также области и способы их применения. Каждая глава содержит несколько практических примеров, задания тех или иных уставок устройства.

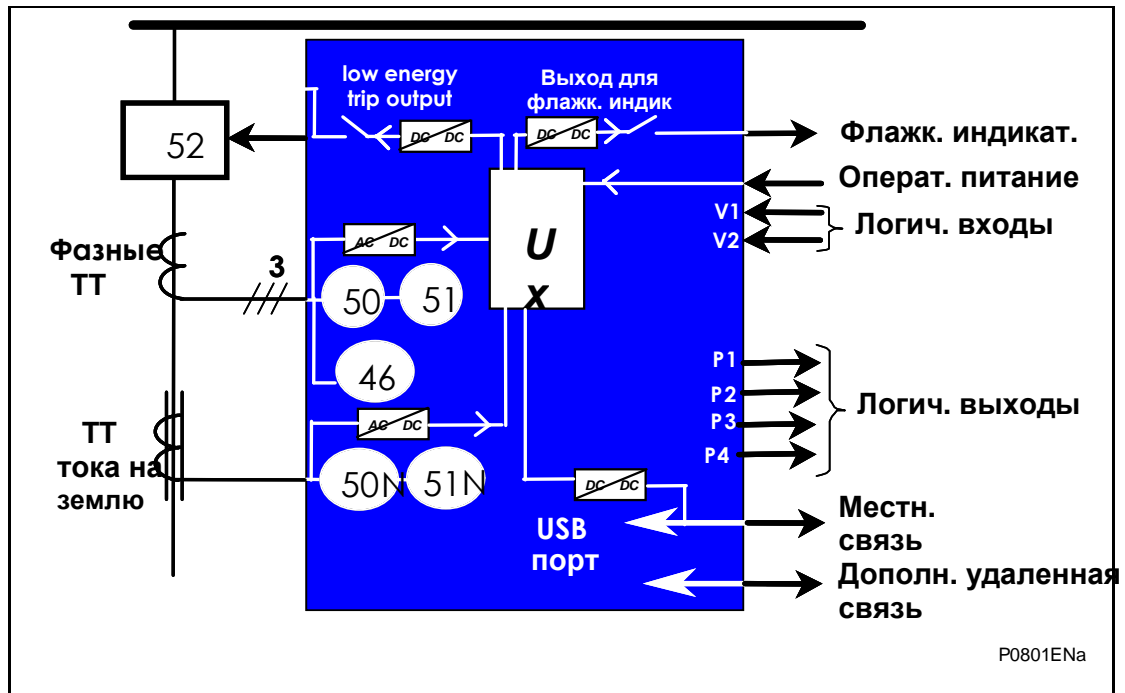


Рисунок 1: Однолинейная функциональная схема устройства P115 (со всеми дополнительными возможностями)

### 2.1 Максимальная токовая защита

Реле, обладающие функцией максимальной токовой защиты, являются наиболее распространенными устройствами защиты в промышленных и распределительных сетях. Реле обеспечивает основную функцию защиты фидеров и шинопроводов, когда защиты с абсолютной селективностью не используются. Реле также используются для обеспечения резервирования основной защиты в тех случаях, когда используются защиты с абсолютной селективностью, например, схемы со вспомогательными кабелями. Существует несколько моментов, на которые стоит обратить внимание при использовании реле максимальной токовой защиты.

#### 2.1.1 Бросок тока намагничивания трансформатора

При установке устройства максимальной токовой защиты на стороне СН силового трансформатора стандартной практикой является использование, помимо функции токовой защиты с пониженной уставкой, действующей с выдержкой времени, функции максимальной токовой защиты с повышенной уставкой, что необходимо для снижения времени устранения состояний отказа СН. Обычно, такая уставка в 1,3 раза превышает уровень КЗ низкого напряжения, поэтому, она будет реагировать только на КЗ среднего напряжения. Принятого 30% запаса обычно достаточно, вследствие, **low transient overreach**. **Transient overreach** определяет реакцию реле на постоянную составляющую тока КЗ и задается в процентах.

Вторым требованием для данной функции защиты является обеспечение устойчивости несрабатывания при бросках тока намагничивания, возникающих при включении силового трансформатора под напряжение, когда характерно протекание значительного первичного тока. В большинстве случаев требование к заданию уставки реле выше уровня КЗ низкого напряжения автоматически задаст уставки, которые будут выше уровня величина броска тока намагничивания.

Обе ступени защиты максимального тока реагируют на Истинный RMS. Т.е. для второй ступени максимальной токовой защиты в устройстве P115 можно задавать уставки, соответствующие 35% пикового броска тока при сохранении условия устойчивости несрабатывания.

### 2.1.2 Применение функции удержания таймера для обратнoзависимых характеристик согласно IEC/IEEE/US

Данная функция может быть полезна в определенных случаях. Например, когда необходимо выполнить согласование с установленными на предыдущих участках (ближе к головному участку) электромеханическими реле максимального тока, которые обладают собственными выдержками времени на возврат. Выставляя значение удержания таймера отличное от нуля, вы задерживаете сброс таймеров элементов защиты на данное значение, тем самым осуществляя имитацию действия электромеханического реле.

Применение данной функции также возможно для сокращения времени ликвидации повреждений, в случае возможного возникновения прерывистых КЗ. Примером такой ситуации может быть повреждение кабеля с поливинилхлоридовой изоляцией. В этом случае возможна ситуация, когда энергия, выделяемая при повреждении, расплавит изоляцию кабеля и, тем самым, возобновит изоляцию и, таким образом, устранит повреждение. Указанный процесс повторяется и сопровождается возникновением импульсов тока повреждения увеличивающейся длительности с сокращением интервалов между импульсами. Это происходит до тех пор, пока повреждение не станет устойчивым.

Когда выдержка времени на возврат реле токовой защиты отсутствует, оно будет повторно возвращаться и не сможет сформировать команду на отключение до тех пор, пока повреждение не станет устойчивым. Благодаря использованию функции удержания таймера реле будет интегрировать импульсы тока короткого замыкания, снижая при этом время устранения короткого замыкания.

Для обратнoзависимой характеристики значение удержания таймера может быть задано на основании следующих формул:

$$\text{IEC: } \text{Время возврата} = TMS \cdot \frac{tr}{1 - M^2}$$

$$\text{IEEE и US: } \text{Время возврата} = TD \cdot \frac{tr}{1 - M^2}$$

где:

$$M = \frac{I}{I_s}$$

I = Измеренный ток в [A]

TMS = Уставка времени [с]

I<sub>s</sub> = Уставка порогового значения тока [A]

Тип кривой	Стандарт	tr
STI - Стандартная инверсная временная характеристика	IEC	12,1
VI - Сильно инверсная временная характеристика	IEC	43,2
EI - Экстремально инверсная временная характеристика	IEC	80
LTI - Инверсная характеристика с длительной выдержкой	UK	0
STI - Инверсная характеристика с малой выдержкой	Areva	0
Выпрям. - Характеристика выпрямителя	UK	0
MI - Умеренно инверсная временная характеристика	IEEE	4,9
VI - Сильно инверсная временная характеристика	IEEE	21,6
EI - Экстремально инверсная временная характеристика	IEEE	29,1
CO8 - Инверсная характеристика с малой выдержкой	US	5,95
CO2 - Инверсная характеристика	US	2,261

Таблица 1: Значение "tr" для обратнoзависимых характеристик.

### 2.1.3 Указания по выбору уставок

При использовании функции максимальной токовой защиты устройства P115 расчет уставок по току и по времени производится согласно стандартным принципам, изложенным в Руководстве по расчету уставок устройств защиты и автоматики (NPAG). Ниже приведен подробный пример расчета и задания значений уставок устройства.

При следующих параметрах реле, питающем распределительное устройство НН:

Коэффициент ТТ = 500 A/1 A

Ток максимальной нагрузки контура = 440 A

Наиболее медленная защита,  
уст. на смежном участке = Плавкая вставка 100 A

Значение уставки по току, устанавливаемое для устройства P115, должно учитывать как максимальный ток нагрузки, так и коэффициент возврата самого устройства:

Значение уставки  $I_{>}$  должно превышать:  $(440 A/0,95)/500 A = 0,9263 I_n$

Значение уставки  $I_{>}$  должно превышать:  $0,9263 I_n$

Для диапазона уставок  $0,2-4 I_n$  с шагом  $0,01 I_n$  максимальное значение уставки  $I_{>} = 0,93 I_n$ :

Теперь можно выбрать подходящую характеристику выдержки на срабатывание. При согласовании с плавкими вставками на смежном участке, заданная характеристика реле должна быть максимально приближена к характеристике плавкой вставки. Следовательно, при использовании обратнoзависимого согласования (IDTM), обычно выбирается Экстремально инверсная характеристика IEC (EI).

После этого необходимо рассчитать и ввести подходящую уставку коэффициента времени (TMS).

#### Использование трансформатора СН/НН

Пример:

Трансформатор:

Сном = 1000 кВа

$U_{ном} = 6$  кВ

Коэффициент трансформации ТТ: 100 A/1 A

$$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000 \text{кВа}}{\sqrt{3} \cdot 6 \text{кВ}} = 96 \text{А}$$

Где:

$I_{\text{н}}$  - номинальный ток трансформатора

$S_{\text{н}}$  - номинальная мощность трансформатора

$U_{\text{н}}$  - номинальное междуфазное напряжение

#### КЗ I>>

Первичная величина уставки: 1,5 кА

Степень, реагирующая на ток I>>:  $I_{>>} = 1500 \text{А}/100 \text{А} = 15 [I_n]$

$I_{>>} \text{ - знач. - уставка: } 15 I_n$



Где:

$I_{>>}$  – *знач. \_ уставк.*: значение уставки ступени защиты максимального тока КЗ

#### **I> максимального тока**

Степень максимального тока  $I_{>}$  должна быть установлена выше нормального тока нагрузки.

В случае если значение уставки  $I_{>}$  равняется 172 А, значение уставки рассчитывается следующим образом:

$$I_{>} = 172A/100A = 1,72 \cdot I_n$$

#### 2.1.4 Пороговое значение независимой характеристики (DT)

Первая и вторая ступени максимальной токовой характеристики для фазного тока ( $I_{>}$ ,  $I_{>>}$ ) и тока КЗ на землю ( $I_n$ ) могут конфигурироваться с независимой (DT) или обратозависимой (IDMT) характеристикой.

Третья ступень МТ ( $I_{>>>}$ ) и вторая ступень КЗ на землю ( $I_{N>>}$ ) могут конфигурироваться только с независимой (DT) характеристикой.

#### 2.1.5 Пороговое значение обратозависимой характеристики (IDMT)

Пороговые значения МТ первой и второй ступени ( $I_{>}$ ,  $I_{>>}$ ) и тока КЗ на землю ( $I_n$ ) могут быть выбраны с обратозависимой (IDMT) характеристикой.

Выдержка на срабатывание реле рассчитывается по формуле в зависимости от значений тока реле и коэффициента времени (TMS) для (IEC и UK) или выдержки на срабатывание (TD = Time dial setting) (значения IEEE/ANSI и US).

Доступны 12 обратозависимых характеристик:

- SI: Стандартная инверсная временная характеристика (IEC)
- VI: Сильно инверсная временная характеристика (IEC)
- EI: Экстремально инверсная временная характеристика (IEC)
- LTI: Инверсная характеристика с длительной выдержкой (UK)
- STI: Инверсная характеристика с малой выдержкой (AREVA)
- RC: Характеристика выпрямителя (UK)
- MI: Умеренно инверсная временная характеристика (IEEE/ANSI)
- VI: Сильно инверсная временная характеристика (IEEE/ANSI)
- EI: Экстремально инверсная временная характеристика (IEEE/ANSI)
- CO2: Инверсная характеристика с малой выдержкой (США)
- CO8: Инверсная характеристика (США)
- RI: Электромеханическая инверсная характеристика

Формулы и кривые для 12 инверсных временных характеристик, доступных в устройстве P115, приведены в главе AP ("Эксплуатация").

## 2.2 Защита силовых выпрямителей

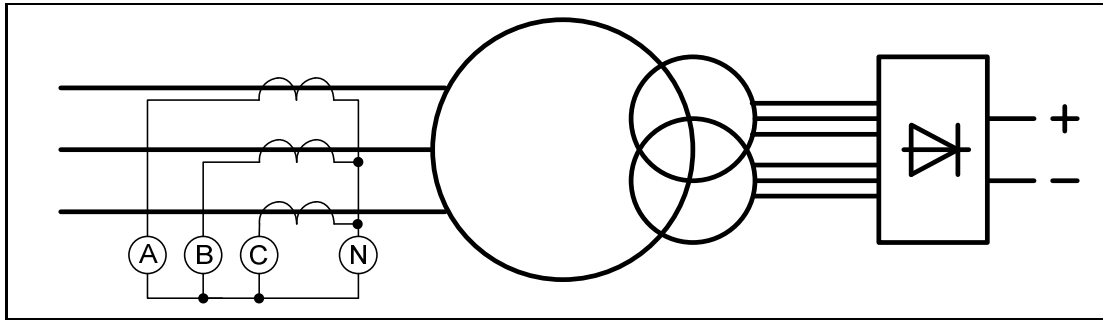


Рисунок 2: Защита силовых выпрямителей

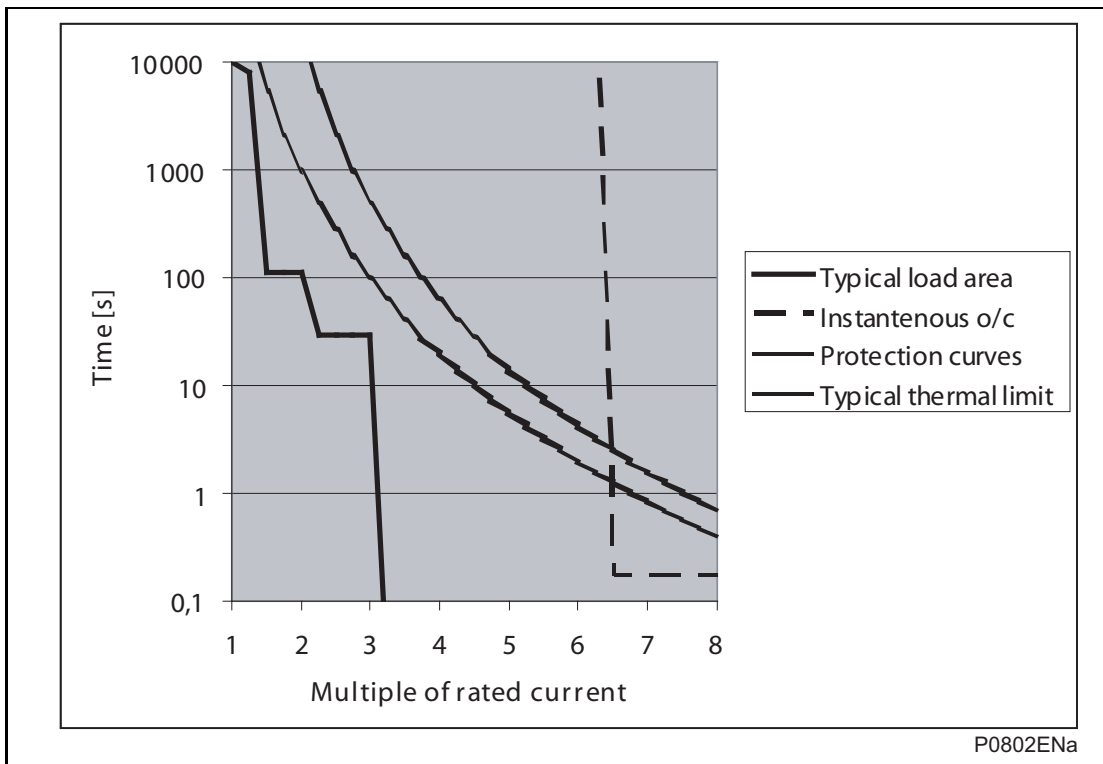


Рисунок 3: Согласование характеристики с областью нагрузки и пределом по термической стойкости выпрямителя

Функция токовой защиты выпрямителя основана на использовании обратозависимой временной/токовой характеристики, которая также используется в MCTD 01 (блок релейной защиты силового выпрямителя), что представлено на графике, приведенном выше.

Защита выпрямителя отличается от большинства используемых функций максимальных токовых защит, применяемых в сетях переменного тока, тем, что большинство выпрямителей способно в течение достаточно длительного времени выдерживать перегрузки без каких-либо последствий (150% в течение 2 часов, 300% - в течение 1 минуты).

Значение уставки  $I>$  обычно следует установить равным 110% максимально допустимой продолжительной перегрузки выпрямителя. Устройство защиты формирует сообщения о срабатывании при превышении установленного порога срабатывания функции  $I>$ , но никаких других управляющих воздействий при этом не формируется, поскольку функция не используется. Характеристика защиты выпрямителя должна быть выбрана обратозависимой, поскольку допускаются относительно продолжительные перегрузки даже при превышении значения уставки 110%  $I>$ .

Типичные значения коэффициента времени (TMS) равны:

Легкая промышленность	TMS	=	0,025
Средний режим работы	TMS	=	0,1
Тяжелый режим работы	TMS	=	0,8

Значение высокой уставки выбирается равным в 8 раз превышающим номинальный ток, поскольку при этом обеспечивается селективность действия защиты ВН сети переменного тока при повреждениях на низшей стороне. Для более надежной защиты сети переменного тока высокая уставка должна в 4 или 5 раз превышать номинальный ток. Использование функции термической защиты для обеспечения защиты при токах в диапазоне от 70% до 160% номинального тока позволяет улучшить защиту. Стандартной практикой также является применение функции ограниченной защиты от замыканий на землю на трансформаторе, питающем выпрямитель. Замечания по применению функции дифференциальной защиты от КЗ на землю приведены в соответствующем разделе.

## 2.3 ТЗНП

Ток НП ( $I_n$ ) измеряется на входе  $I_n$ .

В зависимости от подключения клемм вход ТЗНП может запитывать устройство P115 (клеммы 7 и 8) или не запитывать устройство P115 (клеммы 8 и 9).

Предусмотрено две ступени:  $I_n >$  и  $I_n >>$ . В первой ступени доступны обратозависимая и независимая характеристика. Типы характеристик аналогичны с  $I >$  (см. раздел 2.1.5).

Если ТТ токовой защиты НП подключен к клеммам 7 и 9, а оперативное напряжение на клеммах 11-12 не подключено, для обеспечения питания устройства P115 ток на входе ТЗНП должен превышать  $0,2I_{en}$ .

### 2.3.1 Расчет требуемых уставок ТЗНП

Значение уставки ТЗНП должно быть больше (с запасом надежности) чем питающие токи на защищенной линии, что необходимо для предотвращения КЗ на землю, вызывающие срабатывание реле, на других участках сети. Значение коэффициента надежности зависит от защищаемого объекта и точности значения тока КЗ (обычно : 1,5 - 2,5).

## 2.4 Внешнее отключение

При помощи функций AUX1 (ДОП1) или AUX2 (ДОП2) можно сконфигурировать двоичный вход на отключение выключателя.

При помощи таймеров данных функций можно установить выдержку отключения.

Таймеры  $t_{AUX1}$  ( $t_{ДОП1}$ ) и  $t_{AUX2}$  ( $t_{ДОП2}$ ) можно сконфигурировать на:

- RL1,
- RL2,
- RL3,
- RL4,
- Отключение (срабатывание защиты)
- Сигнализацию
- Программируемые светодиоды

Если таймер сконфигурирован на Отключение (защитное отключение), таймер  $t_{AUX1}$  ( $t_{ДОП1}$ ) и/или  $t_{AUX2}$  ( $t_{ДОП2}$ ) включит СВЕТОДИОД "Отключение"

## 2.5 Максимальная токовая защита с блокировкой

Максимальная токовая защита с блокировкой использует пусковые контакты нижестоящих защит для блокирования входов вышестоящих защит. Это позволяет

устанавливать одинаковые уставки по току и времени на каждой защите, входящей в схему, поскольку защита, ближайшая к месту КЗ, не получает блокирующего сигнала и, значит, срабатывает селективно. Таким образом, такая схема снижает необходимое количество ступеней отстройки и, следовательно, время отключения КЗ.

Принцип МТЗ с блокировкой может быть расширен путем установки быстродействующих органов МТЗ на входящих фидерах подстанции, которые подключаются так, чтобы блокироваться пусковыми контактами от защит отходящих фидеров. Следовательно, быстродействующий орган может сработать при КЗ на шинах, но не будет работать при внешних КЗ на отходящих присоединениях из-за блокирующего сигнала. Такая схема обеспечивает значительно меньшее время отключения КЗ на шинах по сравнению с традиционной МТЗ, отстроенной по времени. Наличие нескольких ступеней МТЗ и защиты от замыканий на землю означает, что предусматривается также резервная токовая защита, отстроенная по времени. Это показано на рис. 4 и 5. Для блокирования более высокой ступени I>> питающего присоединения необходимо использовать вход L1, сконфигурированный на функцию "блокировка I>>".

Один из выходов фидера должен быть установлен на пуск I>>.

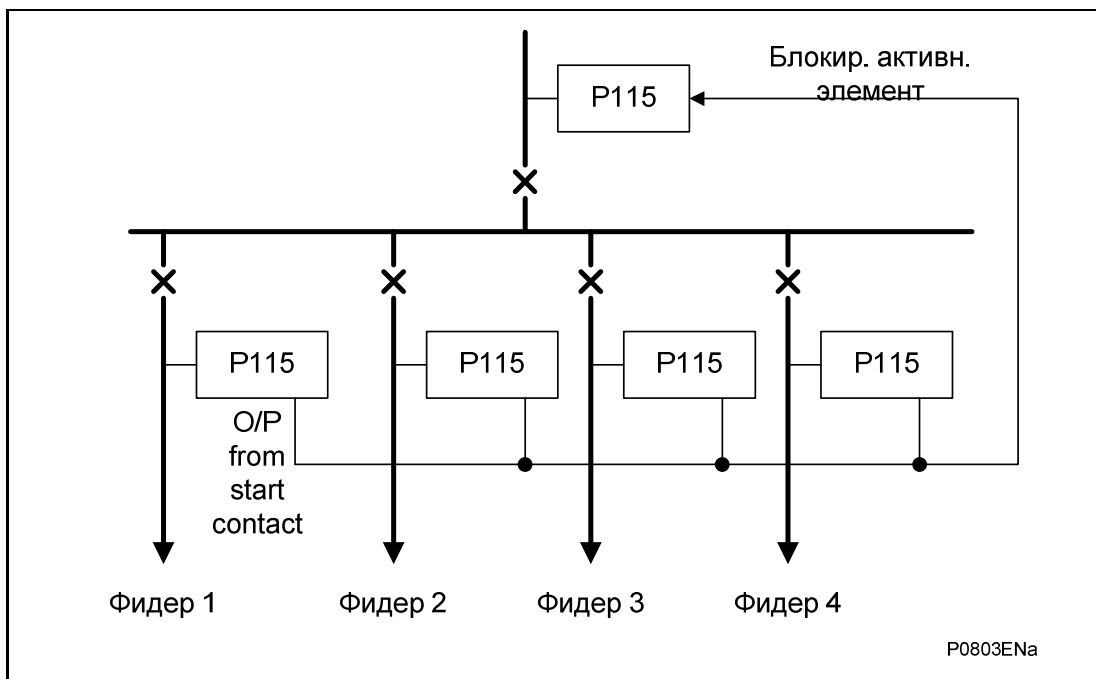
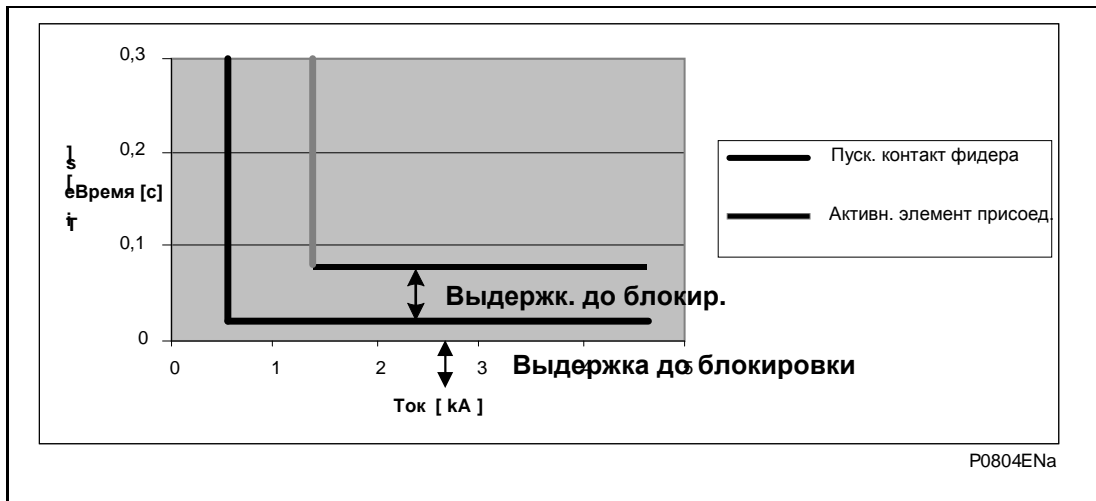


Рисунок 4: Простая схема защиты шинпровода с блокировкой



Надписи на рисунке:

AP

**Рисунок 5: Ступенчатая выдержка времени для простой схемы защиты шинпровода с блокировкой**

Для получения более полной информации о схемах МТЗ с блокировкой обращайтесь в AREVA T&D.

Любой двоичный вход может быть сконфигурирован на блокировку таких защитных функций:

I>, I>>, I>>>, IN>, IN>>, AUX1 (ДОП1), AUX2 (ДОП2) и CBF (УРОВ).

Программируемый двоичный вход блокирует таймер и пусковые сигналы

## 2.6 Устройство резервирования отказа выключателя (СВФ) (УРОВ)

При обнаружении повреждения сработает одно или более устройство защиты и выдаст сигнал на отключение выключателя(ей), соответствующего поврежденной цепи. Действие выключателя очень важно для изолирования места КЗ и предотвращения разрушений в энергосистеме. В передающих/распределительных сетях медленное устранение повреждений может также угрожать устойчивости системы. Поэтому, обычно применяется устройство резервирования отказа выключателя, которое контролирует отключение выключателя за определенное время. Если ток короткого замыкания не отключен через заданную выдержку времени после сигнала на отключение выключателя, то сработает устройство резервирования отказа выключателя (СВФ) (УРОВ).

Действие (СВФ) УРОВ может применяться к вышестоящим выключателям, чтобы гарантировать, что КЗ изолировано правильно. Действие (СВФ) УРОВ может также служить для возврата всех пусковых выходных контактов, снимая любые блокировки, введенные в МТЗ вышестоящей защиты.

### 2.6.1 Механизмы возврата таймеров УРОВ

Обычно, в случае необходимости, для обнаружения разрыва тока нагрузки или короткого замыкания полюсами выключателя в защите используются органы минимального тока с низкой уставкой. Это относится к следующим случаям:

- При неисправности блок-контактов выключателя или в случае, если на них нельзя полагаться, чтобы убедиться в отключении выключателя.
- При заклинивании выключателя при отключении. Это может привести к возникновению дуги между первичными контактами с дополнительным активным сопротивлением дуги в цепи короткого замыкания. Если это сопротивление значительно ограничит ток короткого замыкания, может произойти возврат органа защиты, вызвавшего отключение. Таким образом, возврат органа не может надежно указывать на то, что выключатель отключился полностью.

Любая функция защиты, для срабатывания которой необходим ток, для обнаружения отключения полюсов нужного выключателя и возврата таймеров (СВФ) УРОВ использует органы минимального тока ( $I <$ ). Однако, в некоторых случаях, органы минимального тока могут не обеспечивать надежный возврат (СВФ) УРОВ. Например:

- Для защиты, не реагирующей на ток, например, (СВ Ext) В ВНЕШН. В этом случае  $I <$  обеспечивает надежный метод возврата только при постоянном протекании тока нагрузки в защищаемой сети. Более надежным методом было бы обнаружение возврата органа защиты, вызвавшего отключение.
- Для защиты, не реагирующей на ток, например, (СВ Ext) В ВНЕШН. Здесь опять же, использование  $I <$  будет зависеть от постоянного протекания тока нагрузки в фидере. Кроме того, отключение выключателя может не устранить вызвавшее его повреждение на шинах, и, следовательно, возврат органа защиты может не произойти. В таких случаях положение блок-контактов выключателя может обеспечивать лучший метод возврата.

Сброс (СВФ) УРОВ может быть осуществлен после сообщения о размыкании контактов выключателя (из логики отключения реле) или возврата защиты. В этих случаях сброс разрешается при условии сброса защиты минимального тока.

## 2.6.2 Типичные уставки

### 2.6.2.1 Уставки таймеров (CBF) УРОВ

Обычно используются следующие уставки таймеров:

Механизм возврата (CBF) УРОВ	Выдержка времени (CBF) УРОВ	Типичная уставка для выключателей на 2 цикла
Возврат пускового органа	Время отключения выключателя + время возврата защиты (макс.) + погрешность таймера (CBF) УРОВ + запас надежности	$50 + 50 + 10 + 50 = 160$ мс
Отключение выключателя	Время замыкания/ размыкания блок-контактов выключателя (макс.)+ погрешность таймера (CBF) УРОВ + запас надежности	$50 + 10 + 50 = 110$ мс
Органы минимального тока	Время отключения выключателя + время действия органа минимального тока (макс.) + запас надежности	$50 + 25 + 50 = 125$ мс

Обратите внимание, что все типы возврата (CBF) УРОВ включают действие органов минимального тока. При использовании возврата органа защиты или отключения выключателя, если это окажется самым плохим случаем, также должна использоваться выдержка времени органа минимального тока.

В приведенных примерах рассмотрено прямое отключение выключателя. Обратите внимание, что при использовании промежуточных реле отключения, для учета времени действия реле следует добавить дополнительные 10 - 15 мс.

### 2.6.2.2 Уставки минимального тока (CBF) УРОВ

Уставки фазных токов ( $I_{<}$ ) должны быть установлены меньшими тока нагрузки, чтобы гарантировать, что срабатывание  $I_{<}$  указывает на отключение полюса выключателя. Типичная уставка для воздушных или кабельных линий составляет 20%  $I_n$ , и, обычно, 5%  $I_n$  для (CBF) УРОВ генераторного выключателя.

Стандартная защита от замыканий на землю должна иметь уставки ниже соответствующих уставок отключения, а именно:

$$I_{N<} = (I_{N>} \text{ trip}) / 2$$

## 2.7 Минимальное время срабатывания

Минимальное время срабатывания включенного реле при повреждении зависит от уровня тока повреждения.

Минимальное время срабатывания реле при токе, превышающем  $0,2 \times I_n$  ( $I_{en}$ ) уровень повреждения ("горячий пуск") можно определить как:

Уставка выдержки на срабатывание + время на срабатывание (выдержка измеряющего алгоритма + время на решение + время запитывания выходного контакта ).

Типичное время срабатывания:  $\leq 40$  мс

Минимальная уставка выдержки на срабатывание независимой характеристики ( $I_{>>>}$ ): 0 мс для максимального тока и 0 мс для КЗ на землю. Для  $I_{>}$ ,  $I_{>>}$  и  $I_{N>>}$  минимальная уставка выдержки на срабатывание равна 0,02 с.

Минимальное время срабатывания для "горячего пуска" (конденсаторы устройства заряжены) для установленной выдержки на срабатывание 0 мс будет иметь значение:  $0 \text{ мс} + 40 \text{ мс} = 40 \text{ мс}$

Если на клеммах реле не было тока перед повреждением или ток на всех аналоговых выходах меньше чем  $0,2 I_n$  ( $0,2 I_{en}$ ), минимальное время отключения от "холодного старта" (конденсаторы не заряжены) с 40 мс выдержкой на срабатывание будет иметь значение  $0 \text{ мс} + 40 \text{ мс} + \text{значение коррективы выдержки}$ .

Величина коррективы выдержки (измеренная на выходных контактах):

(i) Версии аппаратной части P115746x0xxxxxx (без энергии для катушки отключения с малым потреблением)

- для всех типов повреждений (1, 2, 3 фазы)  $\leq 25$  мА
- кроме 1-фазных токов КЗ ниже  $1,6 I_n$  ( $I_{en}$ ):  $\leq 30$  мА

(ii) Версии аппаратной части P115746x1xxxxxx (с энергией для катушки отключения с малым потреблением, 24 В пост. ток: 0,1 Вт и P115746x2xxxxxx (с энергией для катушки отключения с малым потреблением, 12 В пост. ток: 0,02 Вт):

- для токов КЗ ниже  $0,6 I_n$  ( $I_{en}$ ):
 

1-фазное повреждение:	$\leq 60$ мс
2-фазное повреждение:	$\leq 60$ мс
3-фазное повреждение:	$\leq 30$ мс
- для всех типов токов КЗ выше  $0,6 I_n$  ( $I_{en}$ ) (1, 2, 3 фазы):  $\leq 30$  мс

Для устройства P115 без энергии для катушки отключения с малым потреблением (P115746x0xxxxxx) минимальное время отключения от "холодного старта" с установленной выдержкой на срабатывание 0 мс будет иметь значение  $< 0 \text{ мс} + 40 \text{ мс} + 30 \text{ мс} = 70 \text{ мс}$

Обычно около 65 мс.

Измеренная величина коррективы выдержки на энергетических выходах на 6 мс ниже на выходных контактах



### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ТТ

В случае типичной резистивной нагрузки напряжение на вторичной обмотке трансформатора пропорционально первичному току, следовательно, погрешность остается постоянной.

В случае использования устройства защиты MiCOM P115 с автономным питанием это уже неприменимо, так как напряжение на входе защитного контура непропорционально входному току.

Оптимальным способом проверки, адаптировано ли устройства MiCOM P115 для использования с данным ТТ, - это получить кривую намагничивания и внутреннее сопротивление рассматриваемого ТТ.

Чтобы обеспечить высокую точность при низких уровнях тока, ток намагничивания ТТ должен быть слабым. Другими словами входное напряжение устройства должно быть достаточно низким по сравнению с напряжением точки излома ТТ ( $V_k$ ).

В следующих разделах приведено вторичное напряжение переменного тока устройства P115 MiCOM, а принимая во внимание кривую намагничивания ТТ, становится возможным определить точность системы в целом по всему диапазону тока: устройства P115 + соответствующий ТТ.

#### 3.1 Краткое перечисление характеристик трансформатора тока

##### 3.1.1 Характеристика трансформатора тока

Характеристики ТТ с реле защиты основываются на:

- Его номинальной выходной вторичной нагрузке, выраженной в ВА, соответствующем классе точности (5P или 10P), а также **номинальном предельном токе по точности** (5 In, 10 In, 15 In, 20 In). **Предельная кратность по точности (K)** – это отношение предельного тока по точности к номинальному току
- Естественно, что к этому добавляется коэффициент трансформации ТТ. Этот коэффициент – это отношение первичного тока к вторичному току  $I1/I2$ . Номинальный вторичный ток обычно равняется 1 А или 5 А.
- Также учитываются другие характеристики, например, напряжение изоляции или тепловые характеристики.

Стандарт BS 3938 содержит технические условия, аналогичные тем которые входят в стандарт IEC 185 для трансформаторов класса P. ТТ характеризуется в соответствии со вторым классом, известным как класс X (Cx), который в дополнение к рассчитанному коэффициенту требует напряжения точки излома  $V_k$ , а также внутреннего сопротивления  $R_{ct}$ .

Следующие величины связаны с кривой намагничивания ТТ:

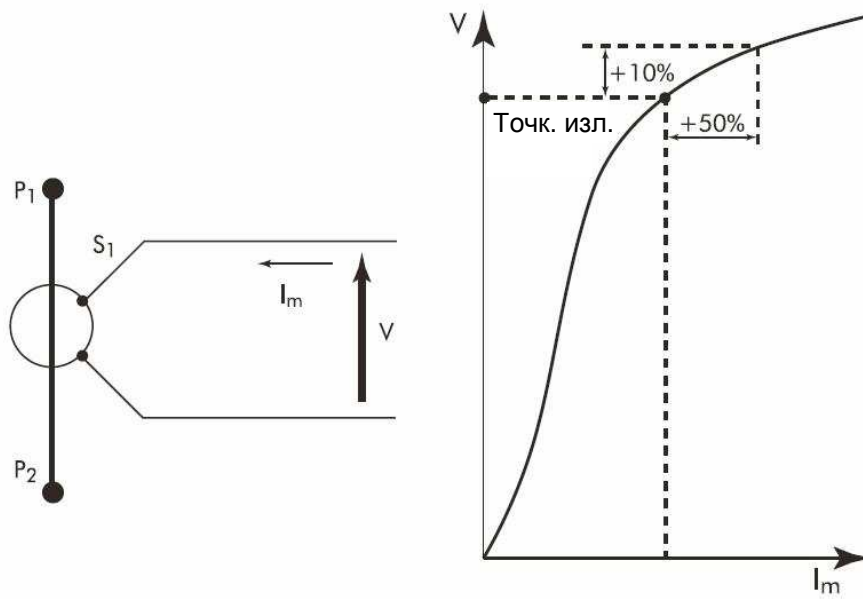
- Напряжение точки излома  $V_k$ , которое определяется точкой на кривой  $V=f(I_m)$ , выше которой увеличение напряжения  $V$  на 10% приводит к увеличению тока намагничивания на 50 %.
- Напряжение, имеющее отношение к ограничению по точности ТТ.

- Для ТТ 5PK (класс точности 5P, предельная кратность по точности K):

При напряжении насыщения  $V_{s1}$  будем иметь точность 5% по току  $K * I_n$ .

- Для термодары 10PK (класс точности 10P, предельная кратность по току K):

При напряжении насыщения  $V_{s2}$  будем иметь точность 10% по току  $K * I_n$ .



**Рисунок 6: Определение точки излома кривой намагничивания**

При наличии материалов, обычно используемых при производстве трансформаторов тока, имеем:

**Vk** соответствует 1,4 тесла

**Vs1** соответствует 1,6 тесла

**Vs2** соответствует 1,9 тесла

### 3.1.2 Эквивалентная схема трансформатора тока

Эквивалентная схема ТТ указана ниже:

- Коэффициент трансформации ТТ:  $n_2/n_1$
- $L_m$ : намагничивающая катушка самоиндукции ТТ
- $I_m$ : ток намагничивания
- $I_1$ : первичный ток
- $I_2$ : вторичный ток =  $I_1 \cdot n_2 / n_1$
- $I_s$ : вторичный ток, проходящий через сопротивление нагрузки  $R_p$ :  $\vec{I}_s = \vec{I}_2 - \vec{I}_m$
- $R_{ct}$ : сопротивление вторичной обмотки ТТ (Ом).

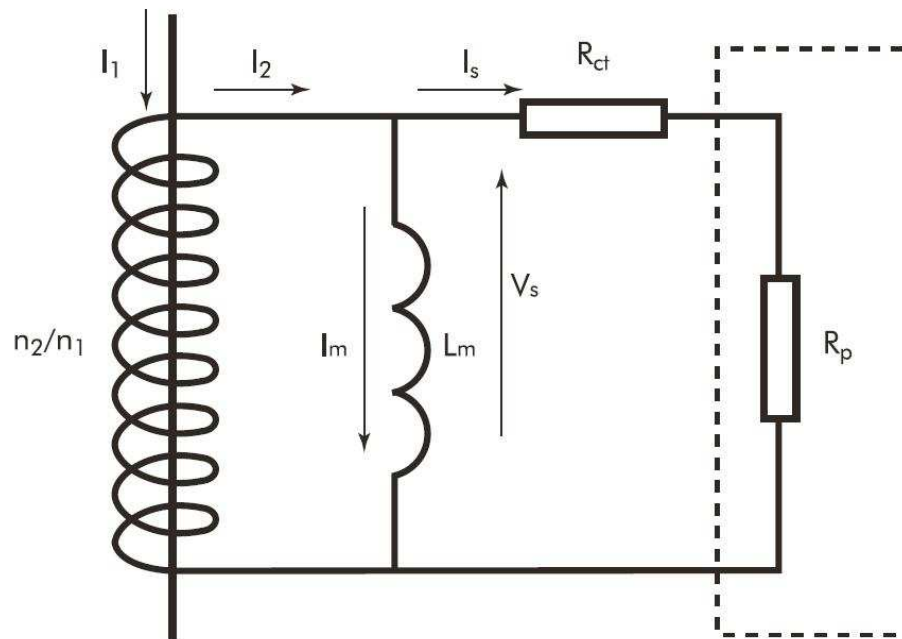


Рисунок 7: Эквивалентная схема трансформатора тока

AP

Ток намагничивания  $I_m$  трансформатора зависит от напряжения, генерируемого на вторичных обмотках трансформатора.

Именно этот ток является причиной сигнала ошибки в ходе измерения. При идеальном ТТ, ток намагничивания равнялся бы нулю.

3.1.3 Способ расчета номинальной выходной вторичной нагрузки ТТ в вольт-амперах, исходя из величин его характеристики ( $V_k$ ,  $R_{ct}$ )

Напряжение насыщения определяется по следующей формуле:  $V_s = (R_{ct} + R_p) I_s$

Номинальная нагрузка ТТ будет равна  $R_p = P_n / I_n^2$

Имеем  $V_s = (R_{ct} + P_n / I_n^2) I_s$

Отсюда:  $P_n = (V_s / I_s - R_{ct}) I_n^2$

- Для трансформатора с классом точности **5P**:  $V_{s1} / V_k = 1,6 / 1,4$

Таким образом:  $V_{s1} = 1,6 / 1,4 * V_k$ , при  $I_{s1}$  равно  $K * I_n$

**Отсюда:  $P_n = [(1,6 / 1,4 * V_k) / K * I_n - R_{ct}] * I_n^2$**

- Для трансформатора с классом точности **10P**:  $V_{s2} / V_k = 1,9 / 1,4$

таким образом  $V_{s2} = 1,9 / 1,4 * V_k$ , при  $I_{s2}$  равно  $K * I_n$

**Отсюда:  $P_n = [(1,9 / 1,4 * V_k) / K * I_n - R_{ct}] * I_n^2$**

### 3.1.4 Определение эквивалентов для обычных ТТ.

Поскольку единственными постоянными ТТ являются кривая намагничивания, сопротивление  $R_{ct}$  и коэффициент трансформации, представляется возможным заменить трансформатор, который имеет мощность  $P_{n1}$  вольт-ампер типа 5PK1, на трансформатор с мощностью  $P_{n2}$  вольт-ампер типа 5PK2.

При условии, что значения  $V_{s1}$  и  $R_{ct}$  известны:

$$V_{s1} = (R_{ct} + P_{n1}/I_n^2) * K_1 * I_n = (R_{ct} + P_{n2}/I_n^2) * K_2 * I_n$$

$$P_i = R_{ct} * I_n^2 \text{ (омические потери ТТ)}$$

$$(P_i + P_{n1}) * K_1 = (P_i + P_{n2}) * K_2$$

$$\text{Отсюда } K_2 = [(R_{ct} * I_n^2 + P_{n1}) / (R_{ct} * I_n^2 + P_{n2})] * K_1$$

### 3.1.5 Способ расчета напряжения точки излома $V_k$ для ТТ класса P

- Для трансформатора с классом точности **5P**:  $V_{s1}/V_k = 1,6/1,4$

$$P_n = [(1,6/1,4 * V_k) / K * I_n - R_{ct}] * I_n^2$$

$$\text{Отсюда } V_k = 1,4/1,6 (P_n/I_n^2 + R_{ct}) K * I_n$$

- Для трансформатора с классом точности **10P**:  $V_{s2}/V_k = 1,9/1,4$

$$P_n = [(1,9/1,4 * V_k) / K * I_n - R_{ct}] * I_n^2$$

$$\text{Отсюда } V_k = 1,4/1,9 (P_n/I_n^2 + R_{ct}) K * I_n$$

## 3.2 Потребление тока устройством MiCOM P115

Версии аппаратной части устройства MiCOM P115 с автономным питанием и двойным резервом питания (с идентичной вторичной нагрузкой переменного тока на токовых входах) имеют минимальный собственный пусковой ток  $0,2 I_n$ . Этот минимальный уровень тока необходим, по крайней мере, на одной фазе, чтобы правильно включить функцию автономного питания реле MiCOM и таким образом гарантировать, что функции защиты будут задействованы на максимум своих возможностей:

**ОСТОРОЖНО: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:**

- Номинальная непрерывная нагрузка  $3 I_n$
- $40 I_n$  в течение 100 с
- $100 I_n$  в течение 1 с

Сопротивление токового входа устройства P115 зависит от значения тока. В таблице 2 приведено сопротивление для одного токового входа для каждого устройства P115.  $I_n = 1 \text{ A} / 5 \text{ A}$ , а также стандартное соединение для одного токового входа для каждого устройства P115 + трансформатора тока WA-25. Для выполнения анализа в режиме межфазного КЗ и однофазного КЗ на землю необходимо учитывать удвоенное значение сопротивления, как показано в Таблице 2.

I	R <sub>p</sub> для одного токового входа		
	In=1 A	In=5 A	(In=1 A)+WA25
In	Ом		
0,2	28,9	1,0	21,9
0,3	11,5	0,36	16,7
0,4	6,6	0,27	6,8
0,5	3,8	0,22	3,8
1	0,63	0,12	2,5
10	0,28	0,056	2,2
20	0,28	0,056	2,2
40	0,28	0,056	2,2

Таблица 2: Сопротивление токового входа устройства P115

### 3.3 Расчет трансформатора тока для устройства MiCOM P115

Невозможно рекомендовать к использованию ТТ, не имея детальной информации. Принимать решение необходимо на основании расчетов.

Следует учитывать следующие параметры:

- Тип ТТ (номинальная мощность, номинальный ток и коэффициент трансформации по току, внутренне сопротивление, номинальная предельная кратность по току, класс и конструкцию),
- Сопротивление обмотки (длина, поперечное сечение, удельное сопротивление материала),
- Сопротивление токовых входов P115 (по таблице 2 в разделе 3.2).

Для разных типов повреждений нужно проверить два важных момента:

- наименьшую уставку порогового значения тока, при котором должно срабатывать реле (минимальный ток).
- наибольшую возможную верхнюю границу тока КЗ, которая зависит от максимальной мощности КЗ на шинопровод подстанции (максимальный ток).

Расчет параметров трансформатора производится с учетом следующего равенства:

$$V_{sal} = n_n \cdot I_{sn} \cdot (R_{ct} + R_{bn}) \geq \frac{I_{psc}}{K_n} \cdot (R_{ct} + R_b)$$

Таким образом, параметры трансформатора тока можно рассчитать по минимально допустимому предельному вторичному напряжению по точности в соответствии с IEC 60044-1, 2.3.4:

$$\begin{aligned} V_{sal} &\geq \frac{I_{psc}}{K_n} \cdot (R_{ct} + R_b) \\ &\geq \frac{I_{psc}}{I_{pn}} \cdot I_{sn} \cdot (R_{ct} + R_b) \end{aligned}$$

$$V_{sal} \geq K_{ssc} \cdot I_{sn} \cdot (R_{ct} + R_b)$$

В качестве альтернативы параметры ТТ можно также рассчитать по минимально допустимой номинальной предельной кратности по точности в соответствии с IEC 60044-1, 2.3.3:

$$\begin{aligned} n_n &\geq \frac{I_{psc}/K_n \cdot (R_{ct} + R_b)}{I_{sn} \cdot (R_{ct} + R_{bn})} \\ &\geq \frac{I_{psc}}{I_{pn}} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} \end{aligned}$$

$$n_n \geq K_{ssc} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} = K_{ssc} \cdot \frac{(P_{ct} + P_b)}{(P_{ct} + P_{bn})}$$

Фактическая подключенная вторичная нагрузка  $R_b$  имеет следующий вид:

- Для однофазных КЗ на землю:  $R_b = 2 \cdot R_l + 2 \cdot R_{rel}$
- Для межфазных КЗ:  $R_b = R_l + R_{rel}$

Вторичная нагрузка реле  $R_{rel}$  рассчитывается по таблице 2 (смотрите раздел 3.2).

Сопrotивление выводов  $R_l$  должно рассчитываться, исходя из длины кабеля, площади поперечного сечения и удельного сопротивления.

Зависимость между предельным вторичным напряжением по точности в соответствии с IEC 60044-1, 2.3.4 и номинальной предельной кратностью по точности в соответствии с IEC 60044-1, 2.3.3 имеет следующий вид:

$$V_{sal} = n_n \cdot \left( \frac{P_{bn}}{I_{sn}} + I_{sn} \cdot R_{ct} \right)$$

### Пример расчета

Даны следующие прикладные данные:

Коэффициент трансформации ТТ: 100/1 А

Номинальная мощность ТТ: 2,5 ВА ( $R_{bn} = 2,5$  Ом)

Внутренняя вторичная нагрузка ТТ:  $R_{CT} = 0,5$  Ом.

Сопrotивление выводов:  $R_l = 0,01774$  Ом (2 м в одном направлении, медь 2,5 мм<sup>2</sup>)

Макс. ток КЗ: фаза-земля = 2 кА = 20 Iном:  $R_{rel} = 0,28$  Ом  
фаза-фаза = 10 кА = 100 Iном:  $R_{rel} = 0,28$  Ом

Минимальный ток

срабатывания реле:  $I_{N>} = 0,2$  Iном:  $R_{rel} = 28,9$  Ом  
 $I_{>} = 1$  Iном:  $R_{rel} = 0,63$  Ом

Однофазное короткое замыкание на землю, минимальный ток:

$$n_n \geq K_d \cdot K_{ssc} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} = 0,2 \cdot \frac{0,5 + 2 \cdot (0,01774 + 28,9)}{0,5 + 2,5} = 3,9$$

Однофазное короткое замыкание на землю, максимальный ток:

$$n_n \geq K_d \cdot K_{ssc} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} = 20 \cdot \frac{0,5 + 2 \cdot (0,01774 + 0,28)}{0,5 + 2,5} = 7,3$$

Межфазное короткое замыкание, минимальный ток:

$$n_n \geq K_d \cdot K_{ssc} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} = 1,0 \cdot \frac{0,5 + 0,01774 + 0,63}{0,5 + 2,5} = 0,38$$

Однофазное короткое замыкание на землю, максимальный ток:

$$n_n \geq K_d \cdot K_{ssc} \cdot \frac{(R_{ct} + R_b)}{(R_{ct} + R_{bn})} = 100 \cdot \frac{0,5 + 0,01774 + 0,28}{0,5 + 2,5} = 26,6$$

В целом, требуется использовать минимальную номинальную предельную кратность по точности 26,6. Таким образом, типичное (стандартное) значение будет  $n_n = 30$ .

## 4. ВОЗМОЖНЫЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТТ НА ВХОДЕ УСТРОЙСТВА P115

Схемы подключения даны в главе Монтаж (P115/RU IN) этого руководства.

### 4.1 Подключение к 3-фазным ТТ + балансовому ТТ

#### 4.1.1 Балансовый ТТ, подключенный к измерительному входу тока заземления (контактные зажимы 8 - 9)

Этот вариант может быть использован в системах с низким значением тока КЗ на землю (изолированные или с дугогасящей катушкой). Чтобы обеспечить подачу питания к устройству P115 во время КЗ на землю, следует обеспечить подачу оперативного напряжения на клеммы 11 и 12 (Vx). Обычно применяется межфазное напряжение переменного тока от трансформатора собственных нужд на подстанции или трансформатора напряжения (ТН). Для вышеупомянутых систем межфазное напряжение не исчезает во время КЗ на землю. При межфазных коротких замыканиях устройства P115 запитываются только от ТТ.

**См. главу Применение: P115/RU AP, Рисунок 4.**

#### **Преимущество:**

В этом случае можно использовать типичный балансовый ТТ.

Значение тока КЗ на землю не влияет на отключение выключателя.

#### **Недостаток:**

Для отключения в случае КЗ на землю требуется подача дополнительного питания Vx от источника напряжения переменного тока.

#### 4.1.2 Балансовый ТТ, подключенный к входу тока заземления защиты с автономным питанием (клеммы 7 - 9)

#### **Преимущество:**

Это подключение выгодно, когда коэффициент трансформации балансового ТТ меньше аналогичного коэффициента однофазных ТТ (более высокое требование к чувствительности в диапазоне тока заземления). Это позволяет воспринимать КЗ на входе тока заземления защиты, даже если это КЗ меньше необходимого уровня ( $0,2 I_n$ ), чтобы обеспечить питание защиты через однофазные токи, в случае чего КЗ может обеспечить автономное питание защиты посредством входа тока заземления.

#### **Недостаток:**

Параметры балансового ТТ должны быть рассчитаны соответствующим образом, то есть он должен иметь малое количество витков для обеспечения хорошей чувствительности.

#### 4.1.3 Подключение к 2-фазным ТТ + балансовому ТТ

**См. главу Применение: P115/RU AP, Рисунок 5.**

#### **Преимущество:**

Используются только 2 ТТ, что позволяет сохранить одну фазу ТТ. Третья фаза формируется посредством коммутации.

#### **Недостаток:**

Размеры однофазных и заземленных ТТ должны иметь надлежащий запас. Балансовый ТТ должен быть подключен к входу электропитания входа тока заземления защиты с автономным питанием (клеммы 7 - 9)

Подразумевается, что система сбалансирована.

### 4.2 Вход тока заземления подключен к суммарному току трехфазных ТТ

**См. главу Применение: P115/EN AP, Рисунок 3.**

#### **Преимущество:**

В этом случае ток заземления определяется суммой токов трехфазных ТТ, поэтому

нет необходимости использовать балансый ТТ. Суммирование выполняется на клеммах 8 – 9 входа тока заземления. Нет необходимости подавать питание на реле через вход тока заземления, однако дополнительное питание (показано на Рисунке 3) посредством тока КЗ на землю дает устройству P115 больше энергии. Поэтому подача питания на ТТ подразумевает ток ниже 0,2 I<sub>en</sub> (обратитесь к главе Технические данные P115/EN)

**Недостаток:**

Более низкая чувствительность по сравнению с подключением балансового ТТ.



## 5. ПАРАМЕТРЫ ПЛАВКОЙ ВСТАВКИ В ЦЕПЯХ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

В разделе "Техника безопасности" данного руководства приведены максимально допустимые номинальные параметры плавких вставок 16 А. Чтобы обеспечить ступенчатую выдержку времени для плавких вставок выше по схеме, предпочтительно использовать более низкое номинальное значение тока. Рекомендуется использовать стандартные значения от 6 А до 16 А. Приемлемо использовать плавкие вставки низкого напряжения, не менее 250 В, согласно типу gG по МЭК60269-2, с высокой отключающей способностью. При этом будут обеспечены характеристики, эквивалентные предохранителям типа HRC "red spot" NIT/TIA.

В таблице ниже указаны рекомендуемые граничные параметры реле, подключенных на одно ответвление с предохранителями. Эти параметры применимы к устройствам MiCOM P115, поскольку эти устройства имеют ограничения пускового тока при включении, чтобы обеспечить консервацию плавкой вставки.

Максимальное количество устройств MiCOM P115, рекомендуемое для одной плавкой вставки				
Номинальное напряжение батареи	6 А	Плавкая вставка 10 А	Плавкая вставка 15 или 16 А	Номинал плавкой вставки > 16А
24 ... 48 В пер./пост. тока	2	4	6	Не допускается
60 ... 240 В пер. тока 60 ... 250 В пост. тока	6	10	16	Не допускается

В качестве альтернативного варианта можно использовать миниатюрные выключатели ("МСВ") для защиты цепей питания собственных нужд.