



Утвержден  
АИПБ.656122.011-003 РЭ2-ЛУ

**ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 220 кВ  
ТИПА «TOP 300 ДЗАТ 52Х»**

**Руководство по эксплуатации. Описание функций защит  
АИПБ.656122.011-003 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.relemaika.ru](http://www.relemaika.ru)  
E-mail: [service@relemaika.ru](mailto:service@relemaika.ru), [rza@relemaika.ru](mailto:rza@relemaika.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 Максимальная токовая защита (МТЗ) .....	15
1.2.4 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ).....	19
1.2.5 Комбинированный пуск по напряжению (КПН).....	21
1.2.6 Реле тока (РТ).....	22
1.2.7 Сигнализация замыкания на землю (СЗЗ).....	24
1.2.8 Контроль отсутствия напряжения и пуск пожаротушения (КОН и пуск ПЖТ) .....	25
1.2.9 Фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП).....	26
1.2.10 Фильтр тока обратной и нулевой последовательностей (ФТОНП).....	27
1.2.11 Расчет токов общей обмотки.....	27
<b>2 Рекомендации по проверке .....</b>	<b>29</b>
2.1 Общие указания.....	29
2.2 Меры по безопасности.....	29
2.3 Проверка функций защит .....	29
<b>Приложение А (обязательное) Элементы функциональных логических схем.....</b>	<b>31</b>
<b>Приложение Б (обязательное) Примеры компенсации группы соединения .....</b>	<b>33</b>
<b>Список сокращений .....</b>	<b>38</b>

Настоящее РЭ распространяется на терминалы защиты автотрансформатора 220 кВ типа «TOP 300 ДЗАТ 52Х» (далее – устройства или терминалы) и содержит необходимые сведения по его 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 терминале типа «TOP 300 ДЗАТ 52Х» реализованы основные защиты автотрансформатора 220 кВ. Устройство предназначено для защиты автотрансформатора, в том числе ошиновки НН, включающей токоограничивающий реактор и ЛРТ.

Терминал может содержать:

- дифференциальную токовую защиту (ДТЗ);
- газовую защиту (ГЗ);
- максимальную токовую защиту (МТЗ);
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- комбинированный пуск по напряжению (КПН);
- технологические защиты (ТЗ);
- контроль отсутствия напряжения (КОН);
- 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: автотрансформатора, 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 автотрансформаторов и цифрового выравнивания токов плеч ДТЗ. Благодаря этому 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 автотрансформатора 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 автотрансформаторе и всех видах КЗ на его выводах и не срабатывает при внешних замыканиях, бросках тока намагничивания, 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 автотрансформатора с основанием полуволны до 240°.

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 автотрансформатора.

В случае применения для защиты автотрансформатора 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
Выход	Блок ДТЗ

Рисунок 1 – Функциональный блок ДТЗ

Таблица 1 – Входы и выходы функционального блока ДТЗ

Аналоговые входы	
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
Логические входы	
Съем блк. КИТЦ	Съем блокировки ДТЗ от КИТЦ
Выход	Выход ДТЗ
Логические выходы	
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 автотрансформатора 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», «Схема6», задаваемые отдельно для каждой из сторон автотрансформатора. Значения уставки (от 0 до 24) задают формулу для преобразования токов и приведены в приложении Б.

Пример.

Трехобмоточный автотрансформатор Y<sub>н</sub>/D-0-11, группа ИТТ «звезда» со всех сторон (таблица Б.3, строка №1).

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

$$I_{\text{диф},A} = \frac{I_{A1} - I_{B1}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{k_{\text{выр}1}}{I_{\text{ном},1} \cdot 100\%} + \frac{I_{A2} - I_{B2}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{k_{\text{выр}2}}{I_{\text{ном},2} \cdot 100\%} + \frac{I_{A3}}{I_{\text{ном},3} \cdot 100\%},$$

где  $k_{\text{выр}1}$ ,  $k_{\text{выр}2}$ ,  $k_{\text{выр}3}$  – 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 сторон ВН и СН относительно токов стороны НН. При этом токи нулевой последовательности автоматически исключаются из токов ВН и СН.

#### 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

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

$$I_{\delta_{a3,k}} = \frac{S_{\delta_{a3}}}{\sqrt{3}U_{\delta_{a3,k}}},$$

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

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

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

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

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

$S_{баз}$  – базисная мощность, равная мощности наиболее мощной обмотки автотрансформатора;

$U_{баз,k}$  – базисное напряжение, равное номинальному напряжению обмотки автотрансформатора, 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

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

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

где  $I_{баз}$  – 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  $I_{диф}$ , который определяется как модуль векторной суммы токов плеч  $\underline{I}_{п1*}$ ,  $\underline{I}_{п2*}$ ,  $\underline{I}_{п3*}$ ,  $\underline{I}_{п4*}$ ,  $\underline{I}_{п5*}$ ,  $\underline{I}_{п6*}$ , определенных с учетом компенсации группы соединения и цифрового выравнивания по формулам

$$I_{диф,A} = \left| \underline{I}_{п1*,A} + \underline{I}_{п2*,A} + \underline{I}_{п3*,A} + \underline{I}_{п4*,A} + \underline{I}_{п5*,A} + \underline{I}_{п6*,A} \right|,$$

$$I_{диф,B} = \left| \underline{I}_{п1*,B} + \underline{I}_{п2*,B} + \underline{I}_{п3*,B} + \underline{I}_{п4*,B} + \underline{I}_{п5*,B} + \underline{I}_{п6*,B} \right|,$$

$$I_{диф,C} = \left| \underline{I}_{п1*,C} + \underline{I}_{п2*,C} + \underline{I}_{п3*,C} + \underline{I}_{п4*,C} + \underline{I}_{п5*,C} + \underline{I}_{п6*,C} \right|,$$

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

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{пk*,A} \\ \underline{I}_{пk*,B} \\ \underline{I}_{пk*,C} \end{bmatrix} = \mathbf{Схема k} \times \begin{bmatrix} \underline{I}_{пk,A} \\ \underline{I}_{пk,B} \\ \underline{I}_{пk,C} \end{bmatrix} \times \frac{k_{вып,k}}{100}.$$

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

$$I_{макс,A} = \max(\underline{I}_{п1*,A}, \underline{I}_{п2*,A}, \underline{I}_{п3*,A}, \underline{I}_{п4*,A}, \underline{I}_{п5*,A}, \underline{I}_{п6*,A}, \underline{I}_{Σ12*,A}, \underline{I}_{Σ34*,A}, \underline{I}_{Σ56*,A}),$$

$$I_{макс,B} = \max(\underline{I}_{п1*,B}, \underline{I}_{п2*,B}, \underline{I}_{п3*,B}, \underline{I}_{п4*,B}, \underline{I}_{п5*,B}, \underline{I}_{п6*,B}, \underline{I}_{Σ12*,B}, \underline{I}_{Σ34*,B}, \underline{I}_{Σ56*,B}),$$

$$I_{макс,C} = \max(\underline{I}_{п1*,C}, \underline{I}_{п2*,C}, \underline{I}_{п3*,C}, \underline{I}_{п4*,C}, \underline{I}_{п5*,C}, \underline{I}_{п6*,C}, \underline{I}_{Σ12*,C}, \underline{I}_{Σ34*,C}, \underline{I}_{Σ56*,C}),$$

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

где  $I_{\Sigma12^*} = I_{n1^*} + I_{n2^*}$ , если программная накладка «**Nсумм12**» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma12^*} = 0$ ;

$I_{\Sigma34^*} = I_{n3^*} + I_{n4^*}$ , если программная накладка «**Nсумм34**» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma34^*} = 0$ ;

$I_{\Sigma56^*} = I_{n5^*} + I_{n6^*}$ , если программная накладка «**Nсумм56**» установлена в положение «1 – да» (таблица 2), иначе  $I_{\Sigma56^*} = 0$ .

Программные накладки «**Nсумм12**», «**Nсумм34**» и «**Nсумм56**» 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 автотрансформатора 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 «**Idнач**», коэффициента торможения второго участка «**Kторм2**», начального тормозного тока третьего участка «**Itорм3**». Начальный тормозной ток второго участка регулируется уставкой «**Itорм2**». Коэффициент торможения третьего участка регулируется уставкой «**Kторм3**».

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

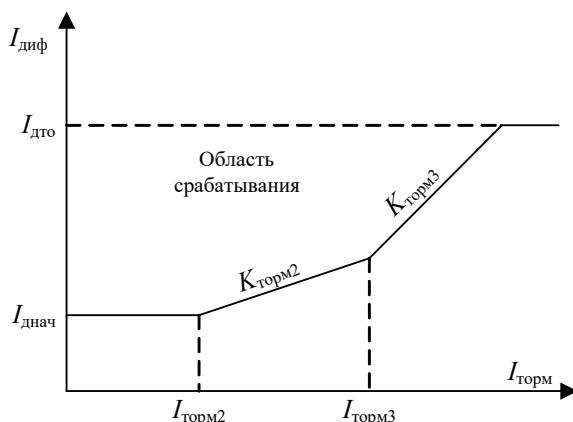


Рисунок 2 – Тормозная характеристика ДТЗ

#### 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 трансформаторов тока.

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

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

В первом случае предусмотрено продление работы блокировки при постановке силового автотрансформатора 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 предусмотрен 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 «**dЛобрыв**» при одновременном снижении на величину более уставки «**dЛобрыв**» токов одного из плеч ДТЗ и отсутствии увеличения токов остальных плеч. При обнаружении данного режима модуль КИТЦ немедленно действует на сигнал и на загрубление уровня срабатывания ТХ по начальному дифференциальному току до значения «**Idзагр**», 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 «**dЛобрыв**» 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 «**Лобрыв**» в течение времени более уставки «**Тобрыв**» действует на сигнал и на загрубление уровня срабатывания ТХ по начальному дифференциальному току до значения «**Idзагр**», 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 «НывыводВ» осуществить вывод канала фазы В ДТЗ, т.к. внешние КЗ могут сопровождаться повышенными токами небаланса в фазе В.

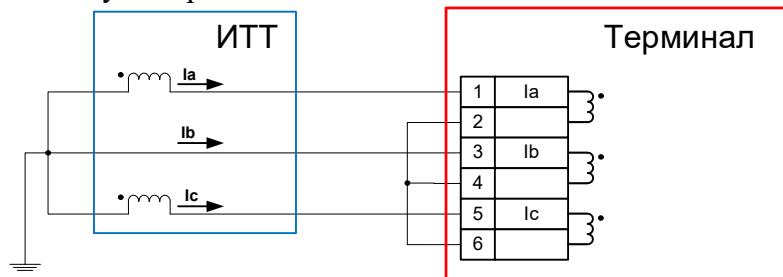


Рисунок 3 – Рекомендуемая схема подключения к ИТТ при «неполной звезде»

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 $I_{баз}$	Idто	от 300 до 3000 (шаг 1)	600
Начальный ток срабатывания ТХ, % от $I_{баз}$	Idнач	от 20 до 100 (шаг 1)	30

<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
Начальный ток срабатывания ТХ в режиме загрузления, % от $I_{баз}$	Iдзагр	от 20 до 1000 (шаг 1)	30
Начальный ток торможения второго участка ТХ, % от $I_{баз}$	Iторм2	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 $I_{баз}$	Iторм3	от 120 до 1000 (шаг 1)	300
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 четвертого 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
Выход канала фазы В (0 – нет, 1 – да)	NвыводB	–	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 ( $2 I_{\text{сраб}}$ ) составляет не более 25 мс.

1.2.1.6 Время возврата ДТО при сбросе тока от пятикратного тока срабатывания ( $5 I_{\text{сраб}}$ ) 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  $10 I_{\text{раб}}$  составляет не более 40 мс.

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

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

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

## 1.2.2 Газовая защита (ГЗ)

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

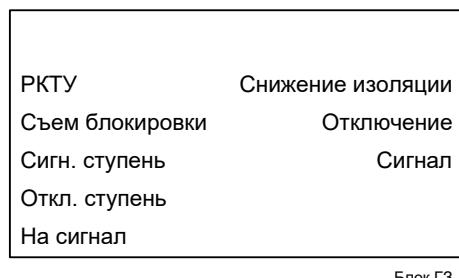


Рисунок 4 – Функциональный блок ГЗ

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 газовой защиты на отключение
Сигнал	Сигнализация о запрете отключения от ГЗ

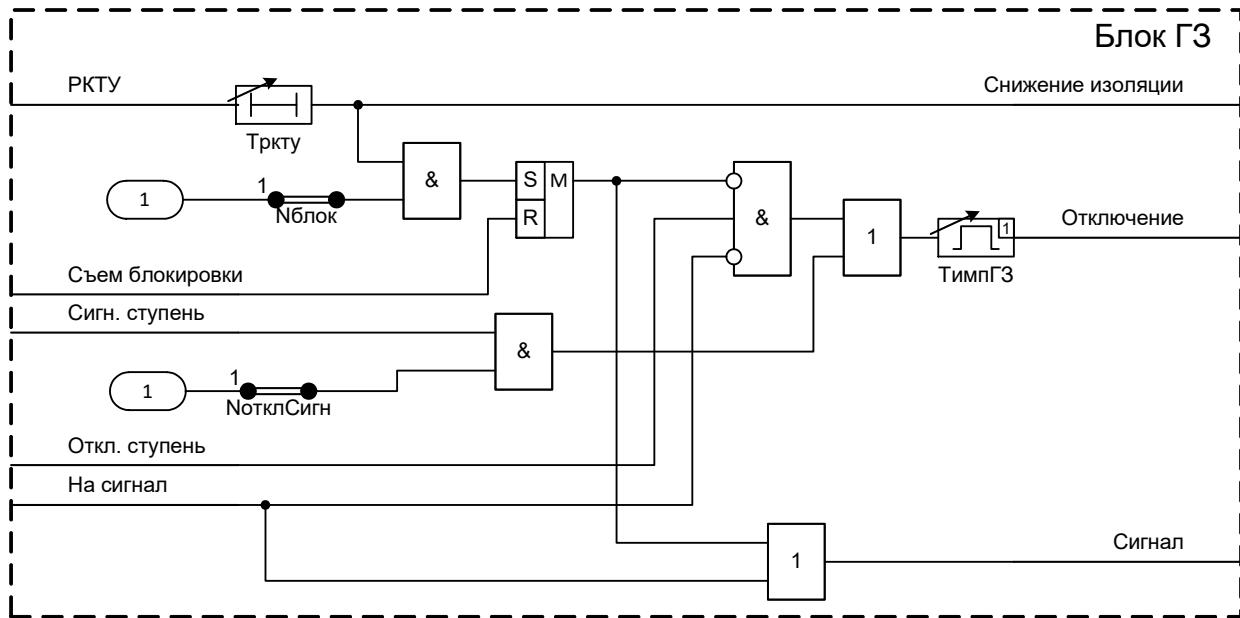


Рисунок 5 – Реализация программного модуля ГЗ

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.

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 съем блокировки ГЗ. Автоматический запрет действия отключающей ступени ГЗ может быть введен с помощью программной накладки «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 накладки «NotклСигн», 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)	NotклСигн	–	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 Максимальная токовая защита (МТЗ)

#### 1.2.3.1 Принцип работы

Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 6, его реализация приведена на рисунке 7.

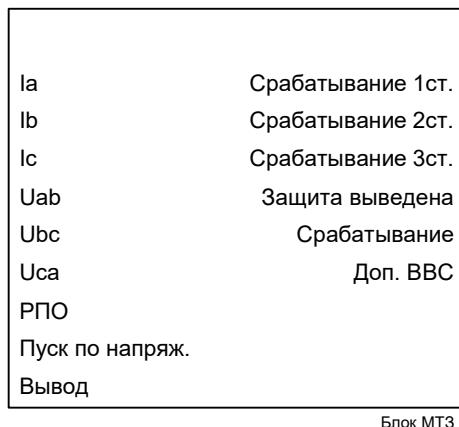


Рисунок 6 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

<b>Аналоговые входы</b>	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Uab, Ubc, Uca	Междудфазные напряжения АВ, ВС, СА
<b>Аналоговые выходы</b>	
Отсутствуют	
<b>Логические входы</b>	
PPO	Сигнал отключенного состояния выключателя
Пуск по напряж.	Пуск по напряжению
Вывод	Вывод защиты в целом
<b>Логические выходы</b>	
Срабатывание 1ст.	Срабатывание первой ступени
Срабатывание 2ст.	Срабатывание второй ступени
Срабатывание 3ст.	Срабатывание третьей ступени
Защита выведена	Сигнализация о выводе защиты
Срабатывание	Срабатывание
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, время ввода которого регулируется уставкой «Туск». 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 ко 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 «**Nст3U**», позволяющей выполнить ступень с пуском по напряжению либо без него.

Контроль направления протекания мощности КЗ осуществляется тремя ИО направления мощности,ключенными по девяностоградусной схеме. Каналы фаз А, В, С используются 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 «**Ннапр3**», позволяющей выбрать направление контроля мощности, а также вывести из работы ОНМ.

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

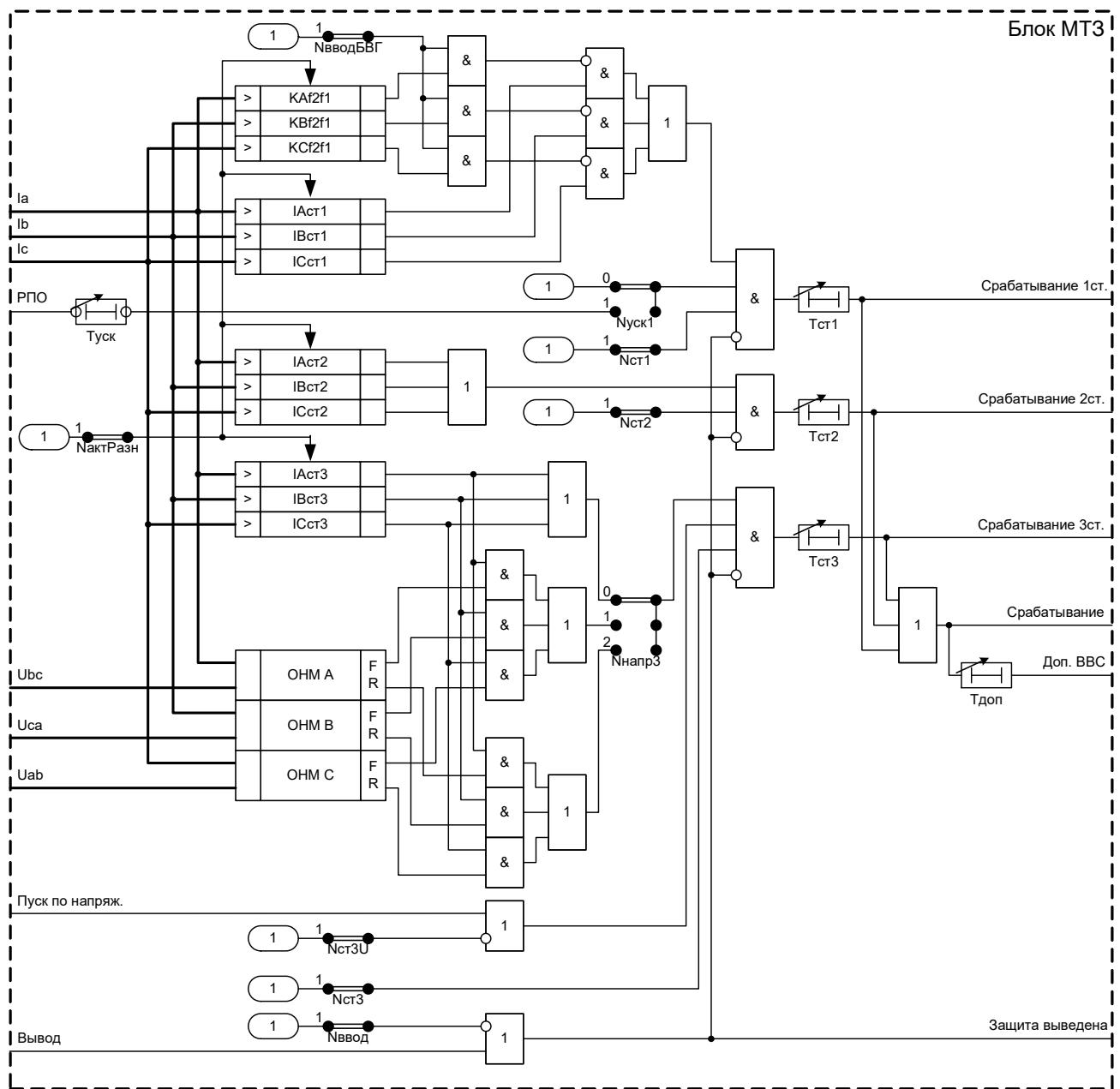


Рисунок 7 – Реализация программного модуля МТЗ

Время срабатывания ступеней регулируется уставками «**Tct1**», «**Tct2**», «**Tct3**».

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

Ступени вводятся в работу программными накладками «**Nct1**», «**Nct2**», «**Nct3**».

Предусмотрена возможность вывода из работы модуля МТЗ посредством программной накладки «**Nввод**» или входным сигналом «**Выход**».

Таблица 6 – 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 $I_{\text{ном}}$	Iст1	от 20 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания второй ступени, % от $I_{\text{ном}}$	Iст2	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания третьей ступени, % от $I_{\text{ном}}$	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)	Нуск1	–	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
BBC первой ступени, мс	Тст1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
BBC второй ступени, мс	Тст2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
BBC третьей ступени, мс	Тст3	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Дополнительная BBC, мс	Тдоп	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Время ввода автоматического ускорения, мс	Туск	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

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

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

1.2.3.4 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  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.3.5 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.

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

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

1.2.3.8 Время срабатывания ИО тока не превышает 30 мс при подаче двукратного тока срабатывания ( $2 I_{\text{срab}}$ ).

1.2.3.9 Время возврата ИО тока при сбросе тока от  $10 I_{\text{срab}}$  до нуля не превышает 35 мс.

1.2.3.10 Время срабатывания ОНМ при одновременной подаче токов  $3 I_{\text{срab}}$  и напряжений  $3 U_{\text{срab}}$  не превышает 35 мс.

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

#### 1.2.4 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

##### 1.2.4.1 Принцип работы

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

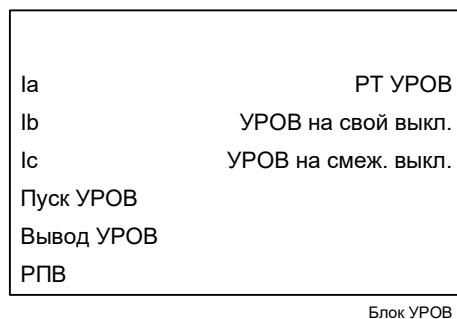


Рисунок 8 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 7 – 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
Выход УРОВ	Выход функции
РПВ	Сигнал включеного 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

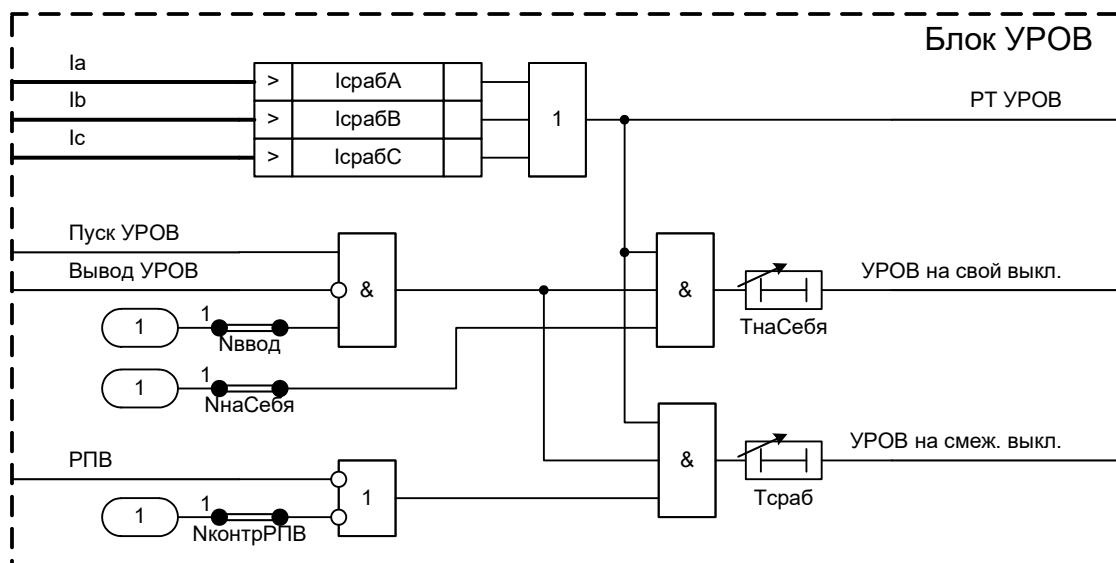


Рисунок 9 – Реализация программного модуля УРОВ

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 «**Исраб**».

УРОВ может быть введено в работу программной накладкой «**Nввод**». УРОВ может быть выведено внешним сигналом «**Выход 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 «**Tсраб**». Выдержка времени срабатывания УРОВ на повторное отключение своего выключателя задается уставкой «**TнаСебя**».

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

Действие УРОВ на свой выключатель может быть введено при помощи накладки «**NнаСебя**».

Таблица 8 – Уставки УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение
Ток срабатывания реле тока УРОВ, % от $I_{\text{ном}}$	Исраб	от 4 до 100 (шаг 1)	
Работа функции УРОВ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПВ	–	
Действие УРОВ на свой выключатель (0 – нет, 1 – да)	NнаСебя	–	
Выдержка времени на срабатывание УРОВ, мс	Tсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени на повторное отключение выключателя, мс	TнаСебя	от 0 до 30000 (шаг 1)	

1.2.4.2 Средняя основная погрешность всех токовых ИО УРОВ не превышает  $\pm 3\%$  от уставки.

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

1.2.4.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО УРОВ 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 Коеффициент возврата ИО УРОВ не менее 0,9.

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

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

1.2.4.8 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  $I_{\text{ном}}$ .

### 1.2.5 Комбинированный пуск по напряжению (КПН)

#### 1.2.5.1 Принцип работы

Функциональный блок КПН приведен на рисунке 10, реализация блока приведена на рисунке 11.

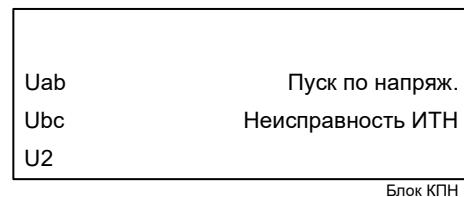


Рисунок 10 – Функциональный блок КПН

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока КПН

Аналоговые входы	
Uab	Междудфазное напряжение АВ
Ubc	Междудфазное напряжение ВС
U2	Напряжение обратной последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
Пуск по напряж.	Превышение допустимого уровня обратной последовательности или снижение ниже допустимого хотя бы одного линейного напряжения
Неисправность ИТН	Неисправность измерительного трансформатора напряжения

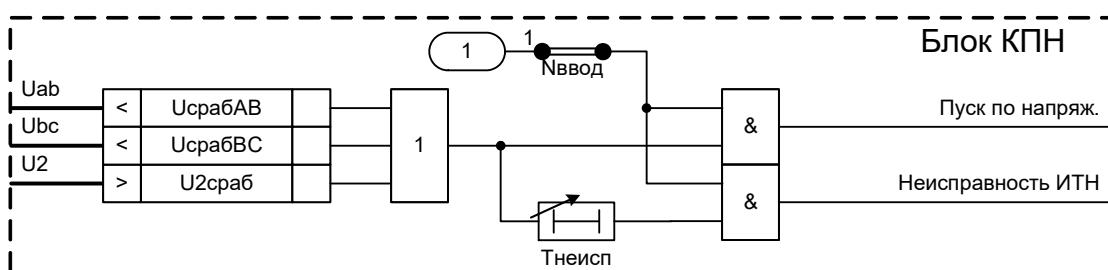


Рисунок 11 – Реализация программного модуля КПН

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 «Tнеисп».

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

Таблица 10 – 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)	Nввод	–	1
ВВС сигнализации о неисправности ИТН, мс	Tнеисп	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

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

1.2.5.3 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  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

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

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

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

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

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

1.2.5.9 Время возврата ИО минимального напряжения при подаче напряжения скачком от нуля до  $2 U_{раб}$  не превышает 35 мс.

## 1.2.6 Реле тока (РТ)

### 1.2.6.1 Принцип работы

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

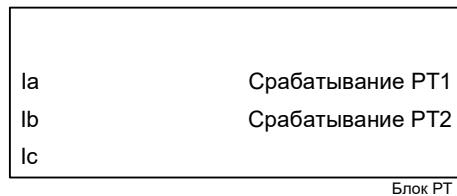


Рисунок 12 – Функциональный блок РТ

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока РТ

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

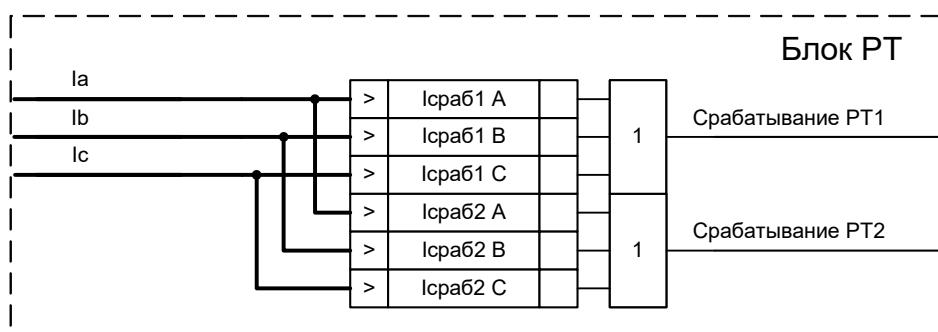


Рисунок 13 – Реализация программного модуля РТ

РТ содержит две ступени по три ИО, которые подключены на ток соответствующей фазы.  
Уровни срабатывания ступеней регулируются уставками «Iст1», «Iст2».

Таблица 12 – Уставки РТ

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

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 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  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.6.4 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.

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

1.2.6.6 Время срабатывания ИО тока не превышает 30 мс при подаче двухкратного тока срабатывания ( $2 I_{раб}$ ).

1.2.6.7 Время возврата ИО тока при сбросе тока от 10  $I_{раб}$  до нуля не превышает 35 мс.

### 1.2.7 Сигнализация замыкания на землю (C33)

#### 1.2.7.1 Принцип работы

Функциональный блок С33 приведен на рисунке 14, реализация функции приведена на рисунке 15.



Рисунок 14 – Функциональный блок С33

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока С33

Аналоговые входы	
3U0	Утроенное напряжение нулевой последовательности
U2	Напряжение обратной последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
3U0сзз	Срабатывание ИО нулевой последовательности
С33	Срабатывание С33
U2сзз	Срабатывание ИО обратной последовательности

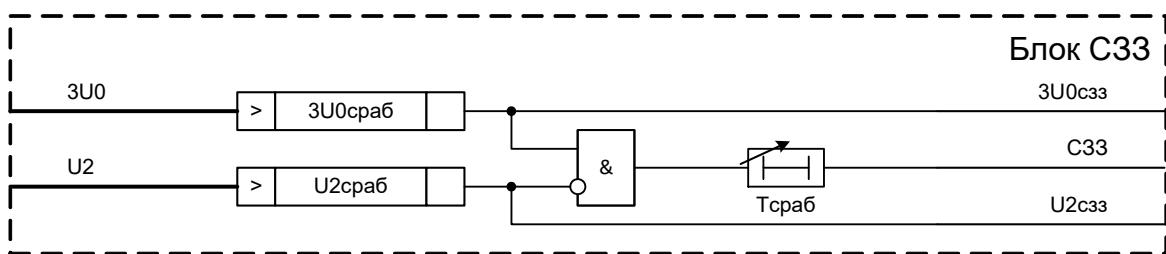


Рисунок 15 – Реализация программного модуля С33

С33 содержит ИО максимального напряжения нулевой и обратной последовательности. Уровень срабатывания ИО максимального напряжения нулевой последовательности регулируется уставкой «3U0макс», а обратной последовательности – уставкой «U2макс».

С33 срабатывает при обнаружении повышенного напряжения нулевой последовательности при одновременном отсутствии напряжения обратной последовательности.

Контроль отсутствия напряжения обратной последовательности используется для исключения излишнего срабатывания С33 при неисправности ИТН. Время срабатывания С33 регулируется уставкой «Тсраб».

Таблица 14 – Уставки С33

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания ИО максимального напряжения нулевой последовательности, % от $U_{\text{ном}}$	3U0макс	от 5 до 50 (шаг 1)	10
Напряжение срабатывания ИО максимального напряжения обратной последовательности, % от $U_{\text{ном}}$	U2макс	от 5 до 50 (шаг 1)	10
ВВС сигнализации при замыкании на землю, мс	Тсраб	от 0 до 30000 (шаг 1)	5000

1.2.7.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального напряжения составляет не более  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.7.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определённого при температуре  $(20 \pm 5)$  °C.

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

1.2.7.5 Коеффициент возврата ИО максимального напряжения составляет не менее 0,9.

1.2.7.6 Время срабатывания ИО максимального напряжения не превышает 30 мс при подаче напряжения скачком от нуля до  $2 U_{\text{раб}}$ .

1.2.7.7 Время возврата ИО максимального напряжения при сбросе напряжения от  $2 U_{\text{раб}}$  до нуля не превышает 35 мс.

1.2.8 Контроль отсутствия напряжения и пуск пожаротушения (КОН и пуск ПЖТ)

1.2.8.1 Принцип работы

Функциональный блок КОН и пуск ПЖТ приведен на рисунке 16, реализация функции приведена на рисунке 17.

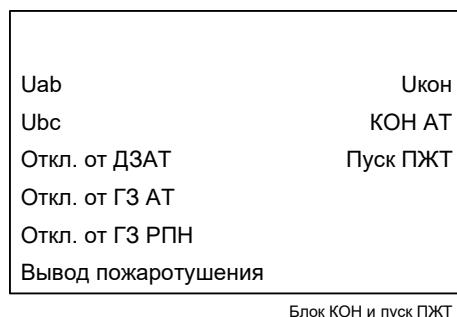


Рисунок 16 – Функциональный блок КОН и пуск ПЖТ

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока КОН и пуск ПЖТ

Аналоговые входы	
Uab	Междудофазное напряжение АВ
Ubc	Междудофазное напряжение ВС
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Откл. от ДЗАТ	Сигнал отключения от функции ДЗАТ
Откл. от ГЗ АТ	Сигнал отключения от функции газовой защиты АТ
Откл. от ГЗ РПН	Сигнал отключения от функции газовой защиты РПН
Вывод пожаротушения	Вывод функции пожаротушения
Логические выходы	
Икон	Срабатывание ИО функции контроля отсутствия напряжения
КОН АТ	Срабатывание функции контроля отсутствия напряжения
Пуск ПЖТ	Срабатывание функции пожаротушения

В составе терминала предусмотрен блок КОН, предназначенный для использования в схемах пожаротушения и др. Блок содержит два ИО минимального линейного напряжения, объединенных по логике «И». Уровень срабатывания ИО минимального напряжения регулируется уставкой «Умин».

В составе терминала предусмотрена логика пуска пожаротушения от защит АТ. Работа схемы пожаротушения разрешается только после отключения АТ. Пожаротушение может быть выведено внешним сигналом «Выход пожаротушения».

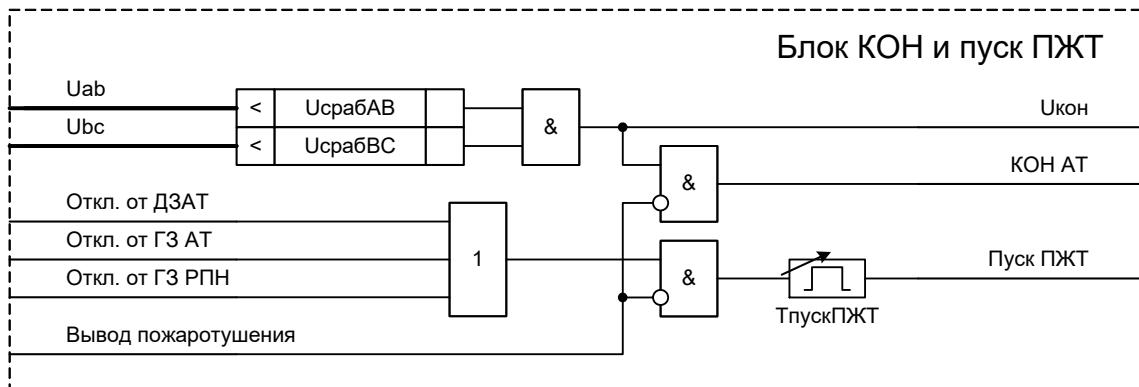


Рисунок 17 – Реализация программного модуля КОН и пуска ПЖТ

Таблица 16 – Уставки КОН и пуска ПЖТ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания ИО минимального линейного напряжения, % от $U_{ном}$	$U_{мин}$	от 5 до 100 (шаг 1)	50
ВВИ на пуск пожаротушения, мс	$T_{пускПЖТ}$	от 0 до 30000 (шаг 1)	250

1.2.8.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО минимального напряжения составляет не более  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

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

1.2.8.4 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО 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.

1.2.8.5 Коэффициент возврата ИО минимального напряжения составляет не более 1,1.

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

1.2.8.7 Время возврата ИО минимального напряжения при подаче напряжения скачком от нуля до 2  $U_{сраб}$  не превышает 35 мс.

### 1.2.9 Фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП)

Функциональный блок ФНОП приведен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Функциональный блок ФНОП

Таблица 17 – Входы и выходы функционального блока ФНОП

Аналоговые входы	
$U_{ab}$ , $U_{bc}$	Междудфазные 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

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

#### 1.2.10 Фильтр тока обратной и нулевой последовательностей (ФТОНП)

Функциональный блок ФТОНП приведен на рисунке 19.

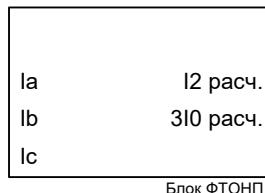


Рисунок 19 – Функциональный блок ФТОНП

Таблица 18 – 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

$$\begin{aligned}\underline{I}_{2\text{расч}} &= \frac{1}{3} (\underline{I}_a + \underline{I}_b e^{j4\pi/3} + \underline{I}_c e^{j2\pi/3}), \\ 3\underline{I}_{0\text{расч}} &= \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c.\end{aligned}$$

#### 1.2.11 Расчет токов общей обмотки

Функциональный блок расчета токов ОО приведен на рисунке 20.

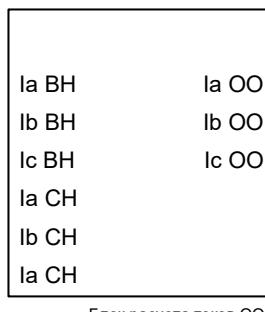


Рисунок 20 – Функциональный блок расчета токов ОО

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока расчета токов ОО

<b>Аналоговые входы</b>	
Ia BH, Ib BH, Ic BH	Токи фаз А, В, С стороны ВН
Ia CH, Ib CH, Ic CH	Токи фаз А, В, С стороны СН
<b>Аналоговые выходы</b>	

Ia ОО, Ib ОО, Ic ОО	Токи фаз А, В, С общей обмотки
<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	Отсутствуют

Блок расчета токов ОО предназначен для расчета величин токов общей обмотки по данным токам стороны ВН и СН по формуле

$$I_{\text{OO}} = I_{\text{ВН}} \cdot 1,0 + I_{\text{СН}} \cdot k_2,$$

$$k_2 = \frac{I_{\text{перв,СН}}}{I_{\text{втор,СН}}} \cdot \frac{I_{\text{втор,ВН}}}{I_{\text{перв,ВН}}},$$

где  $I_{\text{OO}}$  – ток общей обмотки автотрансформатора, А;

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

$I_{\text{СН}}$  – ток стороны СН автотрансформатора, А;

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

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

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

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

$I_{\text{перв,СН}}$  – номинальный первичный ток высоковольтного ИТТ стороны СН, 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 описания проверки функции дифференциальной защиты.

Описания остальных функций защит приведены в АИПБ.656467.966-08.52Х 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:

- схема соединения токовых цепей для каждой стороны;
- коэффициент 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 TX ф.А», «Пуск TX ф.В», «Пуск TX ф.С»).

Проверку уставки «**Днач**» 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 «**Днач**»;

- 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 «**Дтг**» 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 «**Лдт0**»;

- 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 ( $I_{\text{торм},k}$ );

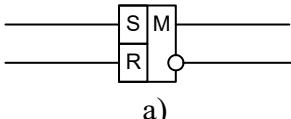
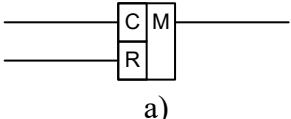
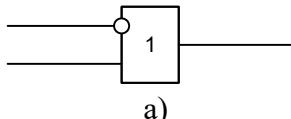
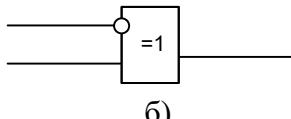
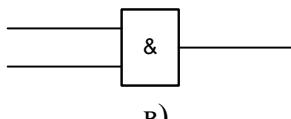
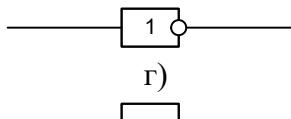
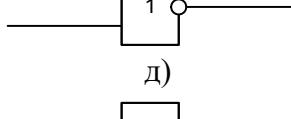
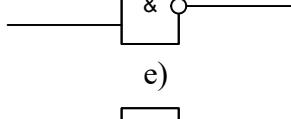
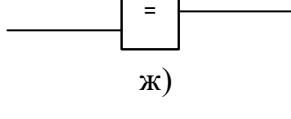
- снижением уровня минимального из токов плеч добиться срабатывания выходного реле терминала «Контрольный выход». Модуль векторной суммы токов плеч с учетом компенсации групп соединения и цифрового выравнивания соответствует  $k$ -ой точке срабатывания ( $I_{\text{торм},k}; I_{\text{диф,сраб},k}$ ) тормозной 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
 а)	<p>«Триггер», в котором: S – вход установки; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память.</p> <p>Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный).</p> <p>Пример: а) RS-триггер с запоминанием, с приоритетом на сброс и двумя выходами</p>
 а)	<p>«Счетчик», в котором: С – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика.</p> <p>Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный)</p> <p>Пример: а) счетчик с запоминанием</p>
 а)   б)   в)   г)   д)   е)   ж)	<p>«Логический элемент» имеет от 1 до 16 входов и один выход, каждый из которых может быть инвертирован.</p> <p>Обозначения логических операций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– логическое «И» (&amp;);</li> <li>– логическое «ИЛИ» (1);</li> <li>– равно (=).</li> </ul> <p>Примеры:</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>г) элемент логического «НЕ», или инвертор. Если входной сигнал имеет уровень логического нуля, то выходной сигнал – логическая единица, и наоборот;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>ж) элемент равенства. Выходной сигнал равен логической единице, если входные сигналы равны</p>

Обозначение	Полное название
 а)  б)   в)	<p>Программная накладка выбора режима работы. Применяются три варианта условного графического изображения элемента:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) на рисунках а) и б) положение накладки определяет путь прохождения сигнала;</li> <li>2) на рисунке в) значение накладки логическая единица определяет ввод сигнала. При выводе накладки на схему подается логический нуль.</li> </ol> <p>Буквенное обозначение накладки – Н.</p> <p>Примечание – Обозначения положений накладок: 0 – нет, 1 – да</p>
 а)   б)   в)   г)   д)	<p>«Выдержка времени» применяется для обозначения в схеме таймеров. Элемент может быть с фиксированным или задаваемым пользователем значением.</p> <p>Разновидности: элемент с задержкой на срабатывание, с задержкой на возврат, формирования импульса, ограничения минимальной длительности.</p> <p>Примеры:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>элемент времени<sup>1)</sup> на срабатывание. Задержка «Тоткл» регулируется;</li> <li>элемент времени с фиксированной задержкой на срабатывание;</li> <li>элемент времени на возврат. Задержка «Тоткл» регулируется;</li> <li>элемент формирования импульса. Задержка «Тоткл» регулируется;</li> <li>элемент ограничения минимальной длительности сигнала. Задержка «Тоткл» регулируется.</li> </ol> <p>Буквенное обозначение элемента времени – Т.</p> <p>Примечание – Над элементом «Выдержка времени» указывается значение выдержки времени, под элементом – позиционное обозначение</p>
1) элемент времени, выдержка времени, таймер	
 Iсраб   ФУНК.БЛОК Вход 1      Выход 1 Вход 2      Выход 2 Тип блока а)	<p>«Измерительный орган» по типу может быть максимального (&gt;), минимального (&lt;) действия. Для ИО с однозначным или неопределенным типом действия (РНМ) тип действия может не задаваться.</p> <p>Пример: ИО минимального действия, где Iсраб – наименование ИО</p>
 БК по току dI1      Сраб. БКт dI2      БК I чув. БК I груб. БК I б)	<p>«Функциональный блок» используется для обозначения на схеме блоков (рисунок а), функциональность которых пояснена в сопроводительной эксплуатационной документации.</p> <p>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> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>1</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>12</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>13</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
<b>2</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>3</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>14</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>15</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
<b>4</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>5</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>16</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>17</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
<b>6</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>7</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>18</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>19</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
<b>8</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>9</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>20</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>21</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
<b>10</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>11</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>22</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<b>23</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$				
		<b>24</b> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$					

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

Уставка схемы соединения токовый 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.

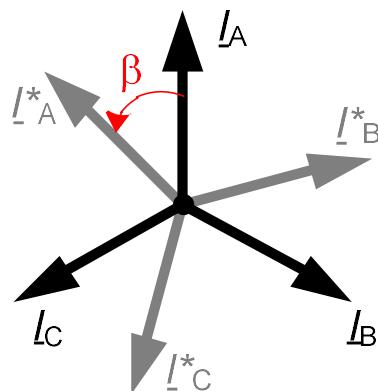


Рисунок Б.1 – Геометрическая интерпретация значений уставки «Схемак»

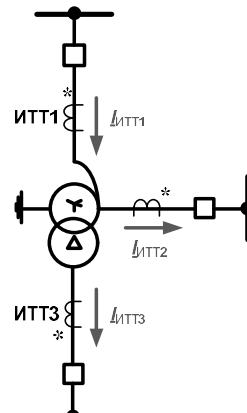
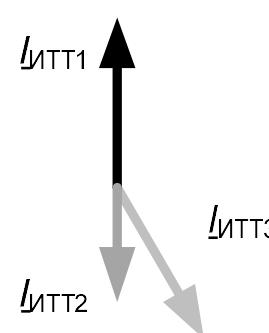
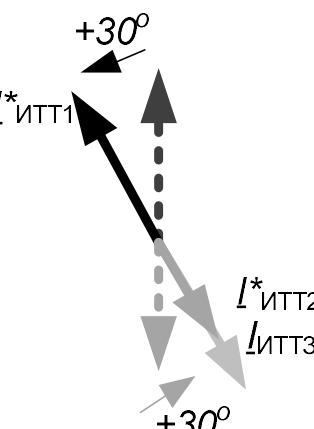
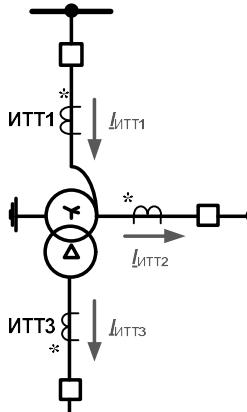
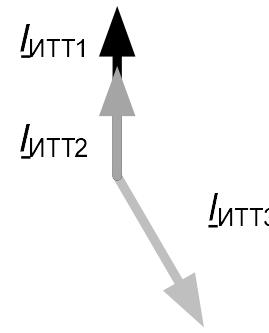
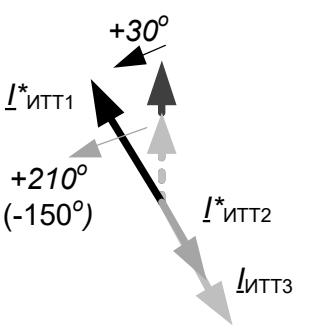
Таблица Б.2 – Геометрическая интерпретация значений уставки «Схемак»

Значение угла $\beta$ (положительное направление отсчета – против часовой стрелки), градус	Исключение составляющей тока нулевой последовательности из фазных токов	
	Требуется	Отсутствует
0	$\text{«Схемак»} = 12$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	$\text{«Схемак»} = 0$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+30	$\text{«Схемак»} = 11$ или $\text{«Схемак»} = 23$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+60	$\text{«Схемак»} = 10$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	$\text{«Схемак»} = 22$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+90	$\text{«Схемак»} = 9$ или $\text{«Схемак»} = 21$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+120	$\text{«Схемак»} = 20$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	$\text{«Схемак»} = 8$ $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$

Значение угла $\beta$ (положительное направление отсчета – против часовой стрелки), градус	Исключение составляющей тока нулевой последовательности из фазных токов	
	Требуется	Отсутствует
+150	<p>«Схема k» = 7 или «Схема k» = 19</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+180	<p>«Схема k» = 18</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схема k» = 6</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+210 (-150)	<p>«Схема k» = 5 или «Схема k» = 17</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+240 (-120)	<p>«Схема k» = 16</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схема k» = 4</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+270 (-90)	<p>«Схема k» = 3 или «Схема k» = 15</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	
+300 (-60)	<p>«Схема k» = 14</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	<p>«Схема k» = 2</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$
+330 (-30)	<p>«Схема k» = 1 или «Схема k» = 13</p> $\begin{bmatrix} i_{n,A} \\ i_{n,B} \\ i_{n,C} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$	

В случае, когда требуется вывести плечо ДТЗ из работы (исключить из расчета дифференциального тока), следует для данного плеча задать уставку «Схема k» 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)	
1	<p>Y<sub>h</sub>/D-0-11 Все ИТТ включены встречно</p> 		11	11	0	
2	<p>Y<sub>h</sub>/D-0-11 ИТТ1 и ИТТ3: встречно ИТТ1 и ИТТ2: согласно</p> 		11	5	0	

№	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)	
3	<p>Y<sub>h</sub>/D-0-11 Все ИТТ включены встречно. ИТТ3 встроены в «треугольник»</p>		0	0	0	

## Список сокращений

АВР	– автоматический ввод резерва;
АПВ	– автоматическое повторное включение;
АТ	– автотрансформатор;
БВГ	– блокировка по второй гармонике;
ВВИ	– выдержка времени импульсная;
BBC	– выдержка времени на срабатывание;
ВН	– высшее напряжение;
ГЗ	– газовая защита;
ДТЗ	– дифференциальная токовая защита;
ИО	– измерительный орган;
ИТН	– измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ	– измерительный трансформатор тока;
КЗ	– короткое замыкание;
КИТЦ	– контроль исправности токовых цепей;
КОН	– контроль отсутствия напряжения;
КПН	– комбинированный пуск по напряжению;
ЛРТ	– линейный регулировочный трансформатор;
МТЗ	– максимальная токовая защита;
НН	– низшее напряжение;
ОО	– общая обмотка;
ПЗУ	– постоянное запоминающее устройство;
РКТУ	– реле контроля тока утечки;
РПВ	– реле положения «Включено»;
РПН	– регулирование под нагрузкой;
РПО	– реле положения «Отключено»;
РТ	– реле тока;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
СЗЗ	– сигнализация при замыкании на землю;
СН	– среднее напряжение;
TX	– тормозная характеристика;
УРОВ	– устройство резервирования отказа выключателя;
ФНОП	– фильтр напряжения обратной последовательности;
ФТОНП	– фильтр токов обратной и нулевой последовательностей.

## Лист регистрации изменений