



Утвержден  
АИПБ.656122.011-002 РЭ2-ЛУ

**ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА 110-220 кВ  
ТИПА «ТОР 300 ДЗТ 5ХХ»**

**Руководство по эксплуатации. Описание функций защит  
АИПБ.656122.011-002 РЭ2 v21.1**

Авторские права на данный документ принадлежат ООО «Релематика», 2013.  
Данный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, скопирован,  
распространен без разрешения разработчика.

Адрес предприятия-изготовителя:

428020, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 1, ООО «Релематика»

Тел.: (8352) 24-06-50, факс: (8352) 24-02-43

Сайт: [www.relematika.ru](http://www.relematika.ru)

E-mail: [service@relematika.ru](mailto:service@relematika.ru), [rza@relematika.ru](mailto:rza@relematika.ru)

## Содержание

<b>1 Описание и работа.....</b>	<b>5</b>
1.1 Назначение .....	5
1.2 Функции устройства .....	5
1.2.1 Дифференциальная токовая защита (ДТЗ).....	5
1.2.2 Газовая защита (ГЗ).....	13
1.2.3 Дифференциальная защита нулевой последовательности (ДЗНП).....	14
1.2.4 Дифференциальная защита резистора (ДЗ резистора).....	18
1.2.5 Максимальная токовая защита (МТЗ) .....	20
1.2.6 Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП).....	24
1.2.7 Логическая защита шин (ЛЗШ).....	26
1.2.8 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ).....	27
1.2.9 Комбинированный пуск по напряжению (КПН).....	29
1.2.10 Реле тока (РТ).....	31
1.2.11 Фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП).....	32
1.2.12 Фильтр тока обратной и нулевой последовательностей (ФТОНП).....	32
1.2.13 Расчет токов ВН.....	33
<b>2 Рекомендации по проверке.....</b>	<b>34</b>
2.1 Общие указания.....	34
2.2 Меры по безопасности.....	34
2.3 Проверка функций защит .....	34
2.3.1 Определение величины срабатывания дифференциальной отсечки и дифференциального органа с торможением.....	34
2.3.2 Снятие тормозной характеристики.....	35
<b>Приложение А (обязательное) Элементы функциональных логических схем.....</b>	<b>36</b>
<b>Приложение Б (обязательное) Примеры компенсации группы соединения.....</b>	<b>38</b>
<b>Список сокращений .....</b>	<b>47</b>

Настоящее РЭ распространяется на терминалы основных и резервных защит трансформаторов 110-220 кВ типа «ТОР 300 ДЗТ 5ХХ» (далее – устройства или терминалы) и содержит необходимые сведения по их эксплуатации и обслуживанию.

Настоящее РЭ содержит описание принципа действия защит. Основные технические характеристики, состав, конструктивное исполнение и описание устройства и работы терминала приведены в АИПБ.656122.011 РЭ1.

До включения терминала в работу необходимо ознакомиться с настоящим РЭ и АИПБ.656122.011 РЭ1.

Надежность и долговечность терминала обеспечиваются не только качеством изделия, но и правильным соблюдением режимов и условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации. Поэтому выполнение всех требований, изложенных в настоящем документе, является обязательным.

В связи с систематически проводимыми работами по совершенствованию изделия в его конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, улучшающие параметры и качество изделия, не отраженные в настоящем издании.

## 1 Описание и работа

### 1.1 Назначение

В терминалах типа «ТОР 300 ДЗТ 5ХХ» реализованы основные и резервные защиты силового понижающего трансформатора (Т). Устройства предназначены для защиты трансформатора, в том числе ошиновки, включающей токоограничивающий реактор.

Терминал может содержать:

- дифференциальную токовую защиту (ДТЗ);
- газовую защиту (ГЗ);
- максимальную токовую защиту (МТЗ);
- токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП);
- логическую защиту шин (ЛЗШ);
- устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- комбинированный пуск по напряжению (КПН);
- набор реле тока и напряжения для различных применений;
- фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП);
- фильтр токов обратной и нулевой последовательностей (ФТОНП).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

### 1.2 Функции устройства

#### 1.2.1 Дифференциальная токовая защита (ДТЗ)

##### 1.2.1.1 Принцип работы

ДТЗ предназначена для выполнения функции основной защиты сосредоточенных элементов: трансформатора, реактора, ошиновки.

Каждый программный блок ДТЗ может быть подключен не более чем к шести трехфазным группам ИТТ и реализует одну трехфазную дифференциальную зону защиты.

Предусмотрена возможность компенсации схемы соединения обмоток трансформаторов и цифрового выравнивания токов плеч ДТЗ. Поэтому рекомендуется для всех применений использовать ИТТ, соединенные в группу «звезда».

ДТЗ выполнена трехфазной, с торможением от максимального из токов плеч. Имеется дифференциальная токовая отсечка, выполненная без торможения. Для отстройки ДТЗ от режимов броска намагничивающего тока предусмотрены блокировка по второй гармонике и блокировка по форме тока. Для отстройки ДТЗ от режимов перевозбуждения трансформатора предусмотрена блокировка по пятой гармонике. Орган КИТЦ позволяет определить обрыв или замыкание вторичных цепей и автоматически увеличить уровень срабатывания ДТЗ для того, чтобы избежать излишнего срабатывания защиты в режиме протекания токов нагрузки.

ДТЗ селективно срабатывает при внутренних повреждениях в защищаемом трансформаторе и всех видах КЗ на его выводах и не срабатывает при внешних замыканиях, бросках намагничивающего тока, неполнофазных режимах, качаниях, асинхронном режиме, несинхронных включениях и при оперативных переключениях.

ДТЗ при минимальных уставках по начальному току срабатывания и коэффициенту торможения отстроена от однополярных бросков намагничивающего тока, с учетом влияния ИТТ, с амплитудой, превышающей в шесть раз амплитуду синусоидального номинального тока трансформатора с основанием полуволны до  $240^\circ$ .

ДТЗ при минимальных уставках по начальному току срабатывания и коэффициенту торможения отстроена от разнополярных бросков намагничивающего тока, с учетом влияния ИТТ, с амплитудой, превышающей в два раза амплитуду синусоидального номинального тока трансформатора.

В случае применения для защиты трансформатора ДТЗ действует на отключение выключателей со всех сторон с запретом АПВ. В случае применения ДТЗ для защиты ошиновки запрет АПВ может не выполняться.

Предусмотрена возможность вывода ДТЗ.

Функциональный блок ДТЗ приведен на рисунке 1.

IA1	Отключение
IB1	ДТО
IC1	ДТО ф.А
IA2	ДТО ф.В
IB2	ДТО ф.С
IC2	ДО ТХ
IA3	ДО ТХ ф.А
IB3	ДО ТХ ф.В
IC3	ДО ТХ ф.С
IA4	Пуск ТХ
IB4	Пуск ТХ ф.А
IC4	Пуск ТХ ф.В
IA5	Пуск ТХ ф.С
IB5	Блк. 2 гарм. в работе
IC5	Внешнее КЗ
IA6	Блк. 2 гарм ф.А
IB6	Блк. 2 гарм ф.В
IC6	Блк. 2 гарм ф.С
	Блк. 5 гарм ф.А
	Блк. 5 гарм ф.В
	Блк. 5 гарм ф.С
	Блк. форм. тока ф.А
	Блк. форм. тока ф.В
	Блк. форм. тока ф.С
	Акт. б/действ. КИТЦ
	Б/действ. КИТЦ
	Пуск м/действ. КИТЦ
Съем блк. КИТЦ	М/действ. КИТЦ
Вывод	Блк. КИТЦ

Блок ДТЗ

Рисунок 1 – Функциональный блок ДТЗ

Таблица 1 – Входы и выходы функционального блока ДТЗ

<b>Аналоговые входы</b>	
IA1, IB1, IC1	Токи первого плеча фаз А, В, С
IA2, IB2, IC2	Токи второго плеча фаз А, В, С
IA3, IB3, IC3, ..., IA6, IB6, IC6	Токи соответствующих плеч фаз А, В, С
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
Съем блк. КИТЦ	Съем блокировки ДТЗ от КИТЦ
Вывод	Вывод ДТЗ
<b>Логические выходы</b>	
Отключение	Отключение от ДТЗ
ДТО	Срабатывание дифференциальной токовой отсечки
ДТО ф. А, В, С	Срабатывание дифференциальной токовой отсечки фаз А, В, С
ДО ТХ	Срабатывание дифференциального органа с торможением
ДО ТХ ф. А, В, С	Срабатывание дифференциального органа с торможением фаз А, В, С
Пуск ТХ	Срабатывание тормозной характеристики
Пуск ТХ ф. А, В, С	Срабатывание тормозной характеристики фаз А, В, С

Блк. 2 гарм. в работе	Включение блокировки по второй гармонике
Внешнее КЗ	Внешнее короткое замыкание
Блк. 2 гарм. ф. А, В, С	Блокировка по второй гармонике фаз А, В, С
Блк. 5 гарм. ф. А, В, С	Блокировка по пятой гармонике фаз А, В, С
Блк. форм. тока ф. А, В, С	Блокировка по форме тока фаз А, В, С
Акт. б/действ. КИТЦ	Активация быстродействующего органа контроля исправности токовых цепей
Б/действ. КИТЦ	Быстродействующий орган контроля исправности токовых цепей
Пуск м/действ. КИТЦ	Пуск медленнодействующего органа контроля исправности токовых цепей
М/действ. КИТЦ	Медленнодействующий орган контроля исправности токовых цепей
Блк. КИТЦ	ДТЗ заблокирована от КИТЦ

#### 1.2.1.1.1 Компенсация групп соединения

При выполнении ДТЗ трансформатора следует учитывать, что его обмотки могут иметь различную группу соединения, в общем случае – от 0 до 11 группы. Для компенсации группы соединения обмоток предусмотрены уставки «Схема1», «Схема2», «Схема3», «Схема4», «Схема5», «Схемаб», задаваемые отдельно для каждой из сторон трансформатора. Значения уставки (от 0 до 24) задают формулу для преобразования токов и приведены вместе с примерами по их выбору для наиболее распространенных первичных схем в приложении Б.

Пример.

Трехобмоточный трансформатор  $Y_n/D/D-11-11$ , группа ИТТ «звезда» со всех сторон, прямое чередование фаз (таблица Б.3, строка №1).

Для стороны ВН уставка «Схема1» задается равной 11 (таблица Б.2,  $\beta = +30^\circ$ ). Для сторон СН и НН уставки «Схема2» и «Схема3» задаются равными нулю (таблица Б.2,  $\beta = 0^\circ$ ). Таким образом, дифференциальный ток фазы А будет рассчитываться по следующему выражению (фазы В и С – аналогично)

$$\underline{I}_{\text{диф.А}} = \frac{\underline{I}_{A1} - \underline{I}_{B1}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{k_{\text{выр1}}}{I_{\text{ном,1}} \cdot 100\%} + \underline{I}_{A2} \cdot \frac{k_{\text{выр2}}}{I_{\text{ном,2}} \cdot 100\%} + \underline{I}_{A3} \cdot \frac{k_{\text{выр3}}}{I_{\text{ном,3}} \cdot 100\%},$$

где  $k_{\text{выр1}}$ ,  $k_{\text{выр2}}$ ,  $k_{\text{выр3}}$  – коэффициенты выравнивания, %, задаваемые в уставках ДТЗ (1.2.1.1.2);

$I_{\text{ном,1}}$ ,  $I_{\text{ном,2}}$ ,  $I_{\text{ном,3}}$  – номинальные токи выбранных ответвлений токовых входов терминала, подключенных к ИТТ сторон 1, 2 и 3.

В данном случае путем вычисления разности фаз осуществляется поворот векторов токов стороны ВН относительно токов сторон СН и НН. При этом токи нулевой последовательности автоматически исключаются из токов ВН.

#### 1.2.1.1.2 Цифровое выравнивание

Возможны случаи, при которых номинальные первичные и вторичные токи ИТТ плеч ДТЗ отличаются таким образом, что для правильного определения дифференциального тока требуется выравнивание измеряемых токов. Выравнивание осуществляется двумя способами: 1) грубое выравнивание путем выбора номинального тока аналогового входа терминала, 2) точное выравнивание с помощью заданных коэффициентов.

Цифровое выравнивание токов плеч ДТЗ позволяет привести измеряемые токи к единому базису и выполняется с использованием коэффициентов, задаваемых отдельно для каждого плеча. Коэффициент цифрового выравнивания для ДТЗ можно определить по формуле

$$k_{\text{выр,к}} = \frac{I_{\text{перв,к}} I_{\text{ном,к}}}{I_{\text{баз,к}} I_{\text{втор,к}}} \cdot 100\%,$$

$$I_{\text{баз,к}} = \frac{S_{\text{баз}}}{\sqrt{3} U_{\text{баз,к}}},$$

где  $k$  – индекс, обозначающий сторону (плечо) ДТЗ;

$I_{\text{баз},k}$  – базисный ток, рассчитываемый одинаково для всех сторон  $k$ ;

$I_{\text{перв},k}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{втор},k}$  – номинальный вторичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{ном},k}$  – номинальный ток выбранного ответвления токового входа терминала, подключенного к ИТТ стороны  $k$ ;

$S_{\text{баз}}$  – базисная мощность, равная мощности наиболее мощной обмотки трансформатора;

$U_{\text{баз},k}$  – базисное напряжение, равное номинальному напряжению обмотки трансформатора, соответствующей стороне  $k$ .

Примечание – В случае, когда ИТТ соединены в группу «треугольник», номинальный вторичный ток ИТТ соответствующей стороны следует умножить на  $\sqrt{3}$ .

В случае применения ДТЗ для защиты ошиновки или реактора коэффициенты цифрового выравнивания рекомендуется определять по формуле

$$k_{\text{выр},k} = \frac{I_{\text{перв},k} I_{\text{ном},k}}{I_{\text{баз}} I_{\text{втор},k}} \cdot 100\%,$$

$$I_{\text{баз}} = \max_k \left( \frac{I_{\text{перв},k} I_{\text{ном},k}}{I_{\text{втор},k}} \right),$$

где  $I_{\text{баз}}$  – базисный ток.

#### 1.2.1.1.3 Дифференциальная токовая отсечка (ДТО)

ДТО реагирует на действующее значение основной гармоники дифференциального тока и выполнена без торможения, без блокировок по второй и пятой гармонике и по форме тока. Она предназначена для быстрого отключения повреждений с большим током КЗ (как правило, на выводах).

#### 1.2.1.1.4 Дифференциальный орган с торможением

Основной рабочей величиной ДТЗ является дифференциальный ток  $I_{\text{диф}}$ , который определяется как модуль векторной суммы токов плеч  $I_{\text{п1}*}$ ,  $I_{\text{п2}*}$ ,  $I_{\text{п3}*}$ ,  $I_{\text{п4}*}$ ,  $I_{\text{п5}*}$ ,  $I_{\text{п6}*}$ , определенных с учетом компенсации группы соединения и цифрового выравнивания по формулам

$$I_{\text{диф},A} = |I_{\text{п1}*,A} + I_{\text{п2}*,A} + I_{\text{п3}*,A} + I_{\text{п4}*,A} + I_{\text{п5}*,A} + I_{\text{п6}*,A}|,$$

$$I_{\text{диф},B} = |I_{\text{п1}*,B} + I_{\text{п2}*,B} + I_{\text{п3}*,B} + I_{\text{п4}*,B} + I_{\text{п5}*,B} + I_{\text{п6}*,B}|,$$

$$I_{\text{диф},C} = |I_{\text{п1}*,C} + I_{\text{п2}*,C} + I_{\text{п3}*,C} + I_{\text{п4}*,C} + I_{\text{п5}*,C} + I_{\text{п6}*,C}|,$$

где  $I_{\text{п1}*}$ ,  $I_{\text{п2}*}$ ,  $I_{\text{п3}*}$ ,  $I_{\text{п4}*}$ ,  $I_{\text{п5}*}$ ,  $I_{\text{п6}*}$  – токи плеч, определенные с учетом компенсации группы (значение уставки «Схемак» соответствует матрице соединения обмоток рассматриваемого плеча защиты и приведены в приложении Б) и цифрового выравнивания

$$\begin{bmatrix} I_{\text{пк}*,A} \\ I_{\text{пк}*,B} \\ I_{\text{пк}*,C} \end{bmatrix} = \text{Схемак} \times \begin{bmatrix} I_{\text{пк},A} \\ I_{\text{пк},B} \\ I_{\text{пк},C} \end{bmatrix} \times \frac{k_{\text{выр},k}}{100}.$$

Тормозной ток ДТЗ  $I_{\text{торм}}$  равен наибольшему из токов плеч всех трех фаз ДТЗ

$$I_{\text{макс},A} = \max(I_{\text{п1}*,A}, I_{\text{п2}*,A}, I_{\text{п3}*,A}, I_{\text{п4}*,A}, I_{\text{п5}*,A}, I_{\text{п6}*,A}, I_{\Sigma 12*,A}, I_{\Sigma 34*,A}, I_{\Sigma 56*,A}),$$

$$I_{\text{макс},B} = \max(I_{\text{п1}*,B}, I_{\text{п2}*,B}, I_{\text{п3}*,B}, I_{\text{п4}*,B}, I_{\text{п5}*,B}, I_{\text{п6}*,B}, I_{\Sigma 12*,B}, I_{\Sigma 34*,B}, I_{\Sigma 56*,B}),$$

$$I_{\text{макс},C} = \max(I_{\text{п1}*,C}, I_{\text{п2}*,C}, I_{\text{п3}*,C}, I_{\text{п4}*,C}, I_{\text{п5}*,C}, I_{\text{п6}*,C}, I_{\Sigma 12*,C}, I_{\Sigma 34*,C}, I_{\Sigma 56*,C}),$$

$$I_{\text{торм}} = \max(I_{\text{макс},A}, I_{\text{макс},B}, I_{\text{макс},C}),$$

где  $I_{\Sigma 12*} = I_{\text{п1}*} + I_{\text{п2}*}$ , если программная накладка «Nсумм12» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma 12*} = 0$ ;



$I_{\Sigma 34*} = I_{п3*} + I_{п4*}$ , если программная накладка «**Нсумм34**» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma 34*} = 0$ ;

$I_{\Sigma 56*} = I_{п5*} + I_{п6*}$ , если программная накладка «**Нсумм56**» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma 56*} = 0$ .

Программные накладки «**Нсумм12**», «**Нсумм34**» и «**Нсумм56**» позволяют учитывать при расчете тормозного тока сумму токов двух плеч, что позволяет увеличить тормозной ток в режиме внешнего КЗ в случае подключения одной, двух или трех обмоток трансформатора через два ИТТ, например, в случае Т-образной конфигурации, сдвоенного токоограничивающего реактора и т.д.

Вид тормозной характеристики срабатывания, состоящей из трех участков, показан на рисунке 2. Первый участок выполнен горизонтальным, а другие два – наклонными. Предусмотрена возможность регулировки начального уровня срабатывания «**Иднач**», коэффициента торможения второго участка «**Кторм2**», начального тормозного тока третьего участка «**Иторм3**». Начальный тормозной ток второго участка регулируется уставкой «**Иторм2**». Коэффициент торможения третьего участка регулируется уставкой «**Кторм3**».

Примечание – Под коэффициентом торможения понимается отношение приращения дифференциального тока срабатывания к приращению тормозного тока, выраженное в процентах.

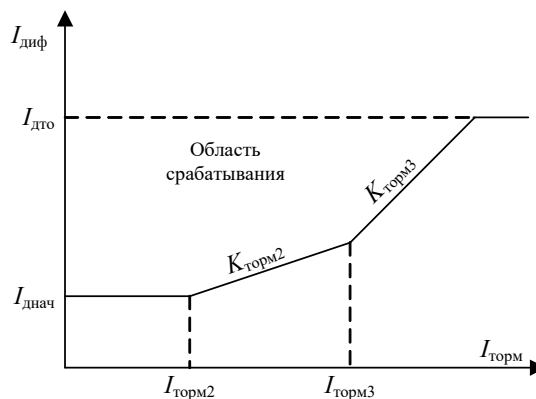


Рисунок 2 – Тормозная характеристика ДТЗ

#### 1.2.1.1.5 Блокировка по второй гармонике

ИО блокировки по второй гармонике реагирует на отношение модуля второй гармоники дифференциального тока к модулю основной гармоники. При превышении уставки ИО блокирует срабатывание тормозной характеристики. Рекомендуемое значение уставки блокировки «**Kf2f1**» составляет 10 %.

Предусмотрены следующие режимы активации ИО блокировки по второй гармонике, задаваемые с помощью уставки «**НактБлкf2**»:

- режим непрерывной активации;
- режим автоматической активации.

В большинстве случаев рекомендуется использовать режим непрерывной активации блокировки по второй гармонике. При этом блокирование ДТЗ разрешается в любом режиме. Применение режима автоматической активации позволяет уменьшить время отключения повреждения, возникшего во время длительного нормального режима, если оно сопровождается значительным насыщением ИТТ.

В режиме автоматической активации блокировка находится в действии при выполнении одного из условий:

- тормозной ток  $I_{торм}$  менее 2 % от базисного тока ( $I_{баз}$ );
- тормозной ток резко увеличился, в то время как дифференциальный ток  $I_{диф}$  остался достаточно малым.

В первом случае предусмотрено продление работы блокировки при постановке силового трансформатора под напряжение в течение 10 с. Во втором случае блокировка вводится в действие на 5 с с момента обнаружения внешнего замыкания для дополнительного торможения дифференциального органа в данном режиме, а также в случае возможного

режима броска намагничивающего тока, возникающего после отключения внешнего замыкания.

#### 1.2.1.1.6 Блокировка по пятой гармонике

ИО блокировки по пятой гармонике реагирует на отношение модуля пятой гармоники дифференциального тока к модулю основной гармоники. При превышении уставки ИО блокирует срабатывание тормозной характеристики. Рекомендуемое значение уставки блокировки «**Kf5f1**» составляет 25 %.

#### 1.2.1.1.7 Блокировка по форме тока

ИО блокировки по форме тока реагирует на скорость изменения мгновенного дифференциального тока. При обнаружении пауз в дифференциальном токе более 5 мс ИО действует на блокировку срабатывания тормозной характеристики.

#### 1.2.1.1.8 Контроль исправности токовых цепей (КИТЦ)

Для исключения излишнего срабатывания ДТЗ при обрыве или замыкании вторичных цепей переменного тока в режиме нагрузочных токов КИТЦ ДТЗ.

Предусмотрены быстродействующий и медленнодействующий каналы модуля КИТЦ ДТЗ.

Быстродействующий канал модуля КИТЦ ДТЗ автоматически вводится в работу при соблюдении в течение 10 с следующих условий:

- токи хотя бы двух плеч имеют величину более 10 % от  $I_{баз}$ ;
- тормозной ток не превышает 125 % от  $I_{баз}$ ;
- приращения токов плеч не превышают 5 % от  $I_{баз}$ ;
- небаланс в цепи дифференциального тока не превышает уставки по начальному дифференциальному току.

Будучи введенным в работу, быстродействующий канал реагирует на внезапное увеличение дифференциального тока одной, двух или трех фаз на величину более уставки «**dIобрыв**» при одновременном снижении на величину более уставки «**dIобрыв**» токов одного из плеч ДТЗ и отсутствии увеличения токов остальных плеч. При обнаружении данного режима модуль КИТЦ немедленно действует на сигнал и на заглубление уровня срабатывания ТХ по начальному дифференциальному току до значения «**dIзагр**», которое должно быть отстроено от максимального нагрузочного режима в любом из плеч. При срабатывании быстродействующего канала модуля КИТЦ осуществляется подхват действия. Автоматический возврат быстродействующего канала осуществляется при наличии вышеприведенных условий для ввода канала в работу, однако для контроля небаланса в цепи дифференциального тока используется адаптивный уровень срабатывания, равный сумме уставки «**dIобрыв**» с учетом коэффициента возврата и величины дифференциального тока в режиме, предшествующем возникновению неисправности токовых цепей. Также предусмотрен принудительный возврат быстродействующего канала с помощью входного сигнала «Съем блк. КИТЦ».

Программная накладка «**НбдоКИТЦ**» контролирует действие быстродействующего канала КИТЦ на блокировку ДТЗ.

Медленнодействующий канал модуля КИТЦ ДТЗ реагирует на уровень основной гармоники дифференциального тока и при превышении им уставки «**Iобрыв**» в течение времени более уставки «**Tобрыв**» действует на сигнал и на заглубление уровня срабатывания ТХ по начальному дифференциальному току до значения «**dIзагр**», аналогично быстродействующему каналу. При пропадании небаланса осуществляется возврат.

Программная накладка «**НмдоКИТЦ**» контролирует действие медленнодействующего канала КИТЦ на блокировку ДТЗ.

Блокировка ДТЗ от медленнодействующего канала КИТЦ (в случае действия на блокировку) выполнена с подхватом и с запоминанием в ПЗУ. Съем блокировки производится с помощью входного сигнала «Съем блк. КИТЦ».

Рекомендуется при применении ДТЗ для схемы соединения ИТТ «неполная звезда» принять следующие меры, способствующие корректной работе модуля КИТЦ и ДТЗ в целом:

- подключить фазу В на ток общего провода фаз А и С, как показано на рисунке 3;

- посредством программной накладки «**НвыводВ**» осуществить вывод канала фазы В ДТЗ, т.к. внешние КЗ могут сопровождаться повышенными токами небаланса в фазе В.

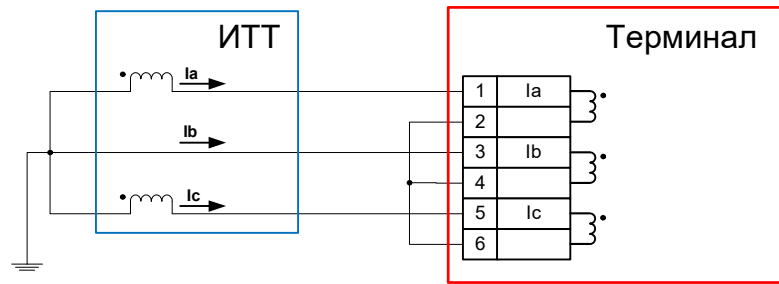


Рисунок 3 – Рекомендуемая схема подключения к ИТТ при «неполной звезде»

Таблица 2 – Уставки ДТЗ<sup>1)</sup>

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Схема соединения токовых цепей первого плеча	Схема1	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Схема соединения токовых цепей второго плеча	Схема2	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Схема соединения токовых цепей третьего плеча	Схема3	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Схема соединения токовых цепей четвертого плеча	Схема4	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Схема соединения токовых цепей пятого плеча	Схема5	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Схема соединения токовых цепей шестого плеча	Схема6	от 0 до 24 (шаг 1)	0
Коэффициент выравнивания токов первого плеча, %	Квыр1	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов второго плеча, %	Квыр2	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов третьего плеча, %	Квыр3	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов четвертого плеча, %	Квыр4	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов пятого плеча, %	Квыр5	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов шестого плеча, %	Квыр6	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Ток срабатывания ДТО, % от $I_{баз}$	Идто	от 300 до 3000 (шаг 1)	600
Начальный ток срабатывания ТХ, % от $I_{баз}$	Иднач	от 20 до 100 (шаг 1)	30
Начальный ток срабатывания ТХ в режиме загробления, % от $I_{баз}$	Идзагр	от 20 до 1000 (шаг 1)	30
Начальный ток торможения второго участка ТХ, % от $I_{баз}$	Иторм2	от 60 до 300 (шаг 1)	100
Коэффициент торможения второго участка ТХ, %	Кторм2	от 20 до 100 (шаг 1)	40
Начальный ток торможения третьего участка ТХ, % от $I_{баз}$	Иторм3	от 120 до 1000 (шаг 1)	300

<sup>1)</sup> Перечень уставок может быть сокращен в зависимости от схемы применения блока (количества плеч дифференциальной защиты).

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Коэффициент торможения третьего участка ТХ, %	Кторм3	от 20 до 100 (шаг 1)	50
Уставка блокировки по второй гармонике, %	Kf2f1	от 10 до 50 (шаг 1)	10
Уставка блокировки по пятой гармонике, %	Kf5f1	от 10 до 50 (шаг 1)	25
Ток срабатывания быстродействующего органа КИТЦ, % от $I_{баз}$	dIобрыв	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Ток срабатывания медленнодействующего органа КИТЦ, % от $I_{баз}$	Iобрыв	от 5 до 100 (шаг 1)	30
Использование суммы токов первого и второго плеч при расчете $I_{торм}$ (0 – нет, 1 – да)	Nсумм12	–	0
Использование суммы токов третьего и третьего плеч при расчете $I_{торм}$ (0 – нет, 1 – да)	Nсумм34	–	0
Использование суммы токов пятого и шестого плеч при расчете $I_{торм}$ (0 – нет, 1 – да)	Nсумм56	–	0
Режим работы БВГ (0 – вывод, 1 – постоянно, 2 – автоматически)	НактБлкf2	–	1
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Вывод канала фазы В (0 – нет, 1 – да)	NвыводВ	–	0
Ввод действия быстродействующего канала КИТЦ на блокировку (0 – нет, 1 – да)	NбдоКИТЦ	–	1
Ввод действия медленнодействующего канала КИТЦ на блокировку (0 – нет, 1 – да)	NмдоКИТЦ	–	1
Время срабатывания медленнодействующего органа КИТЦ, мс	Тобрыв	от 0 до 30000 (шаг 1)	10000

1.2.1.2 Средняя основная погрешность ДТО по току срабатывания составляет не более  $\pm 3\%$  от уставки.

1.2.1.3 Дополнительная погрешность ДТО по току срабатывания не превышает  $\pm 5\%$  от средних значений уставок, определенных при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.1.4 Коэффициент возврата ДТО равен 0,95.

1.2.1.5 Время срабатывания ДТО при подаче двукратного тока срабатывания ( $2 I_{сраб}$ ) составляет не более 25 мс.

1.2.1.6 Время возврата ДТО при сбросе тока от пятикратного тока срабатывания ( $5 I_{сраб}$ ) до нуля составляет не более 40 мс.

1.2.1.7 Средняя основная погрешность по начальному дифференциальному току срабатывания составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки. Средняя основная погрешность по начальным тормозным токам и коэффициентам торможения – не более  $\pm 5\%$  от уставки.

1.2.1.8 Дополнительная погрешность по начальному дифференциальному току срабатывания, начальным тормозным токам и коэффициентам торможения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от средних значений уставок, определенных при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.1.9 Коэффициент возврата дифференциального органа с торможением составляет не менее 0,8.

1.2.1.10 Время срабатывания дифференциального органа с торможением при подаче дифференциального тока, превышающего уровень срабатывания в два раза и более, составляет не более 30 мс, а с учетом выходных реле – не более 40 мс.

1.2.1.11 Время возврата дифференциального органа с торможением при сбросе тока от  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более 40 мс.

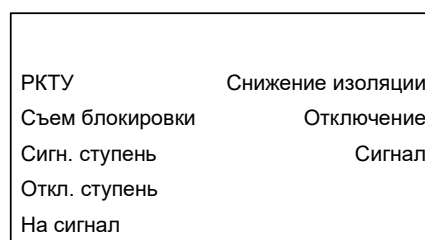
1.2.1.12 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по второй гармонике составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.1.13 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по пятой гармонике составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.1.14 Средняя основная погрешность по току срабатывания быстродействующего и медленнодействующего каналов модуля КИТЦ составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки.

## 1.2.2 Газовая защита (ГЗ)

Функциональный блок ГЗ приведен на рисунке 4, его реализация приведена на рисунке 5.



Блок ГЗ

Рисунок 4 – Функциональный блок ГЗ

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока ГЗ

<b>Аналоговые входы</b>	Отсутствуют
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
РКТУ	Срабатывание реле контроля тока утечки
Съем блокировки	Съем блокировки газовой защиты
Сигн. ступень	Срабатывание сигнальной ступени ГЗ
Откл. ступень	Срабатывание отключающей ступени ГЗ
На сигнал	Перевод действия отключающей ступени ГЗ на сигнал
<b>Логические выходы</b>	
Снижение изоляции	Снижение изоляции цепи, контролируемой ГЗ
Отключение	Действие ГЗ на отключение
Сигнал	Сигнализация о запрете отключения от ГЗ

ГЗ предназначена для защиты от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, подключается к цепям РКТУ, отключающего и сигнального элемента газового реле (реле давления). ГЗ при срабатывании действует на отключение выключателей всех сторон защищаемого элемента с запретом АПВ, а также действует на пуск УРОВ выключателя, от которого осуществляется питание.

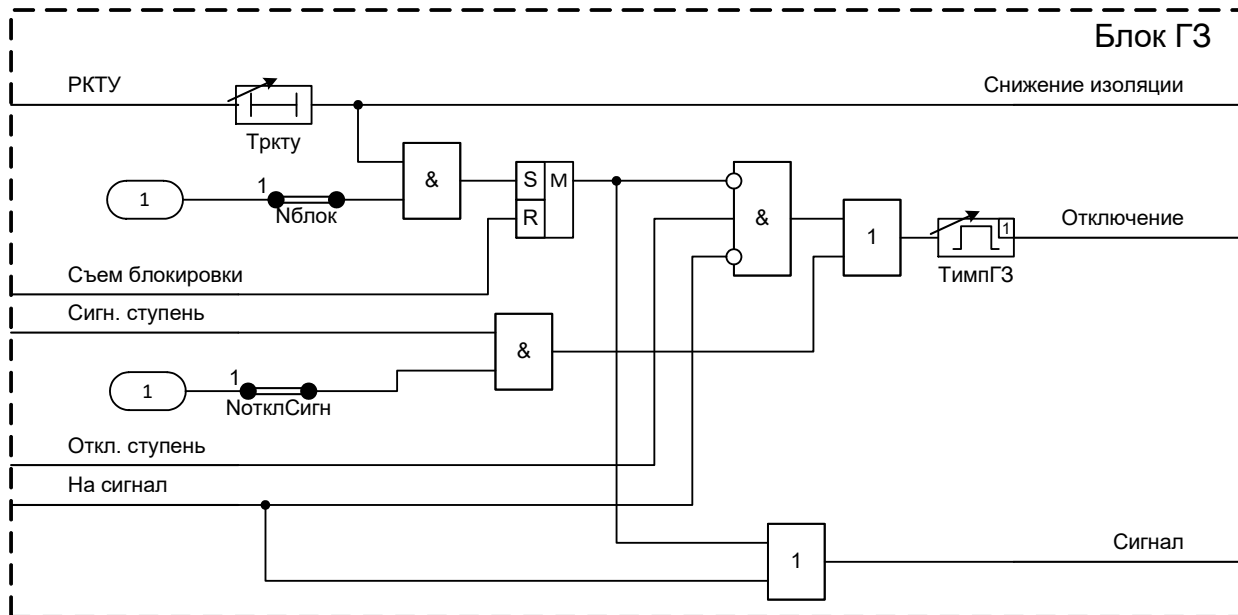


Рисунок 5 – Реализация программного модуля ГЗ

Действие отключающей ступени может быть оперативно переведено только на сигнал с помощью переключателя (логический вход «На сигнал»). Также действие отключающей ступени может автоматически переводиться на сигнал при обнаружении снижения изоляции ее цепей (логический вход «РКТУ»), контролируемом по сигналу от РКТУ в составе шкафа. Перевод на сигнал и сигнализация о снижении изоляции осуществляется с выдержкой времени «Тркту». Данная блокировка действия отключающей ступени ГЗ выполнена с запоминанием в ПЗУ с помощью RS-триггера. Для ввода ступени в действие требуется выполнить съём блокировки ГЗ. Автоматический запрет действия отключающей ступени ГЗ может быть введен с помощью программной наклейки «Нблок», если установить ее в положение «1 – да».

Сигнальная ступень ГЗ, как правило, действует только на сигнализацию. Однако, она может быть переведена на отключение с помощью программной наклейки «НотклСигн», если установить ее в положение «1 – да». При этом действие сигнальной ступени становится аналогичным отключающей ступени.

Примечание – Логика ГЗ терминала может быть изменена в соответствии с доступными сигналами ГЗ.

Таблица 4 – Уставки ГЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Автоматический запрет действия отключающей ступени ГЗ (0 – нет, 1 – да)	Нблок	–	0
Ввод действия сигнальной ступени ГЗ на отключение (0 – нет, 1 – да)	НотклСигн	–	0
ВВС блокировки ГЗ от РКТУ, мс	Тркту	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Минимальная длительность отключения от ГЗ, мс	ТимпГЗ	от 0 до 30000 (шаг 1)	100

### 1.2.3 Дифференциальная защита нулевой последовательности (ДЗНП)

#### 1.2.3.1 Принцип работы

ДЗНП предназначена для быстрой ликвидации внутренних повреждений на землю одной обмотки трансформатора с глухо- или резистивно заземленной нейтралью, в том числе повреждений вблизи нейтрали. ДЗНП может применяться в качестве защиты одной обмотки

трансформатора, продольной дифференциальной защиты реактора с пуском по току в нейтрали соответствующей обмотки трансформатора. Основное применение – защита обмоток 20 кВ с резистивно заземленной нейтралью через малое сопротивление (низкоомное заземление). Также блок может применяться для защиты обмотки 110 кВ и выше с глухозаземленной нейтралью. Особый вариант применения – защита токоограничивающего реактора или ошиновки 20 кВ от замыканий на землю в сети с низкоомным резистивным заземлением нейтрали.

Каждый программный блок ДЗНП реализует одну дифференциальную зону защиты.

Предусмотрена возможность компенсации полярности включения ИТТ в нейтрали и цифрового выравнивания токов плеч ДЗНП.

ДЗНП выполнена с торможением от максимального из токов плеч (максимальное количество плеч – 4). Для отстройки ДЗНП от режимов насыщения трансформаторов тока при внешних КЗ и бросках намагничивающего тока предусмотрена блокировка по форме тока. Реле тока в нейтрали позволяет избежать излишнего срабатывания в режимах междуфазных и трехфазных КЗ, не связанных с замыканием на землю.

ДЗНП селективно срабатывает при внутренних повреждениях на землю в защищаемой обмотке трансформатора и на его выводах и не срабатывает при внешних замыканиях, бросках намагничивающего тока, неполнофазных режимах, качаниях, асинхронном режиме, несинхронных включениях и при оперативных переключениях.

ДЗНП действует на отключение выключателей трансформатора со всех сторон с запретом АПВ.

Предусмотрена возможность вывода ДЗНП.

Функциональный блок ДЗНП приведен на рисунке 6.

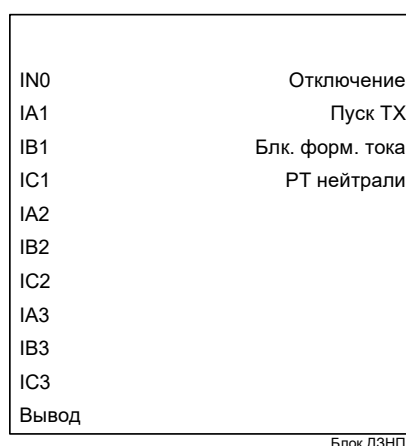


Рисунок 6 – Функциональный блок ДЗНП

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока ДЗНП

<b>Аналоговые входы</b>	
IN0	Ток в нейтрали
IA1, IB1, IC1	Токи первого плеча фаз А, В, С
IA2, IB2, IC2	Токи второго плеча фаз А, В, С
IA3, IB3, IC3	Токи третьего плеча фаз А, В, С
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
Вывод	Вывод ДЗНП
<b>Логические выходы</b>	
Отключение	Отключение от ДЗНП
Пуск ТХ	Срабатывание тормозной характеристики
Блк. форм. тока	Блокировка по форме тока
РТ нейтрали	Срабатывание реле тока в нейтрали

### 1.2.3.1.1 Цифровое выравнивание

Номинальные первичные и вторичные токи ИТТ фазных токов вводов трансформатора и тока в нейтрали могут отличаться, поэтому для правильного определения дифференциального тока требуется выравнивание измеряемых токов. Выравнивание осуществляется двумя способами: 1) грубое выравнивание путем выбора номинального тока аналогового входа терминала, 2) точное выравнивание с помощью заданных коэффициентов.

Цифровое выравнивание токов плеч ДЗНП позволяет привести измеряемые токи к единому базису и выполняется с использованием коэффициентов, задаваемых отдельно для каждой стороны. Коэффициент цифрового выравнивания для ДЗНП можно определить по формуле

$$k_{\text{выр},k} = \frac{I_{\text{перв},k} I_{\text{ном},k}}{I_{\text{баз}} I_{\text{втор},k}} \cdot 100\%,$$

$$I_{\text{баз}} = \max_k \left( \frac{I_{\text{перв},k} I_{\text{ном},k}}{I_{\text{втор},k}} \right),$$

где  $k$  – индекс, обозначающий сторону (плечо) ДЗНП;

$I_{\text{баз}}$  – базисный ток;

$I_{\text{перв},k}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{втор},k}$  – номинальный вторичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{ном},k}$  – номинальный ток выбранного ответвления токового входа терминала, подключенного к ИТТ стороны  $k$ .

### 1.2.3.1.2 Дифференциальный орган с торможением

Основной рабочей величиной ДЗНП является дифференциальный ток  $I_{\text{диф}}$ , который определяется в общем случае как модуль векторной суммы токов нулевой последовательности плеч, определенных с учетом цифрового выравнивания по формулам

$$I_{\text{диф}} = \left| \underline{I}_{\text{п0}^*} + \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п1}v^*} + \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п2}v^*} + \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п3}v^*} \right|,$$

где  $\underline{I}_{\text{п0}^*}$  – ток нейтрали, определенный с учетом цифрового выравнивания;  $\underline{I}_{\text{п1}A^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п1}B^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п1}C^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п2}A^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п2}B^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п2}C^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п3}A^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п3}B^*}$ ,  $\underline{I}_{\text{п3}C^*}$  – фазные токи плеч, определенные с учетом цифрового выравнивания

$$\underline{I}_{\text{п}k^*} = \underline{I}_{\text{п}k} \times \frac{k_{\text{выр},k}}{100}.$$

В целях учета полярности подключения измерительных цепей в расчете дифференциального тока предусмотрена возможность изменения полярности тока нейтрали, определяемая положением накладки «**НизмИн**».

Тормозной ток ДЗНП  $I_{\text{торм}}$  равен наибольшему из токов всех плеч ДЗНП

$$I_{\text{торм}} = \max(I_{\text{п0}^*}, I_{\text{п1}A^*}, I_{\text{п1}B^*}, I_{\text{п1}C^*}, I_{\text{п2}A^*}, I_{\text{п2}B^*}, I_{\text{п2}C^*}, I_{\text{п3}A^*}, I_{\text{п3}B^*}, I_{\text{п3}C^*}).$$

При использовании ДЗНП для защиты реактора ток нейтрали исключается из расчета дифференциального и тормозного токов: накладка «**НиспИн**» выставляется в положение «0 – нет». В таком случае дифференциальный и тормозной ток определяются по формулам

$$I_{\text{диф}} = \left| \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п1}v^*} + \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п2}v^*} + \sum_{v=A,B,C} \underline{I}_{\text{п3}v^*} \right|,$$

$$I_{\text{торм}} = \max(I_{\text{п1}A^*}, I_{\text{п1}B^*}, I_{\text{п1}C^*}, I_{\text{п2}A^*}, I_{\text{п2}B^*}, I_{\text{п2}C^*}, I_{\text{п3}A^*}, I_{\text{п3}B^*}, I_{\text{п3}C^*}).$$

Вид тормозной характеристики срабатывания, состоящей из трех участков, показан на рисунке 2. Первый участок выполнен горизонтальным, а другие два – наклонными. Предусмотрена возможность регулировки начального уровня срабатывания «**Днач**»,



коэффициента торможения второго участка «**Кторм2**», начального тормозного тока третьего участка «**Иторм3**». Начальный тормозной ток второго участка регулируется уставкой «**Иторм2**». Коэффициент торможения третьего участка регулируется уставкой «**Кторм3**».

Примечание – Под коэффициентом торможения понимается отношение приращения дифференциального тока срабатывания к приращению тормозного тока, выраженное в процентах.

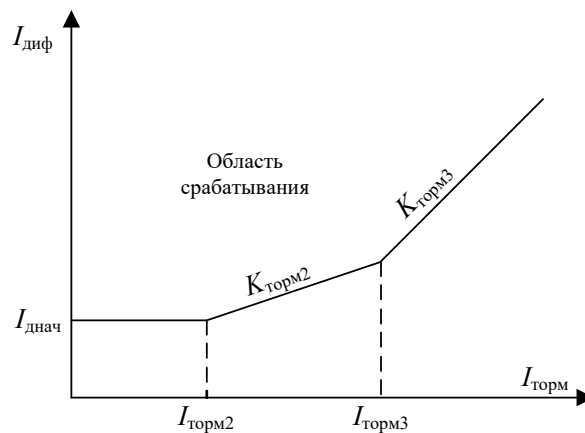


Рисунок 7 – Тормозная характеристика ДЗНП

#### 1.2.3.1.3 Блокировка по форме тока

ИО блокировки по форме тока анализирует мгновенные формы токов и при выявлении внешнего КЗ действует на блокировку срабатывания тормозной характеристики.

#### 1.2.3.1.4 Реле тока нейтрали

Реле тока в нейтрали предназначено для ввода в работу ДЗНП при повреждениях на землю и исключения излишнего срабатывания ДЗНП при обрыве или замыкании вторичных цепей переменного тока в режиме нагрузочных токов, а также при насыщении ИТТ, обусловленных возможным протеканием сквозных токов междуфазных и трехфазных коротких замыканий.

При уровне тока в нейтрали выше величины уставки «**Ин**» разрешается работа ДЗНП.

Рекомендуемое значение уставки блокировки «**Ин**» определяется уровнем небаланса в нормальном режиме и составляет 10 % от  $I_{баз}$ .

Таблица 6 – Уставки ДЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Коэффициент выравнивания тока в нейтрали, %	Квыр0	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов первого плеча, %	Квыр1	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов второго плеча, %	Квыр2	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Коэффициент выравнивания токов третьего плеча, %	Квыр3	от 1 до 500 (шаг 0,1)	100
Начальный ток срабатывания ТХ, % от $I_{баз}$	Иднач	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Начальный ток торможения второго участка ТХ, % от $I_{баз}$	Иторм2	от 60 до 300 (шаг 1)	100
Коэффициент торможения второго участка ТХ, %	Кторм2	от 20 до 100 (шаг 1)	40
Начальный ток торможения третьего участка ТХ, % от $I_{баз}$	Иторм3	от 120 до 1000 (шаг 1)	300

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Коэффициент торможения третьего участка ТХ, %	К <sub>торм3</sub>	от 20 до 100 (шаг 1)	50
Ток срабатывания ИО тока в нейтрали, % от $I_{ном}$	И <sub>н</sub>	от 5 до 3000 (шаг 1)	10
Изменение полярности тока нейтрали (0 – нет, 1 – да)	НизмИ <sub>н</sub>	–	0
Использование тока нейтрали в расчете дифференциального и тормозного тока (0 – нет, 1 – да)	НиспИ <sub>н</sub>	–	1
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Н <sub>ввод</sub>	–	1

1.2.3.2 Средняя основная погрешность по начальному дифференциальному току срабатывания составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки. Средняя основная погрешность по начальным тормозным токам и коэффициентам торможения – не более  $\pm 5\%$  от уставки.

1.2.3.3 Дополнительная погрешность по начальному дифференциальному току срабатывания, начальным тормозным токам и коэффициентам торможения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от средних значений уставок, определенных при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.3.4 Коэффициент возврата дифференциального органа с торможением составляет не менее 0,8.

1.2.3.5 Время срабатывания дифференциального органа с торможением при подаче дифференциального тока, превышающего уровень срабатывания в два раза и более, составляет не более 30 мс, а с учетом выходных реле – не более 40 мс.

1.2.3.6 Время возврата дифференциального органа с торможением при сбросе тока от  $10 I_{сраб}$  до нуля составляет не более 40 мс.

1.2.3.7 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока составляет не более  $\pm 10\%$ .

1.2.3.8 Коэффициент возврата ИО тока составляет не менее 0,8 для значения уставки ниже 20 % и не менее 0,9 для значения уставки выше 20 %.

1.2.3.9 Время срабатывания максимального ИО тока не превышает 15 мс при подаче соответствующего  $3 I_{сраб}$  и не должно превышать 40 мс при подаче  $1,2 I_{сраб}$ .

1.2.3.10 Время возврата максимального ИО тока не должно превышать 30 мс при сбросе входного тока от  $10 I_{сраб}$  до нуля.

## 1.2.4 Дифференциальная защита резистора (ДЗ резистора)

### 1.2.4.1 Принцип работы

Функциональный блок ДЗ резистора приведен на рисунке 8, его реализация приведена на рисунке 9.



Блок ДЗ резистора

Рисунок 8 – Функциональный блок ДЗ резистора

Таблица 7 – Входы и выходы функционального блока ДЗ резистора

Аналоговые входы	
In1	Ток в нейтрали первого плеча
In2	Ток в нейтрали второго плеча
Аналоговые выходы	
Отсутствуют	

Логические входы	
Вывод	Вывод ДЗ резистора
Логические выходы	
Отключение	Отключение от ДЗ резистора

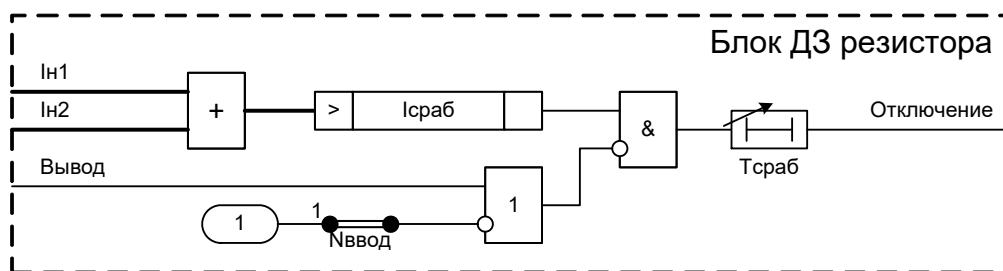


Рисунок 9 – Реализация программного модуля ДЗ резистора

ДЗ резистора предназначена для ликвидации внутренних повреждений на землю резистора в нейтрали трансформатора с резистивно заземленной нейтралью.

ДЗ резистора подключается дифференциально на токи нейтрали по сторонам резистора.

Номинальные первичные и вторичные токи ИТТ токов первого и второго плеч могут отличаться, поэтому для правильного определения дифференциального тока требуется выравнивание измеряемых токов. Выравнивание осуществляется двумя способами: 1) грубое выравнивание путем выбора номинального тока аналогового входа терминала, 2) точное выравнивание с помощью коэффициента выравнивания для тока второго плеча.

Цифровое выравнивание тока второго плеча ДЗНП позволяет привести измеряемый ток второго плеча к базису тока первого плеча и выполняется с использованием коэффициента выравнивания тока второго плеча. Коэффициент цифрового выравнивания тока второго плеча для ДЗНП можно определить по формуле

$$k_{\text{выр},2} = \frac{I_{\text{перв},2} I_{\text{ном},2}}{I_{\text{баз}} I_{\text{втор},2}} \cdot 100\%,$$

$$I_{\text{баз}} = \frac{I_{\text{перв},1} I_{\text{ном},1}}{I_{\text{втор},1}},$$

где  $I_{\text{баз}}$  – базисный ток;

$I_{\text{перв},k}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{втор},k}$  – номинальный вторичный ток высоковольтного ИТТ стороны  $k$ ;

$I_{\text{ном},k}$  – номинальный ток выбранного ответвления токового входа терминала, подключенного к ИТТ стороны  $k$ ;

$k = 1, 2$  – индекс, обозначающий сторону (плечо) ДЗНП.

В целях учета полярности подключения измерительных цепей в расчете дифференциального тока предусмотрена возможность изменения полярности тока нейтрали второго плеча, определяемая положением наклейки «НизмIn2».

Уровень срабатывания по дифференциальному току регулируется уставкой «Iсраб». Время срабатывания регулируется уставкой «Тсраб».

Таблица 8 – Уставки ДЗ резистора

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Коэффициент выравнивания токов второго плеча, %	Квыр2	от 50 до 200 (шаг 0,1)	100
Ток срабатывания, % от $I_{\text{баз}}$	Iсраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Изменение полярности тока второго плеча (0 – нет, 1 – да)	НизмIn2	–	0
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Нввод	–	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Время срабатывания, мс	Tсраб	от 0 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.4.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.4.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.4.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1  $f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.4.5 Коэффициент возврата ИО тока составляет не менее 0,8 для значения уставки ниже 20 % и не менее 0,9 для значения уставки выше 20 %.

1.2.4.6 Время срабатывания ИО тока не должно превышать 15 мс при подаче соответствующего 3  $I_{\text{сраб}}$  или 3  $U_{\text{сраб}}$  и не должно превышать 40 мс при подаче 1,2  $I_{\text{сраб}}$ .

1.2.4.7 Время возврата максимального ИО тока не должно превышать 30 мс при сбросе входного тока от 10  $I_{\text{сраб}}$  до нуля.

1.2.5 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.2.5.1 Принцип работы

Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 10, его реализация приведена на рисунке 11.

Ia	Срабатывание 1ст.
Ib	Срабатывание 2ст.
Ic	Срабатывание 3ст.
Uab	Защита выведена
Ubc	Срабатывание
Uca	Доп. ВВС
РПО	
Пуск по напряж.	
Вывод	

Блок МТЗ

Рисунок 10 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Uab, Ubc, Uca	Междуфазные напряжения АВ, ВС, СА
Аналоговые выходы	
	Отсутствуют
Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного состояния выключателя
Пуск по напряж.	Пуск по напряжению
Вывод	Вывод защиты в целом
Логические выходы	
Срабатывание 1ст.	Срабатывание первой ступени
Срабатывание 2ст.	Срабатывание второй ступени
Срабатывание 3ст.	Срабатывание третьей ступени
Защита выведена	Сигнализация о выводе защиты
Срабатывание	Срабатывание хотя бы одной ступени
Доп. ВВС	Срабатывание ступени с дополнительной выдержкой времени

МТЗ подключается к вторичным цепям ИТТ и ИТН защищаемого элемента, выполнена тремя ступенями. Первая ступень действует на отключение выключателя защищаемого ввода с запретом АПВ и АВР, вторая и третья ступени действуют на отключение выключателя защищаемого ввода с возможностью АПВ.

Уровни срабатывания ИО тока первой, второй и третьей ступени регулируются уставками «**Iст1**», «**Iст2**», «**Iст3**» соответственно.

Первая ступень выполнена с возможностью блокировки по второй гармонике. Блокировка по второй гармонике в каждой фазе реагирует на отношение уровня тока второй гармоники (100 Гц) к уровню тока основной гармоники (50 Гц) и вводится в работу при уровне основной гармоники выше 15% от  $I_{ном}$ . Уровень срабатывания ИО тока блокировки по второй гармонике регулируются уставкой «**Kf2f1**». Блокировка по второй гармонике может быть выведена программной накладкой «**НвводБВГ**».

Первая ступень выполнена с возможностью автоматического ускорения. Режим работы первой ступени определяется программной накладкой «**Нуск1**», позволяющей выполнить ступень с автоматическим ускорением либо без него.

Уставка «**НактРазн**» позволяет перевести ИО в режим работы по расчетной разности токов фаз. Расчетные разности токов фаз, подводимые к ИО тока ступеней МТЗ, определяются по формулам

$$I'_A = \left| \frac{I_A - I_B}{\sqrt{3}} \right|,$$

$$I'_B = \left| \frac{I_B - I_C}{\sqrt{3}} \right|,$$

$$I'_C = \left| \frac{I_C - I_A}{\sqrt{3}} \right|,$$

где  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  – токи, подводимые к входам блока МТЗ.

Третья ступень выполнена с возможностью контроля сигнала пуска по напряжению и контроля направления протекания мощности КЗ. Режим работы третьей ступени определяется программной накладкой «**НктЗУ**», позволяющей выполнить ступень с пуском по напряжению либо без него.

Контроль направления протекания мощности КЗ осуществляется тремя ИО направления мощности, включенными по девяностоградусной схеме. Каналы фаз А, В, С используют для работы токи и соответствующие междуфазные напряжения основной гармоники ( $I_a$  и  $U_{bc}$  – канал фазы А,  $I_b$  и  $U_{ca}$  – канал фазы В,  $I_c$  и  $U_{ab}$  – канал фазы С).

Для корректной работы ОНМ осуществляется контроль уровней тока и напряжения. Ток точной работы и напряжение точной работы ОНМ составляют 5 % от соответствующих номинальных величин.

ОНМ правильно определяет направленность при всех несимметричных замыканиях, а также при симметричных замыканиях, когда напряжение имеет значительный уровень.

За положительное направление выбрано направление «в объект». Режим работы ОНМ может быть выбран при помощи программной накладки «**НнапрЗ**», позволяющей выбрать направление контроля мощности, а также вывести из работы ОНМ.

Угол максимальной чувствительности ОНМ задается уставкой «**Фмч**».

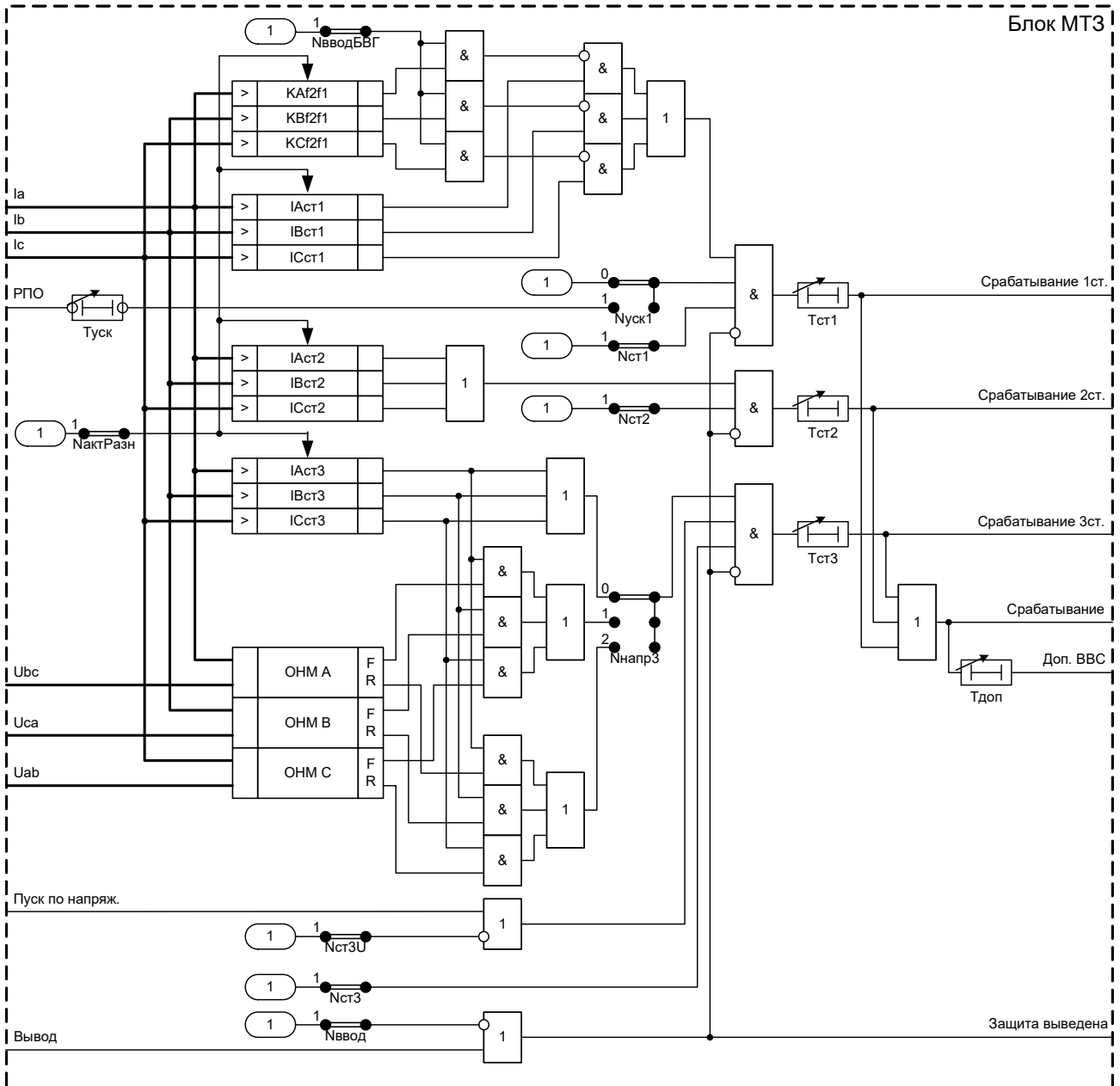


Рисунок 11 – Реализация программного модуля МТЗ

Время срабатывания ступеней регулируется уставками «Тст1», «Тст2», «Тст3».

Первая ступень выполнена с возможностью автоматического ускорения (определяется уставкой «Нукс1»), время ввода которого регулирует уставка «Туск».

В случае если срабатывание ступени не привело к снятию соответствующих пусковых условий, то по истечению выдержки времени, которая регулируется уставкой «Тдоп», сформируется команда на отключение поврежденного элемента со всех сторон.

Ступени вводятся в работу программными накладками «Нст1», «Нст2», «Нст3».

Предусмотрена возможность вывода из работы модуля МТЗ посредством программной накладки «Нввод» или входным сигналом «Вывод».

Таблица 10 – Уставки МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка блокировки первой ступени по второй гармонике, %	Kf2f1	от 20 до 100 (шаг 1)	100
Ток срабатывания первой ступени, % от $I_{НОМ}$	Icst1	от 20 до 3000 (шаг 1)	100

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания второй ступени, % от $I_{ном}$	Iст2	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания третьей ступени, % от $I_{ном}$	Iст3	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности ОНМ, градус	Фмч	от 0 до 90 (шаг 1)	0
Ввод первой ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст1	–	0
Ввод блокировки по второй гармонике (0 – нет, 1 – да)	NвводБВГ	–	0
Ввод автоматического ускорения первой ступени (0 – нет, 1 – да)	Nуск1	–	0
Ввод второй ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст2	–	0
Ввод третьей ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст3	–	0
Контроль направления мощности третьей ступени (0 – без контроля мощности, 1 – направление в объект, 2 – направление в сеть)	Nнапр3	–	0
Пуск по напряжению третьей ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст3U	–	0
Использование разности токов фаз (0 – нет, 1 – да)	НактРазн	–	0
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС первой ступени, мс	Tст1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС второй ступени, мс	Tст2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС третьей ступени, мс	Tст3	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Дополнительная ВВС, мс	Tдоп	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Время ввода автоматического ускорения, мс	Tуск	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.5.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.5.3 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по второй гармонике составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.5.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.5.5 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1  $f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.5.6 Средняя абсолютная основная погрешность ОНМ по углу максимальной чувствительности составляет не более  $\pm 5^\circ$ . Рабочий сектор ОНМ составляет не менее  $160^\circ$ .

1.2.5.7 Коэффициент возврата ИО тока составляет не менее 0,8 для значения уставки ниже 20 % и не менее 0,9 для значения уставки выше 20 %.

1.2.5.8 Время срабатывания максимального ИО тока не превышает 15 мс при подаче соответствующего  $3 I_{сраб}$  и не должно превышать 40 мс при подаче  $1,2 I_{сраб}$ .

1.2.5.9 Время возврата максимального ИО тока не должно превышать 30 мс при сбросе входного тока от  $10 I_{сраб}$  до нуля.

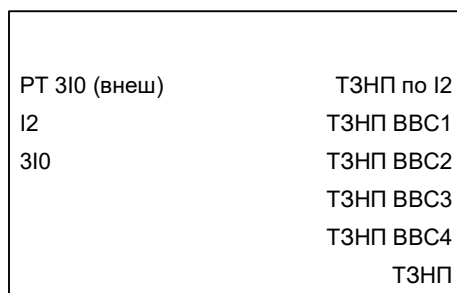
1.2.5.10 Время срабатывания ОНМ при одновременной подаче токов  $3 I_{сраб}$  и напряжений  $3 U_{сраб}$  не превышает 35 мс.

1.2.5.11 Время возврата ОНМ при одновременном сбросе токов и напряжений от  $I_{ном}$  и  $U_{ном}$  до нуля не превышает 40 мс.

1.2.6 Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП)

1.2.6.1 Принцип работы

Функциональный блок ТЗНП приведен на рисунке 12, его реализация приведена на рисунке 13.



Блок ТЗНП

Рисунок 12 – Функциональный блок ТЗНП

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока ТЗНП

<b>Аналоговые входы</b>	
I2	Ток обратной последовательности
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
PT 3I0 (внеш)	Срабатывание внешнего реле утроенного тока нулевой последовательности
<b>Логические выходы</b>	
ТЗНП по I2	Действие на выключатель защищаемого элемента с контролем наличия тока обратной последовательности
ТЗНП ВВС1	Действие на отключение выключателя смежного элемента
ТЗНП ВВС2	Действие на деление шин
ТЗНП ВВС3	Действие на отключение выключателя ввода защищаемого элемента
ТЗНП ВВС4	Действие на отключение всего защищаемого элемента
ТЗНП	Срабатывание ТЗНП

ТЗНП предназначена для резервирования защит смежных элементов сети, работающей с глухозаземленной нейтралью. Содержит ИО утроенного тока нулевой последовательности, ИО тока обратной последовательности

С первой выдержкой времени ТЗНП действует на смежный элемент, работающий с разземленной нейтралью, со второй – на деление шин, с третьей – на отключение питающего ввода со стороны сети с глухозаземленной нейтралью, с четвертой – на отключение всех выключателей защищаемого объекта.

При работе защищаемого элемента в режиме разземленной нейтрали реализована логика отключения от защиты смежного элемента с контролем тока обратной последовательности и наличием сигнала срабатывания внешнего реле утроенного тока нулевой последовательности.



Программной накладкой «**НкритI2**» осуществляется выбор использования критерия контроля отключения током обратной последовательности.

ТЗНП выполнена с возможностью блокировки по второй гармонике, которая реагирует на отношение уровня тока второй гармоники (100 Гц) к уровню тока основной гармоники (50 Гц) и вводится в работу при уровне основной гармоники выше 15 % от  $I_{ном}$ . Уровень срабатывания ИО блокировки по второй гармонике регулируется уставкой «**Kf2f1**». Блокировка по второй гармонике может быть выведена программной накладкой «**НвводБВГ**».

Уровень срабатывания ИО утроенного тока нулевой последовательности регулируется уставкой «**3I0сраб**».

Уровень срабатывания ИО тока обратной последовательности регулируется уставкой «**I2сраб**».

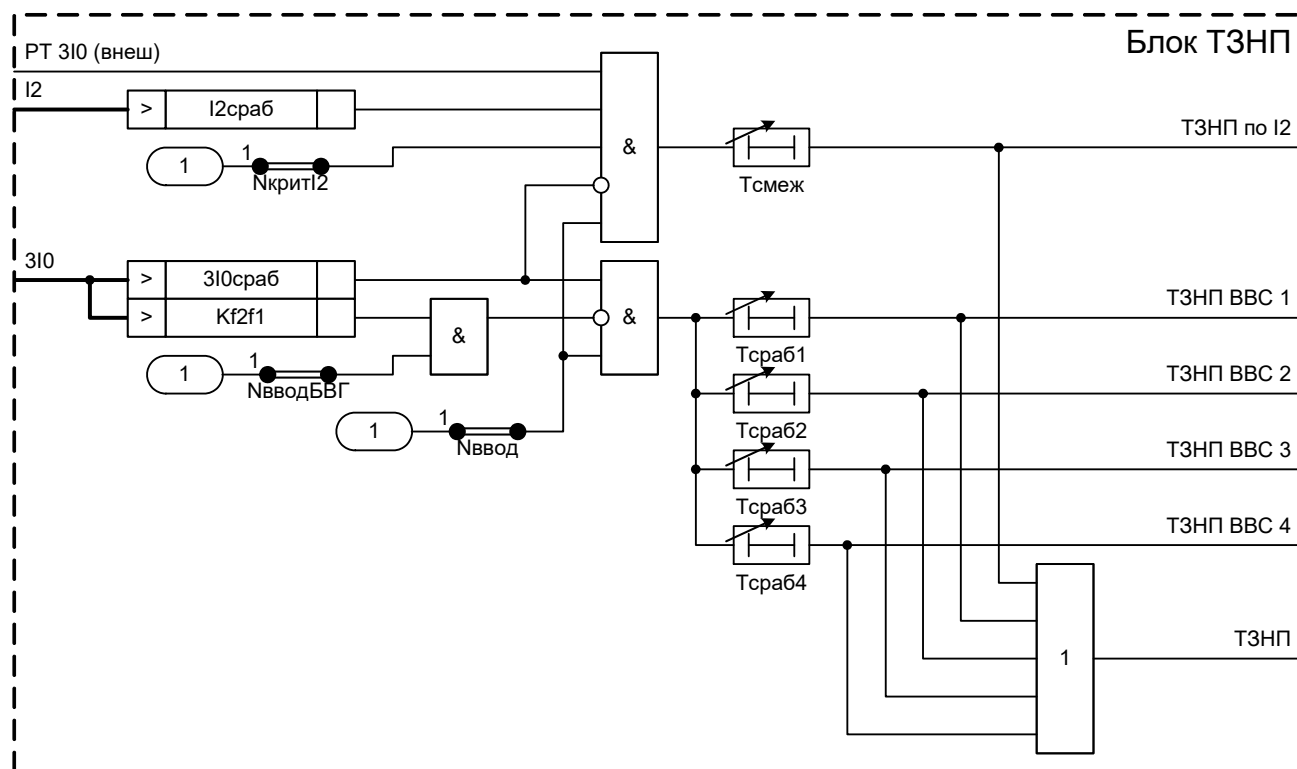


Рисунок 13 – Реализация программного модуля ТЗНП

Время срабатывания на соответствующее действие регулируется уставками «**Тсраб1**», «**Тсраб2**», «**Тсраб3**», «**Тсраб4**».

Уставкой «**Тсмеж**» регулируется время работы логики отключения выключателя ввода защищаемого элемента от РТ нулевой последовательности смежного элемента с контролем тока обратной последовательности.

Таблица 12 – Уставки ТЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка блокировки по второй гармонике, %	Kf2f1	от 20 до 100 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО утроенного тока нулевой последовательности, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 20 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО тока обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ввод критерия контроля отключения от защит смежного элемента с контролем тока обратной последовательности (0 – нет, 1 – да)	НкритI2	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Нввод	–	0
Ввод блокировки по второй гармонике (0 – нет, 1 – да)	НвводБВГ	–	0
ВВС на отключение выключателя смежного трансформатора, мс	Тсраб1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на деление шин, мс	Тсраб2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на отключение выключателя, мс	Тсраб3	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на отключение трансформатора, мс	Тсраб4	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС логики критерия отключения от защиты смежного элемента с контролем тока обратной последовательности, мс	Тсмеж	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.6.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.6.3 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по второй гармонике тока  $3I_0$  составляет не более  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.6.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.6.5 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1  $f_{\text{ном}}$  номинальной не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.6.6 Коэффициент возврата ИО тока составляет не менее 0,8 для значения уставки ниже 20 % и не менее 0,9 для значения уставки выше 20 %.

1.2.6.7 Время срабатывания максимального ИО тока не превышает 15 мс при подаче соответствующего  $3 I_{\text{сраб}}$  и не должно превышать 40 мс при подаче  $1,2 I_{\text{сраб}}$ .

1.2.6.8 Время возврата максимального ИО тока не должно превышать 30 мс при сбросе входного тока от  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля.

### 1.2.7 Логическая защита шин (ЛЗШ)

#### 1.2.7.1 Принцип работы

Функциональный блок ЛЗШ приведен на рисунке 14, его реализация приведена на рисунке 15.

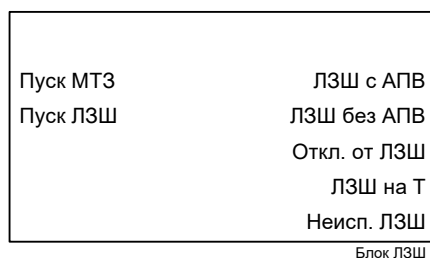


Рисунок 14 – Функциональный блок ЛЗШ

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока ЛЗШ

<b>Аналоговые входы</b>	Отсутствуют
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
Пуск МТЗ	Пуск ЛЗШ от МТЗ
Пуск ЛЗШ	Пуск ЛЗШ от защит

Логические выходы	
ЛЗШ с АПВ	Отключение от ЛЗШ с АПВ
ЛЗШ без АПВ	Отключение от ЛЗШ без АПВ
Откл. от ЛЗШ	Отключение от ЛЗШ
ЛЗШ на Т	Отключение трансформатора от ЛЗШ
Неисп. ЛЗШ	Неисправность ЛЗШ

ЛЗШ срабатывает при пуске выбранной ступени МТЗ и отсутствии пуска максимальных токовых защит присоединений, отходящих от соответствующей стороны. Сигнал от МТЗ присоединений формируется с помощью цепочки последовательных нормально-замкнутых контактов.

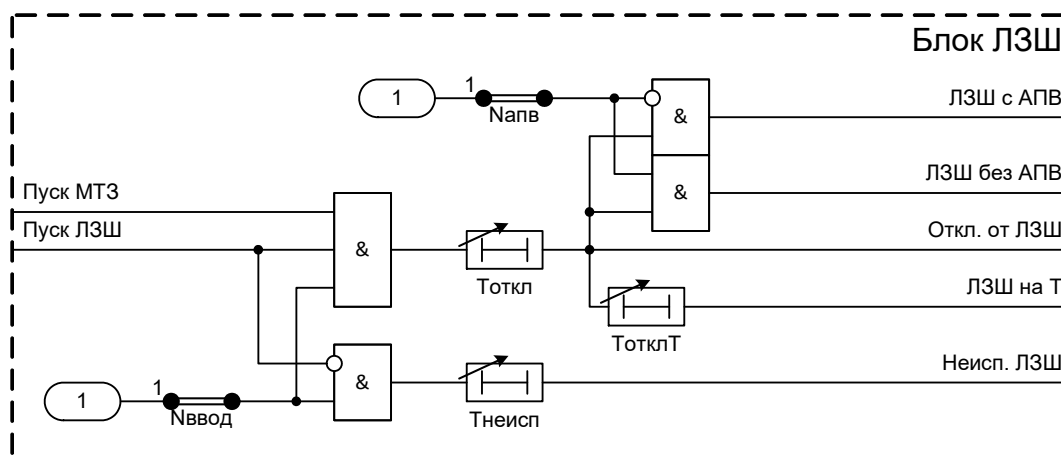


Рисунок 15 – Реализация программного модуля ЛЗШ

ЛЗШ действует на отключение стороны с выдержкой времени «Тоткл» с АПВ или без АПВ в зависимости от положения накладки «Напв».

При отключении выключателя от ЛЗШ своей стороны формируется сигнал запрета АВР соответствующей стороны.

С дополнительной выдержкой времени «ТотклТ» ЛЗШ действует на отключение трансформатора при отказе выключателя своей стороны.

Время срабатывания сигнализации о неисправности ЛЗШ при длительном срабатывании МТЗ хотя бы одного присоединения соответствующей стороны регулируется уставкой «Тнеисп».

ЛЗШ может быть выведена из работы программной накладкой «Нввод».

Таблица 14 – Уставки ЛЗШ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Нввод	–	0
Запрет АПВ при отключении от ЛЗШ (0 – нет, 1 – да)	Напв	–	1
Выдержка времени на отключении от ЛЗШ, мс	Тоткл	от 10 до 30000 (шаг 1)	500
Выдержка времени на отключение трансформатора от ЛЗШ, мс	ТотклТ	от 0 до 30000 (шаг 1)	500
Выдержка времени на сигнализацию о неисправности ЛЗШ, мс	Тнеисп	от 0 до 30000 (шаг 1)	10000

## 1.2.8 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

### 1.2.8.1 Принцип работы

Функциональный блок УРОВ приведен на рисунке 16, его реализация приведена на рисунке 17.

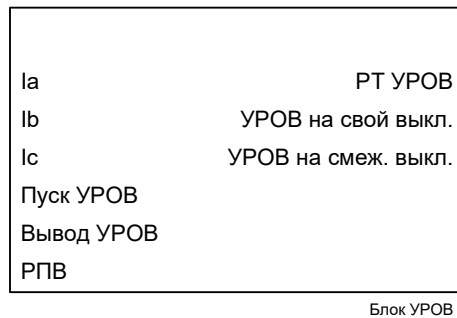


Рисунок 16 – Функциональный бок УРОВ

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока УРОВ

<b>Аналоговые входы</b>	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	
Пуск УРОВ	Пуск от защит
Вывод УРОВ	Вывод функции
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
<b>Логические выходы</b>	
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
УРОВ на свой выкл.	Срабатывание УРОВ на отключение своего выключателя
УРОВ на смеж. выкл.	Срабатывание УРОВ на отключение смежных выключателей

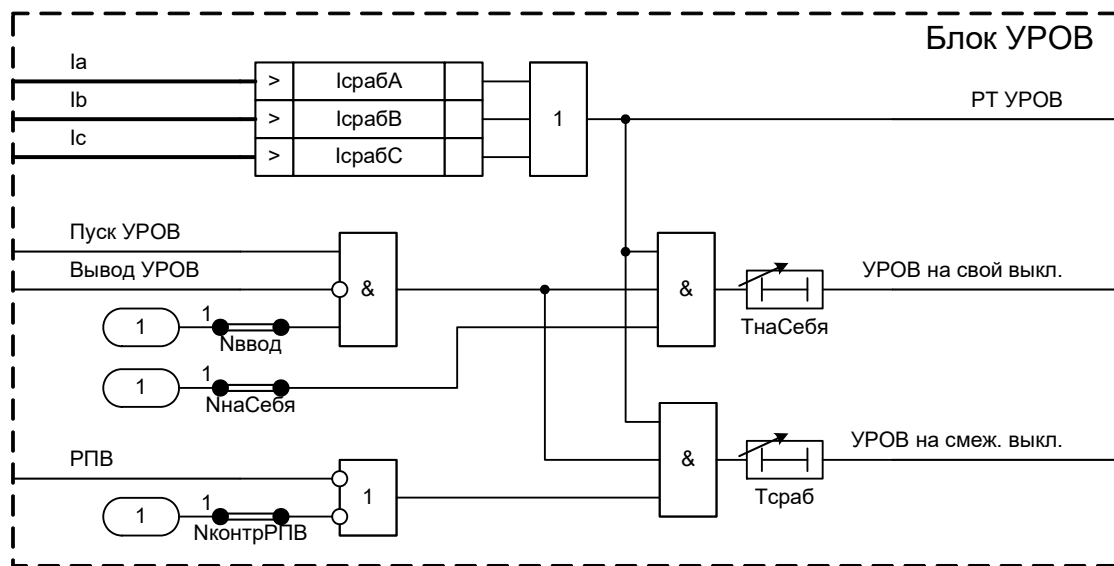


Рисунок 17 – Реализация программного модуля УРОВ

УРОВ подключается к ИТТ в цепи выключателя и предназначено для определения отказа выключателя при действии на его отключение от защит. УРОВ, как правило, действует на отключение смежных выключателей соответствующей системы шин и защищаемого объекта.

УРОВ содержит три ИО фазного тока, предназначенных для контроля протекания тока через выключатель. Уровень срабатывания ИО тока регулируется уставкой «Iсраб».

УРОВ может быть введена в работу программной накладкой «Nввод». УРОВ может быть выведена внешним сигналом «Вывод УРОВ».

УРОВ срабатывает, если возникают условия отключения, формирующие сигнал «Пуск УРОВ».

УРОВ формирует сигнал на отключение смежных выключателей, если ток через выключатель протекает в течение времени, превышающего уставку «Тсраб». Выдержка времени срабатывания УРОВ на повторное отключение своего выключателя задается уставкой «ТнаСебя».

Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель может быть введен при помощи наклейки «**НконтрРПВ**».

Действие УРОВ на свой выключатель может быть введено при помощи наклейки «**НнаСебя**».

Таблица 16 – Уставки УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания реле тока УРОВ, % от $I_{ном}$	$I_{сраб}$	от 4 до 100 (шаг 1)	10
Работа функции УРОВ (0 – нет; 1 – да)	$N_{ввод}$	–	1
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0 – нет; 1 – да)	$N_{контрРПВ}$	–	1
Действие УРОВ на свой выключатель (0 – нет; 1 – да)	$N_{наСебя}$	–	1
Выдержка времени на срабатывание УРОВ, мс	$T_{сраб}$	от 10 до 30000 (шаг 1)	500
Выдержка времени на повторное отключение выключателя, мс	$T_{наСебя}$	от 0 до 30000 (шаг 1)	500

1.2.8.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО УРОВ не превышает  $\pm 3\%$  от уставки.

1.2.8.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО УРОВ при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.8.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО УРОВ при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1  $f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.8.5 Коэффициент возврата ИО УРОВ не менее 0,9.

1.2.8.6 Время срабатывания токовых ИО УРОВ не превышает 25 мс при подаче двукратного тока срабатывания ( $2 I_{сраб}$ ).

1.2.8.7 Время возврата токовых ИО УРОВ при сбросе тока от  $30 I_{ном}$  до нуля при минимальной уставке не превышает 20 мс.

1.2.8.8 ИО тока УРОВ правильно работает при искажении формы вторичного тока трансформатора тока, соответствующем токовой погрешности до 50 % включительно, в установившемся режиме при значении вторичного тока от 4 до  $30 I_{ном}$ .

1.2.9 Комбинированный пуск по напряжению (КПН)

1.2.9.1 Принцип работы

Функциональный блок КПН приведен на рисунке 18, реализация блока приведена на рисунке 19.

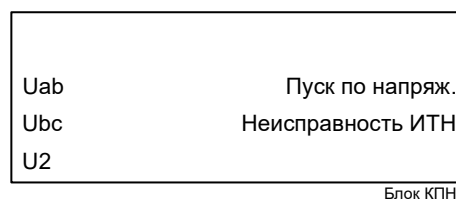


Рисунок 18 – Функциональный блок КПН

Таблица 17 – Входы и выходы функционального блока КПН

Аналоговые входы	
$U_{ab}$	Междуфазное напряжение АВ
$U_{bc}$	Междуфазное напряжение ВС

U2	Напряжение обратной последовательности
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	
Пуск по напряж.	Превышение допустимого уровня обратной последовательности или снижение ниже допустимого хотя бы одного линейного напряжения
Неисправность ИТН	Неисправность измерительного трансформатора напряжения

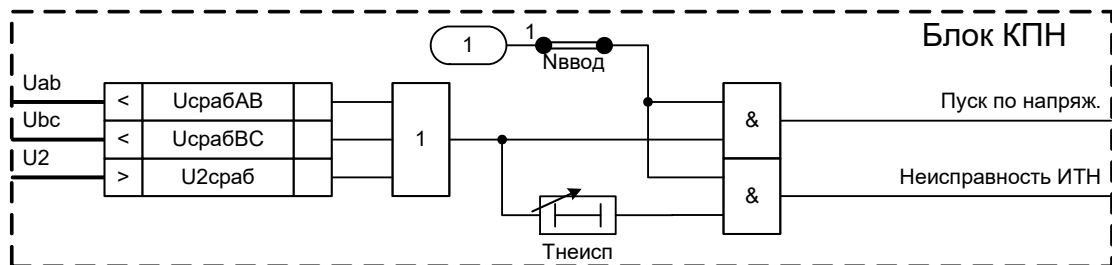


Рисунок 19 – Реализация программного модуля КПН

КПН предназначен для формирования разрешающего сигнала (пуска по напряжению) максимальным токовым защитам. Подключается на междуфазные напряжения  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$  и напряжение обратной последовательности  $U_2$ .

КПН содержит два ИО минимального напряжения и один ИО максимального напряжения, логическая сумма сигналов срабатывания которых формирует сигнал пуска по напряжению.

Уровень срабатывания ИО минимального действия регулируется уставкой «**Uмин**».

Уровень срабатывания ИО максимального действия регулируется уставкой «**U2макс**».

Время срабатывания сигнализации о неисправности ИТН регулируется уставкой «**Тнеисп**».

Предусмотрена возможность вывода из работы блока КПН посредством программной накладки «**Нввод**».

Таблица 18 – Уставки КПН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания ИО минимального напряжения, % от $U_{ном}$	Uмин	от 5 до 100 (шаг 1)	60
Напряжение срабатывания ИО максимального напряжения обратной последовательности, % от $U_{ном}$	U2макс	от 5 до 50 (шаг 1)	6
Ввод функции (0 – нет, 1 – да)	Нввод	–	0
ВВС сигнализации о неисправности ИТН, мс	Тнеисп	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.9.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального и минимального напряжения составляет  $\pm 3\%$  от уставки или  $5\%$  от номинальной величины.

1.2.9.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального и минимального напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.9.4 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального и минимального напряжения при изменении частоты в диапазоне от  $0,9$  до  $1,1 f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.9.5 Коэффициент возврата ИО максимального напряжения составляет не менее  $0,9$ , ИО минимального напряжения – не более  $1,1$ .

1.2.9.6 Время срабатывания ИО максимального напряжения обратной последовательности не превышает 30 мс при подаче напряжения скачком от нуля до  $2 U_{сраб}$ .

1.2.9.7 Время возврата ИО максимального напряжения обратной последовательности при сбросе напряжения от  $2 U_{сраб}$  до нуля не превышает 35 мс.

1.2.9.8 Время срабатывания ИО минимального напряжения не превышает 35 мс при сбросе напряжения от  $2 U_{сраб}$  до нуля.

1.2.9.9 Время возврата ИО минимального напряжения при подаче напряжения скачком от нуля до  $2 U_{сраб}$  не превышает 30 мс.

1.2.10 Реле тока (РТ)

1.2.10.1 Принцип работы

Функциональный блок РТ приведен на рисунке 20, его реализация приведена на рисунке 21.

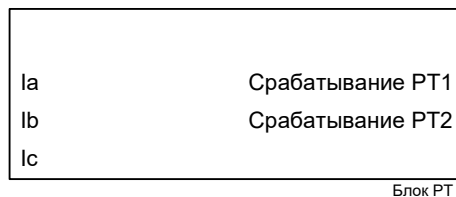


Рисунок 20 – Функциональный блок РТ

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока РТ

<b>Аналоговые входы</b>	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
<b>Аналоговые выходы</b>	Отсутствуют
<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	
Срабатывание РТ1	Срабатывание РТ первой ступени
Срабатывание РТ2	Срабатывание РТ второй ступени

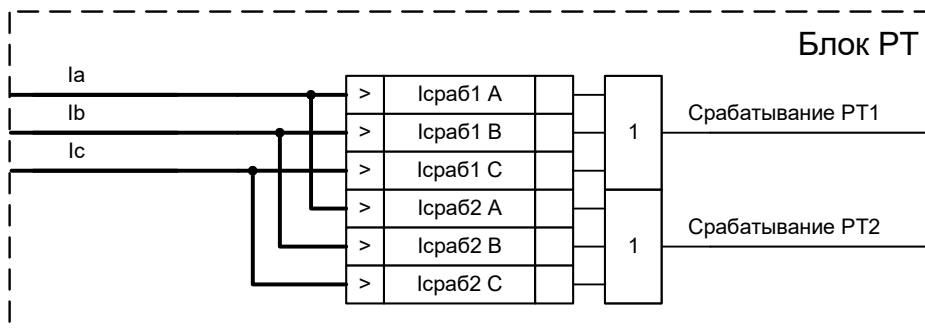


Рисунок 21 – Реализация программного модуля РТ

РТ содержит две ступени по три ИО, которые подключены на ток соответствующей фазы.

Уровни срабатывания ступеней регулируются уставками «Iст1», «Iст2».

Таблица 20 – Уставки РТ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ИО тока первой ступени, % от $I_{ном}$	Iст1	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО тока второй ступени, % от $I_{ном}$	Iст2	от 5 до 3000 (шаг 1)	100

1.2.10.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.10.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.10.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1  $f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

1.2.10.5 Коэффициент возврата ИО тока составляет не менее 0,8 для значения уставки ниже 20 % и не менее 0,9 для значения уставки выше 20 %.

1.2.10.6 Время срабатывания максимального ИО тока не превышает 15 мс при подаче соответствующего 3  $I_{сраб}$  и не должно превышать 40 мс при подаче 1,2  $I_{сраб}$ .

1.2.10.7 Время возврата максимального ИО тока не должно превышать 30 мс при сбросе входного тока от 10  $I_{сраб}$  до нуля.

1.2.11 Фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП)

Функциональный блок ФНОП приведен на рисунке 22.

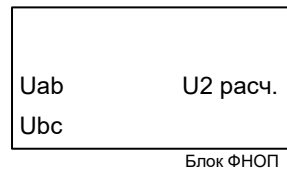


Рисунок 22 – Функциональный блок ФНОП

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока ФНОП

<b>Аналоговые входы</b>	
Uab, Ubc	Междуфазные напряжения АВ, ВС
<b>Аналоговые выходы</b>	
U2 расч.	Расчетное значение напряжение обратной последовательности
<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	Отсутствуют

Блок ФНОП предназначен для расчета величины напряжения обратной последовательности по данным междуфазных напряжений  $\underline{U}_{ab}$  и  $\underline{U}_{bc}$  по формуле

$$\underline{U}_{2расч} = \frac{1}{3} (\underline{U}_{ab} + \underline{U}_{bc} e^{-j\pi/3}).$$

1.2.12 Фильтр тока обратной и нулевой последовательностей (ФТОНП)

Функциональный блок ФТОНП приведен на рисунке 23.

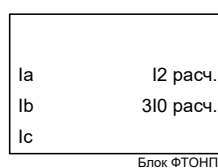


Рисунок 23 – Функциональный блок ФТОНП

Таблица 22 – Входы и выходы функционального блока ФТОНП

<b>Аналоговые входы</b>	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
<b>Аналоговые выходы</b>	
I2 расч.	Расчетное значение тока обратной последовательности
3I0 расч.	Расчетное значение утроенного тока нулевой последовательности
<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	Отсутствуют

Блок ФТОНП предназначен для расчета величин тока обратной последовательности и утроенного тока нулевой последовательности по данным токам фаз по формуле

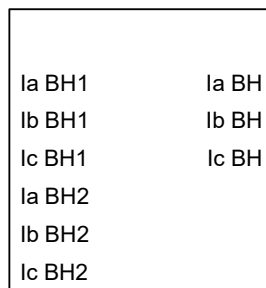


$$\underline{I}_{2\text{расч}} = \frac{1}{3} (\underline{I}_a + \underline{I}_b e^{j4\pi/3} + \underline{I}_c e^{j2\pi/3}),$$

$$3\underline{I}_{0\text{расч}} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c.$$

### 1.2.13 Расчет токов ВН

Функциональный блок расчета токов ВН приведен на рисунке 24.



Блок расчета токов ВН

Рисунок 24 – Функциональный блок расчета токов ВН

Таблица 23 – Входы и выходы функционального блока расчета токов ВН

Аналоговые входы	
Ia ВН1, Ib ВН1, Ic ВН1	Токи фаз А, В, С стороны ВН1
Ia ВН2, Ib ВН2, Ic ВН2	Токи фаз А, В, С стороны ВН2
Аналоговые выходы	
Ia ВН, Ib ВН, Ic ВН	Токи фаз А, В, С стороны ВН
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок расчета токов ВН предназначен для расчета величин токов стороны ВН по данным токам стороны ВН1 и ВН2 по формуле

$$I_{\text{ВН}} = I_{\text{ВН1}} \cdot 1,0 + I_{\text{ВН2}} \cdot k_2,$$

$$k_2 = \frac{I_{\text{перв,ВН2}}}{I_{\text{втор,ВН2}}} \cdot \frac{I_{\text{втор,ВН1}}}{I_{\text{перв,ВН1}}},$$

где  $I_{\text{ВН}}$  – ток стороны ВН, А;

$I_{\text{ВН1}}$  – ток стороны ВН1 трансформатора, А;

$I_{\text{ВН2}}$  – ток стороны ВН2 трансформатора, А;

$k_2$  – коэффициент выравнивания второго входа относительно первого, о.е;

$I_{\text{втор,ВН1}}$  – номинальный вторичный ток высоковольтного ИТТ стороны ВН1, А;

$I_{\text{втор,ВН2}}$  – номинальный вторичный ток высоковольтного ИТТ стороны ВН2, А;

$I_{\text{перв,ВН1}}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны ВН1, А;

$I_{\text{перв,ВН2}}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны ВН2, А.

## 2 Рекомендации по проверке

### 2.1 Общие указания

Общие указания по эксплуатационным ограничениям при подготовке терминала к использованию и работе с ним, порядку внешнего осмотра, установке, подключению и вводу в эксплуатацию, настройке и работе с интерфейсом пользователя, техническому обслуживанию, хранению и утилизации приведены в АИПБ.656122.011 РЭ1.

### 2.2 Меры по безопасности

2.2.1 При эксплуатации и техническом обслуживании устройства необходимо руководствоваться «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правилами устройств электроустановок» (ПУЭ), а также требованиями настоящего РЭ.

2.2.2 Монтаж, обслуживание и эксплуатацию устройства разрешается производить лицам, прошедшим специальную подготовку.

2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

2.2.4 Перед включением и во время работы терминал должен быть надежно заземлен через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$  наиболее коротким путем.

### 2.3 Проверка функций защит

В данном разделе приводятся описание проверки функции дифференциальной защиты. Описания остальных проверок защит приведены в АИПБ.656467.966-08.513 ИМиТО.

2.3.1 Определение величины срабатывания дифференциальной отсечки и дифференциального органа с торможением

Проверке подлежат все плечи дифференциальной защиты.

Предварительно необходимо выставить актуальные значения уставок:

- схемы соединения токовых цепей для каждой стороны;
- коэффициенты выравнивания токов для каждой стороны.

ДТЗ выполнена пофазно, соответственно, проверку следует выполнять для каждой фазы отдельно. Фиксация срабатывания осуществляется по факту замыкания контакта выходного реле терминала «Контрольный выход», на которое на время проверки конфигурируется сигнал пуска тормозной характеристики соответствующей фазы (выходные сигналы функционального блока ДТЗ: «Пуск ТХ ф.А», «Пуск ТХ ф.В», «Пуск ТХ ф.С»).

Проверку уставки «**Иднач**» следует проводить, с использованием не более двух плеч защиты, следующим образом:

- конфигурируя на аналоговые входы терминала токи двух плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания добиться равенства нулю дифференциального тока так, чтобы максимальный из токов плеч не превышал уставку «**Иторм2**»;

- снижением уровня одного из токов плеч добиться срабатывания выходного реле терминала «Контрольный выход». Модуль векторной суммы токов плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания должен соответствовать, в рамках допустимой погрешности, уставке «**Иднач**»;

- увеличением уровня тока используемого плеча добиться размыкания контакта выходного реле терминала «Контрольный выход». Модуль векторной суммы токов плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания должен соответствовать, в рамках допустимой погрешности, уровню возврата.

Проверку уставки «**Идто**» допускается проводить, с использованием одного плеча защиты, следующим образом:

- конфигурируя на терминал один ток плеча защиты с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания добиться срабатывания выходного реле терминала «Контрольный выход». Полученное значение с учетом компенсации групп соединения и

цифрового выравнивания должно соответствовать, в рамках допустимой погрешности, уставке «Ито»;

- снижением тока используемого плеча с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания определить уровень возврата.

### 2.3.2 Снятие тормозной характеристики

Снимать характеристики следует отдельно для каждой фазы. Фиксация срабатывания осуществляется по факту замыкания выходного реле терминала «Контрольный выход», на которое на время проверки конфигурируется сигнал пуска тормозной характеристики соответствующей фазы (выходные сигналы функционального блока ДТЗ: «Пуск ТХ ф.А», «Пуск ТХ ф.В», «Пуск ТХ ф.С»).

Снятие  $k$ -ой точки тормозной характеристики (срабатывания и возврата) дифференциальной защиты осуществляется следующим способом:

- конфигурируя на терминал токи двух плеч защиты с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания, добиться равенства нулю дифференциального тока, при этом необходимо учесть, что максимальный из токов плеч является тормозным ( $I_{\text{торм},k}$ );

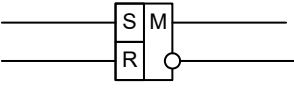
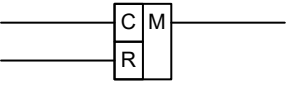
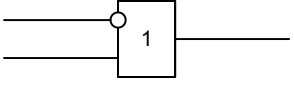
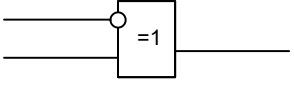
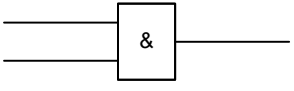
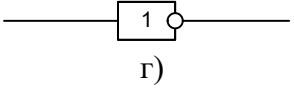
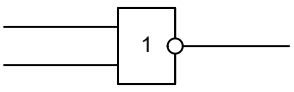
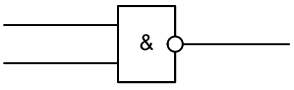
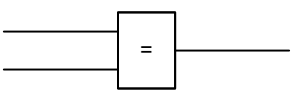
- снижением уровня минимального из токов плеч добиться срабатывания выходного реле терминала «Контрольный выход». Модуль векторной суммы токов плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания соответствует  $k$ -ой точке срабатывания ( $I_{\text{торм},k}$ ;  $I_{\text{диф,сраб},k}$ ) тормозной характеристики;

- увеличением уровня тока используемого плеча добиться размыкания контакта выходного реле терминала «Контрольный выход». Модуль векторной суммы токов плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания соответствует  $k$ -ой точке возврата ( $I_{\text{торм},k}$ ;  $I_{\text{диф,возв},k}$ ) тормозной характеристики;

- снятие следующей  $(k+1)$ -ой точки начинается с увеличения максимального из токов плеч защиты, затем повторяется описанная процедура.

## Приложение А (обязательное)

### Элементы функциональных логических схем

Обозначение	Полное название
 <p>а)</p>	<p>«Триггер», в котором: S – вход установки; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный). Пример: а) RS-триггер с запоминанием, с приоритетом на сброс и двумя выходами</p>
 <p>а)</p>	<p>«Счетчик», в котором: С – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика. Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный). Пример: а) счетчик с запоминанием и одним выходом</p>
 <p>а)</p>  <p>б)</p>  <p>в)</p>  <p>г)</p>  <p>д)</p>  <p>е)</p>  <p>ж)</p>	<p>«Логический элемент» имеет от 1 до 16 входов и один выход, каждый из которых может быть инвертирован. Обозначения логических операций: – логическое «И» (&amp;); – логическое «ИЛИ» (1); – равно (=). Примеры: а) элемент логического «ИЛИ». Выходной сигнал равен логической единице, если хотя бы на одном входе присутствует логическая единица. И только когда на всех входах логические нули, тогда на выходе – логический нуль; б) элемент «исключающее ИЛИ». Выходной сигнал равен логической единице, когда на входе – нечетное количество единиц. И только когда на входе четное количество единиц, на выходе – логический нуль; в) элемент логического «И». Выходной сигнал равен логической единице, если на всех входах присутствует логическая единица. А если хотя бы на одном входе логический нуль, то на выходе – логический нуль; г) элемент логического «НЕ», или инвертор. Если входной сигнал имеет уровень логического нуля, то выходной сигнал – логическая единица, и наоборот; д) элемент логического «ИЛИ-НЕ». Представляет собой последовательное соединение элементов «ИЛИ» и «НЕ». Если хотя бы на одном входе логическая единица, то на выходе элемента – логический нуль. Если на всех входах логические нули, тогда на выходе – логическая единица; е) элемент логического «И-НЕ». Представляет собой последовательное соединение элементов «И» и «НЕ». Если на всех входах логические единицы, тогда на выходе – логический нуль. А если хотя бы на одном входе логический нуль, то на выходе элемента – логическая единица; ж) элемент равенства. Выходной сигнал равен логической единице, если входные сигналы равны</p>

Обозначение	Полное название
<p>а) б) в)</p>	<p>Программная накладка выбора режима работы. Применяются три варианта условного графического изображения элемента:                  1) на рисунках а) и б) положение накладки определяет путь прохождения сигнала;                  2) на рисунке в) значение накладки логическая единица определяет ввод сигнала. При выводе накладки на схему подается логический ноль.                  Буквенное обозначение накладки – N.                  Примечание – Обозначения положений накладок: 0 – нет, 1 – да</p>
<p>а) б) в) г) д)</p>	<p>«<b>Выдержка времени</b>» применяется для обозначения в схеме таймеров. Элемент может быть с фиксированным или задаваемым пользователем значением.                  Разновидности: элемент с задержкой на срабатывание, с задержкой на возврат, формирования импульса, ограничения минимальной длительности.                  Примеры:                  а) элемент времени на срабатывание. Задержка «Тоткл» регулируется;                  б) элемент времени с фиксированной задержкой на срабатывание;                  в) элемент времени на возврат. Задержка «Тоткл» регулируется;                  г) элемент формирования импульса. Задержка «Тоткл» регулируется;                  д) элемент ограничения минимальной длительности сигнала. Задержка «Тоткл» регулируется.                  Буквенное обозначение элемента времени – Т.                  Примечание – Над элементом «<b>Выдержка времени</b>» указывается значение выдержки времени, под элементом – позиционное обозначение</p>
	<p>«<b>Измерительный орган</b>» по типу может быть максимального (&gt;), минимального (&lt;) действия. Для ИО с однозначным или неопределенным типом действия (РНМ) тип действия может не задаваться.                  Пример: ИО минимального действия, где Исраб – наименование ИО</p>
<p>а) б)</p>	<p>«<b>Функциональный блок</b>» используется для обозначения на схеме блоков (рисунок а), функциональность которых пояснена в сопроводительной эксплуатационной документации.                  Пример: на рисунке б) приведен функциональный блок БК по току</p>

## Приложение Б (обязательное)

### Примеры компенсации группы соединения

Таблица Б.1 – Формулы компенсации группы соединения

1	2	1	2	1	2	1	2
<b>0</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>1</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>12</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>13</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
<b>2</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>3</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>14</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>15</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
<b>4</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>5</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>16</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>17</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
<b>6</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>7</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>18</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>19</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
<b>8</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>9</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>20</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>21</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
<b>10</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>11</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>22</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>23</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
				<b>24</b>	$\begin{bmatrix} i_{п,А} \\ i_{п,В} \\ i_{п,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$		

Примечание – В столбце «1» приведены значения уставок «Схема1», «Схема2», «Схема3», «Схема4», «Схема5», «Схема6», в столбце «2» – формулы преобразования токов плеч ДТЗ.

Уставка схемы соединения токовых цепей («Схемак»), предназначенная для компенсации схемы и группы соединения обмоток трансформатора отдельно по каждому токовому плечу защиты, обеспечивает преобразование измеряемых фазных токов ( $I_A, I_B, I_C$ ) в токи плеч ( $I_A^*, I_B^*, I_C^*$ ) путем поворота их на заданный угол, обозначенный на рисунке Б.1 как  $\beta$ .

Примечание – В целях упрощения токи плеч ( $I_A^*, I_B^*, I_C^*$ ) рассмотрены без учета цифрового выравнивания.

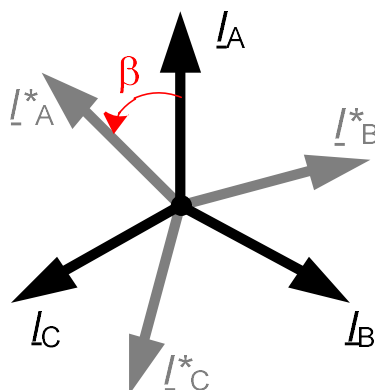


Рисунок Б.1 – Геометрическая интерпретация значений уставки «Схемак»

Таблица Б.2 – Геометрическая интерпретация значений уставки «Схемак»

Значение угла $\beta$ (положительное направление отсчета – против часовой стрелки), градус	Исключение составляющей тока нулевой последовательности из фазных токов	
	Требуется	Отсутствует
0	<p>«Схемак» = 12</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 0</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+30	<p>«Схемак» = 11 или «Схемак» = 23</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+60	<p>«Схемак» = 10</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 22</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+90	<p>«Схемак» = 9 или «Схемак» = 21</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+120	<p>«Схемак» = 20</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 8</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+150	<p>«Схемак» = 7 или «Схемак» = 19</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	

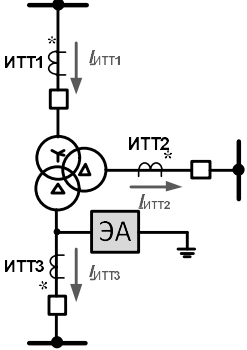
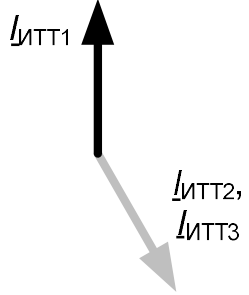
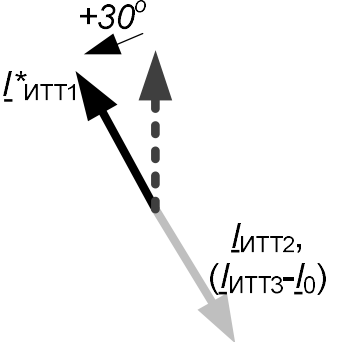
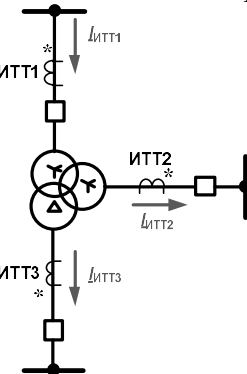
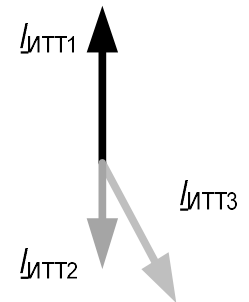
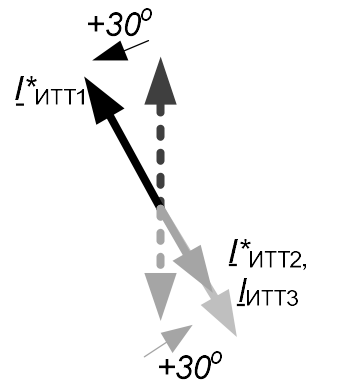
Значение угла $\beta$ (положительное направление отсчета – против часовой стрелки), градус	Исключение составляющей тока нулевой последовательности из фазных токов	
	Требуется	Отсутствует
+180	<p>«Схемак» = 18</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 6</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+210 (-150)	<p>«Схемак» = 5 или «Схемак» = 17</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+240 (-120)	<p>«Схемак» = 16</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 4</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+270 (-90)	<p>«Схемак» = 3 или «Схемак» = 15</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+300 (-60)	<p>«Схемак» = 14</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схемак» = 2</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+330 (-30)	<p>«Схемак» = 1 или «Схемак» = 13</p> $\begin{bmatrix} i_{н,А} \\ i_{н,В} \\ i_{н,С} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	

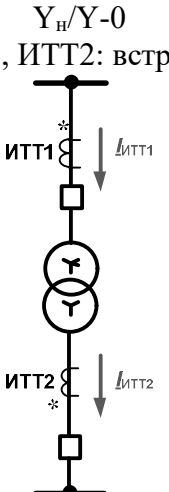
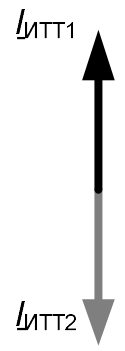

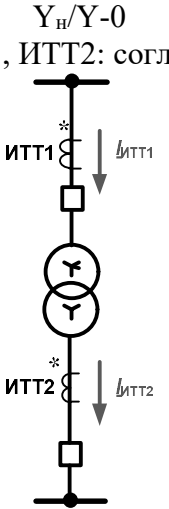
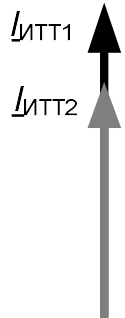
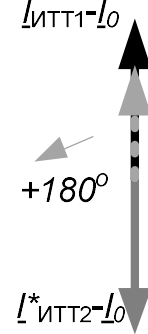
В случае, когда требуется вывести плечо ДТЗ из работы (исключить из расчета дифференциального тока), следует для данного плеча задать уставку «Схемак» равную 24.



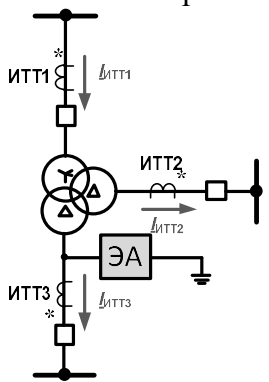
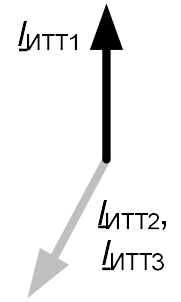
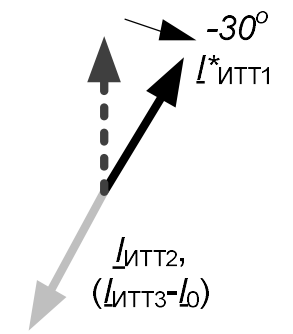
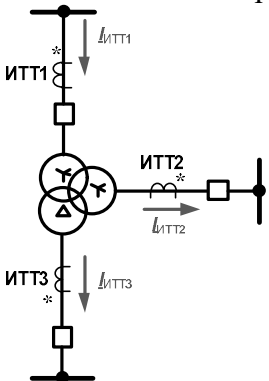
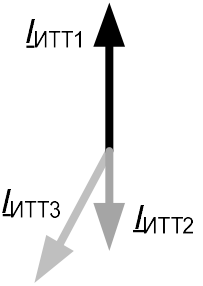
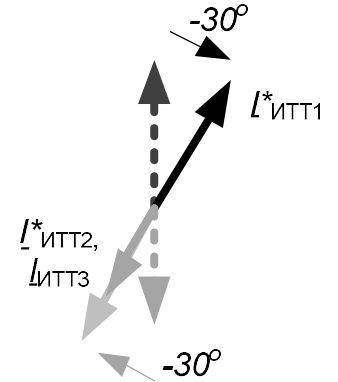
Таблица Б.3 – Примеры применения уставки «Схемаk» к различным первичным схемам

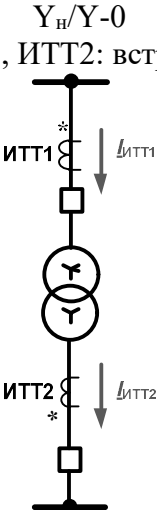
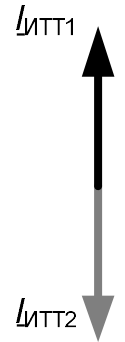
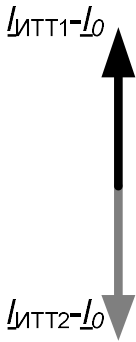
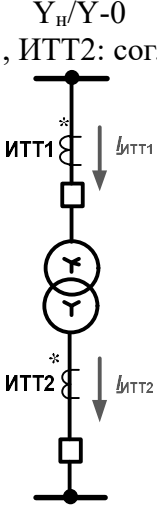
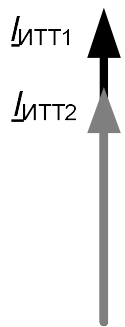
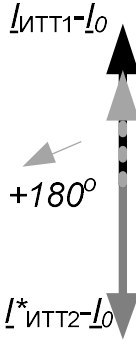
№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемаk»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схема1» (ИТТ1)	«Схема2» (ИТТ2)	«Схема3» (ИТТ3)	
<b>Сеть с прямым чередованием фаз (фаза С опережает фазу А на 120°, фаза В отстает от фазы А на 120°)</b>						
1	<p>Y<sub>H</sub>/D/D-11-11 Все ИТТ включены встречно</p>		11	0	0	
2	<p>Y<sub>H</sub>/D/D-11-11 ИТТ1 и ИТТ3: встречно ИТТ1 и ИТТ2: согласно</p>		11	6	0	

№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемак»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схема1» (ИТТ1)	«Схема2» (ИТТ2)	«Схема3» (ИТТ3)	
3	<p><math>Y_H/D/D-11-11</math> Все ИТТ включены встречно. В зону ДТЗ входит электрический аппарат (ЭА), способный создать контур для протекания тока нулевой последовательности при внешних КЗ</p> 		11	0	12	
4	<p><math>Y_H/Y_H/D-0-11</math> Все ИТТ включены встречно</p> 		11	11	0	

№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемак»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схема1» (ИТТ1)	«Схема2» (ИТТ2)	«Схема3» (ИТТ3)	
5	<p><math>Y_H/Y-0</math> ИТТ1, ИТТ2: встречно</p> 		12	12	24	
6	<p><math>Y_H/Y-0</math> ИТТ1, ИТТ2: согласно</p> 		12	18	24	

№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемак»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схема1» (ИТТ1)	«Схема2» (ИТТ2)	«Схема3» (ИТТ3)	
<p><b>Сеть с обратным чередованием фаз (фаза С отстает от фазы А на 120°, фаза В опережает фазу А на 120°).</b>  Рекомендуется при подключении терминала к вторичным цепям ИТТ на фазу А терминала завести вторичный ток фазы А, на фазу В – фазу С, на фазу С – фазу В. В терминале должно регистрироваться прямое чередование фаз токов</p>						
7	<p>Y<sub>н</sub>/D/D-11-11 Все ИТТ включены встречно</p>		1	0	0	
8	<p>Y<sub>н</sub>/D/D-11-11 ИТТ1 и ИТТ3: встречно ИТТ1 и ИТТ2: согласно</p>		1	6	0	

№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемaк»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схемa1» (ИТТ1)	«Схемa2» (ИТТ2)	«Схемa3» (ИТТ3)	
9	<p><math>Y_H/D/D-11-11</math> Все ИТТ включены встречно. В зону ДТЗ входит электрический аппарат (ЭА), способный создать контур для протекания тока нулевой последовательности при внешних КЗ</p> 		1	0	12	
10	<p><math>Y_H/Y_H/D-0-11</math> Все ИТТ включены встречно</p> 		1	1	0	

№	Первичная схема (схемы соединения ИТТ – «звезда» со всех сторон)	Векторная диаграмма измеряемых токов фазы А	Рекомендуемое значение уставки «Схемак»			Векторная диаграмма преобразованных токов фазы А
			«Схема1» (ИТТ1)	«Схема2» (ИТТ2)	«Схема3» (ИТТ3)	
11	<p><math>Y_H/Y-0</math> ИТТ1, ИТТ2: встречно</p> 		12	12	24	
12	<p><math>Y_H/Y-0</math> ИТТ1, ИТТ2: согласно</p> 		12	18	24	

## Список сокращений

АВР	– автоматический ввод резерва;
АПВ	– автоматическое повторное включение;
БВГ	– блокировка по второй гармонике;
ВВС	– выдержка времени на срабатывание;
ВН	– высшее напряжение;
ГЗ	– газовая защита;
ДЗ	– дифференциальная защита;
ДЗНП	– дифференциальная защита нулевой последовательности;
ДТЗ	– дифференциальная токовая защита;
ДТО	– дифференциальная токовая отсечка;
ИМиТО	– инструкция по монтажу и техническому обслуживанию;
ИО	– измерительный орган;
ИТН	– измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ	– измерительный трансформатор тока;
КЗ	– короткое замыкание;
КИТЦ	– контроль исправности токовых цепей;
КПН	– комбинированный пуск по напряжению;
ЛЗШ	– логическая защита шин;
МТЗ	– максимальная токовая защита;
ОНМ	– орган направления мощности;
ПЗУ	– пусковое запоминающее устройство;
ПУЭ	– правила устройств электроустановок;
РКТУ	– реле контроля тока утечки;
РПВ	– реле положения «Включено»;
РПО	– реле положения «Отключено»;
РТ	– реле тока;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
ТЗНП	– токовая защита нулевой последовательности;
ТХ	– тормозная характеристика;
УРОВ	– устройство резервирования отказа выключателя;
ФНОП	– фильтр напряжения обратной последовательности;
ФТОНП	– фильтр токов обратной и нулевой последовательностей.

