

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Центра применения  
продукции  
ООО «ИЦ «Бреслер»

\_\_\_\_\_ В.А. Ефремов

«   » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ТЕРМИНАЛ ПРОДОЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
ЛИНИЙ 110-220 кВ  
ТИПА «ТОР 300 ДЗЛ 52Х»  
(прежнее обозначение «ТЛ 2605.52Х»)**

**Руководство по эксплуатации. Описание функций защит  
АИПБ.656122.011-014 РЭ2**

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Описание и работа .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Назначение .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Функции устройства.....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Продольная дифференциальная токовая защита линии .....	6
1.2.2 Определение КЗ в ЛЭП.....	13
1.2.3 Дистанционная защита.....	16
1.2.4 Токовая направленная защита нулевой последовательности .....	36
1.2.5 Токовая отсечка .....	48
1.2.6 Максимальная токовая защита.....	50
1.2.7 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току .....	51
1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения .....	54
1.2.9 Блокировка при длительном отсутствии напряжения .....	58
1.2.10 Защита от обрыва токоведущих проводников.....	59
1.2.11 Функция резервирования при отказе выключателя .....	60
1.2.12 Модуль отключения выключателя.....	62
1.2.13 Узел фиксации положения выключателя .....	63
<b>2 Рекомендации по проверке .....</b>	<b>65</b>
<b>2.1 Общие указания .....</b>	<b>65</b>
<b>2.2 Меры по безопасности.....</b>	<b>65</b>
<b>2.3 Подготовка к работе и ввод в эксплуатацию .....</b>	<b>65</b>
2.3.1 Настройка, диагностика и проверка каналов связи.....	65
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А – Элементы функциональных логических схем .....</b>	<b>72</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток разомкнутого треугольника .....</b>	<b>74</b>

## Введение

**До изучения настоящего руководства по эксплуатации терминал не включать!**

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) распространяется на терминалы защиты присоединений и их выключателей типа «ТОР 300 ДЗЛ 52Х», именуемые далее «устройства» или «терминалы», и содержит необходимые сведения по 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.

Настоящее РЭ разработано в соответствии с требованиями технических условий устройства защиты ТУ 3433-024-54080722-2012.

Надежность и долговечность устройства 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.

Сокращения, используемые в тексте:

АПВ	автоматическое повторное включение
<b>АУ</b>	автоматическое ускорение (ускорение при включении)
АРПТ	автоматическая разгрузка при перегрузке по току
БК I	токовая блокировка при качаниях
БК Z	блокировка при качаниях по замеру сопротивления
БНН	блокировка при неисправности цепей напряжения
БНТ	бросок намагничивающего тока
ВВВ	выдержка времени на возврат
ВВС	выдержка времени на возврат
ВЛ	воздушная линия электропередачи
<b>ВОЛС</b>	волоконно-оптическая линия связи
ВЧ	высокочастотная (связь)
ВЧТО	высокочастотное телеотключение
ДЗ	дистанционная защита
ДЗЛ	продольная дифференциальная защита
ДЗШ	дифференциальная защита шин
ДТО	дифференциальная токовая отсечка
ЗОП	защита от обрыва проводника
ИО	измерительный орган
ИЧМ	интерфейс «человек – машина» (дисплей)
КЗ	короткое замыкание
КСЗ	комплект ступенчатых защит
Лок	локальный (в месте установки защиты)
ЛЭП	линия электропередачи
МТЗ	максимальная токовая защита
ОВ	обходной выключатель
ОКП	общий критерий повреждения
ОН	отбор напряжения
ОСШ	обходная система шин
ОУ	оперативное ускорение

РНМНП	реле направления мощности нулевой последовательности
РНМОП	реле направления мощности обратной последовательности
РПВ	реле положения включено
РПО	реле положения отключено
РС	реле сопротивления
РТ	реле тока (измерительный орган тока)
РЭ	руководство по эксплуатации
ТН	трансформатор напряжения
ТНЗНП	токовая направленная защита нулевой последовательности
ТО	токовая отсечка
ТТ	трансформатор тока
Уд	удаленный (передаваемый с другого конца линии)
УРОВ	устройство резервирования отказа выключателя
ФОС	фильтр ортогональных составляющих
ЦСПИ	цифровая среда передачи информации
ШОН	шкаф отбора напряжения
ШСВ	шиносоединительный выключатель
ЭМВ	электромагнит включения
ЭМО	электромагнит отключения

## 1 Описание и работа

### 1.1 Назначение

1.1.1 Устройства защиты типа «ТОР 300 ДЗЛ 52Х» предназначены для выполнения следующих функций (рисунок 1):

- продольная дифференциальная защита линий 110-220 кВ и КСЗ с одним выключателем на присоединение (ТОР 300 ДЗЛ 521);
- продольная дифференциальная защита линий 110-220 кВ и КСЗ с переводом на ОВ (ТОР 300 ДЗЛ 522);
- продольная дифференциальная защита линий 110-220 кВ и КСЗ с двумя выключателями на присоединение типа (ТОР 300 ДЗЛ 524);
- продольная дифференциальная защита линий 110-220 кВ и КСЗ с ремонтной перемычкой (ТОР 300 ДЗЛ 526).

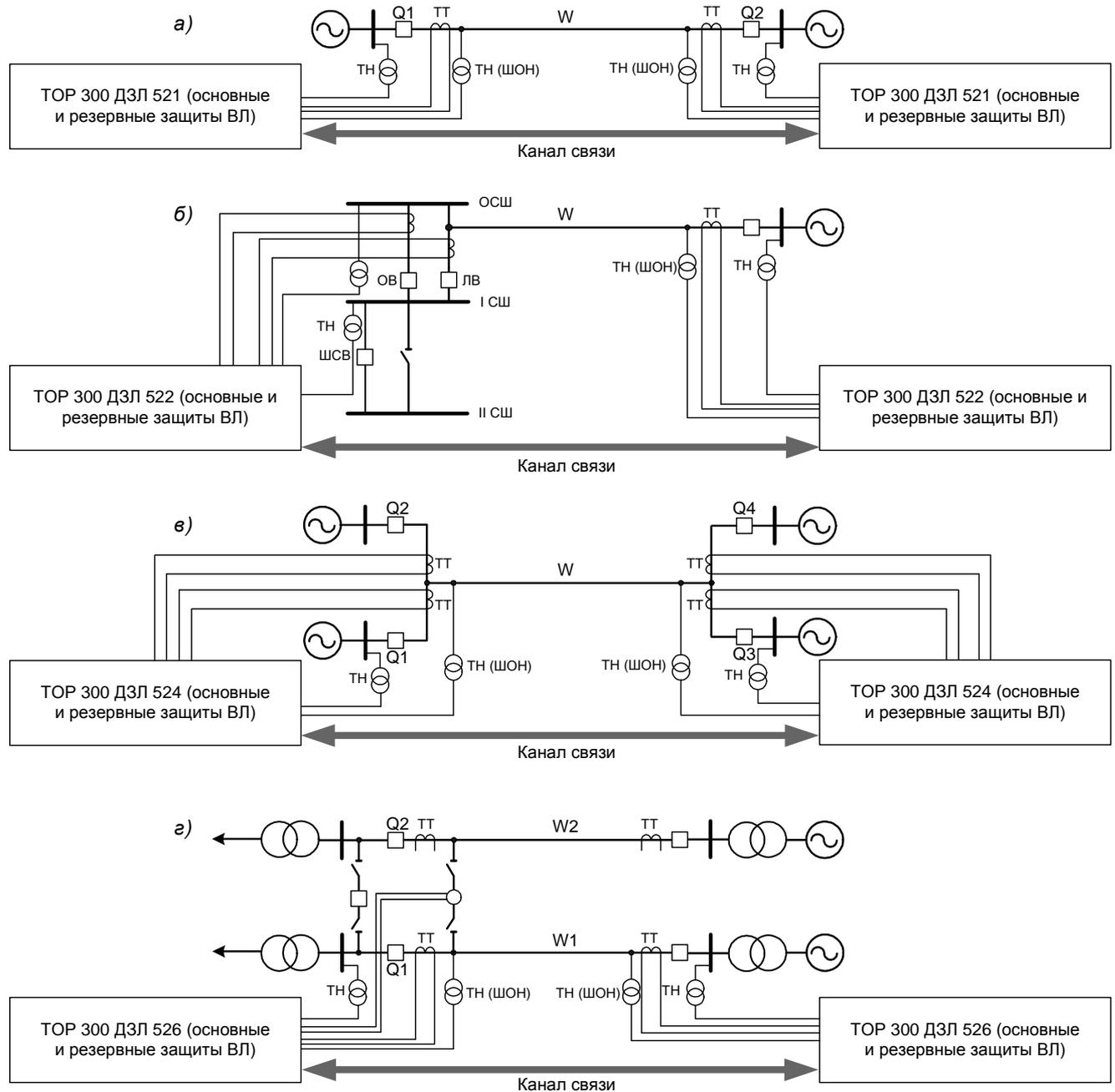


Рисунок 1 – Применение устройств защиты и автоматики серии «ТОР 300 ДЗЛ 52Х»

1.1.2 Полнофункциональное устройство может содержать:

- продольную дифференциальную токовую защиту линии (ДЗЛ);
- три ступени дистанционной защиты (ДЗ) от междуфазных и земляных замыканий с логикой высокочастотного телеотключения (ВЧТО) и ВЧ-блокировки;

- четыре ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП) с логикой ВЧТО и ВЧ-блокировки;
- алгоритмы ускорения ДЗ и ТНЗНП и телеотключения по каналам связи с защитой на противоположном конце линии;
- токовую отсечку (ТО);
- ненаправленную максимальную токовую защиту (МТЗ);
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту от обрыва токоведущих проводников (ЗОП);
- функцию резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- автоматическую разгрузку при перегрузке по току (АРПТ).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

1.1.3 Защиты в составе устройства обеспечивают селективное отключение в зоне их действия при всех видах КЗ на защищаемом объекте и на резервируемых участках электрической сети.

## 1.2 Функции устройства

Защита состоит из набора функциональных блоков (ДЗЛ, ДЗ, ТНЗНП и других), работа каждого из которых задается при помощи уставок ИО, программных накладок и таймеров.

### 1.2.1 Продольная дифференциальная токовая защита линии

ДЗЛ реализует основную защиту линии с абсолютной селективностью. Каждое устройство содержит один полукомплект продольной дифференциальной токовой защиты.

#### 1.2.1.1 Принцип действия ДЗЛ

Функциональный блок продольной ДЗЛ представлен на рисунке 2.

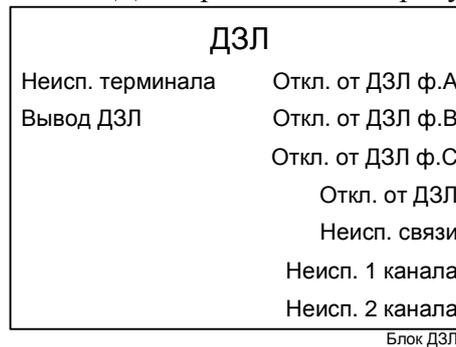


Рисунок 2 – Функциональный блок ДЗЛ

Таблица 1 – Входы и выходы функционального блока ДЗЛ

Логические входы	
Неисп. терминала	Сигнал неисправности терминала для вывода ДЗЛ
Вывод ДЗЛ	Вывод ДЗЛ из работы
Логические выходы	
Откл. от ДЗЛ ф.А	Отключение фазы А от ДЗЛ
Откл. от ДЗЛ ф.В	Отключение фазы В от ДЗЛ
Откл. от ДЗЛ ф.С	Отключение фазы С от ДЗЛ
Откл. от ДЗЛ	Отключение от ДЗЛ
Неисп. связи	Неисправность связи
Неисп. 1 канала	Неисправность первого канала связи
Неисп. 2 канала	Неисправность второго канала связи

ДЗЛ обеспечивает селективное отключение линии со всех сторон при всех видах внутренних КЗ и не срабатывает при всех видах внешних КЗ. ДЗЛ не срабатывает излишне при качаниях и асинхронном ходе на линии электропередачи. Принцип действия защиты основан на выявлении дифференциального тока в каждой фазе линии путем сравнения токов, измеренных на ее концах. Каждое устройство производит сравнение замера фазных токов своего конца линии (локальных токов) и замеров, полученных от удаленного терминала, по

величине и по фазе. При выполнении необходимых условий (превышение дифференциальным током параметра срабатывания и недостаточного уровня тормозного тока) формируются сигналы пофазного отключения («Откл. от ДЗЛ ф.А», «Откл. от ДЗЛ ф.В», «Откл. от ДЗЛ ф.С»), которые по «ИЛИ» формируют сигнал «Откл. от ДЗЛ».

Сравнение осуществляется для синхронизированных по времени данных, что позволяет исключить влияние задержки в канале связи ДЗЛ на чувствительность защиты. Устройство реализует постоянный контроль параметров каналов связи. В случае обнаружения сбоев или неисправности одного из каналов связи защита переключается на другой канал, формируются сигналы «Неисп. 1 канала» и «Неисп. 2 канала» соответственно. При полной потере связи с удаленным терминалом ДЗЛ блокируется до восстановления исправного состояния хотя бы одного из каналов связи, на это время сигнал «Неисп. связи» переходит в активное состояние. Обеспечивается автоматическое восстановление обмена данными между полуккомплектами при восстановлении работоспособности каналов связи.

ДЗЛ реализована с использованием чувствительных ИО (дифференциальный ИО с торможением) и грубых ИО (дифференциальная токовая отсечка), установленных на фазные токи каждой линии.

ДЗЛ выводится из работы сигналом «Вывод ДЗЛ», а также при появлении сигнала «Неисп. терминала».

### 1.2.1.2 Цифровое выравнивание токов

Для уменьшения небаланса в дифференциальной цепи, который может быть вызван возможным неравенством коэффициентов трансформации ТТ, установленных по концам линии, предусмотрено цифровое выравнивание. Для этого используется коэффициент согласования трансформаторов тока. Коэффициенты согласования  $K_{\text{соглЛок}}$  и  $K_{\text{соглУд}}$  выбираются на этапе расчета уставок по формулам

$$K_{\text{соглЛок}} = I_{\text{баз}} / I_{\text{ТТ ном первЛок}};$$

$$K_{\text{соглУд}} = I_{\text{баз}} / I_{\text{ТТ ном первУд}};$$

где  $I_{\text{баз}}$  – первичный базисный ток, принимаемый равным минимальному номинальному первичному току трансформаторов тока, используемых в полуккомплектах ДЗЛ;

$I_{\text{ТТ ном первЛок}}$  – номинальный первичный ток трансформатора тока своего конца ЛЭП;

$I_{\text{ТТ ном первУд}}$  – номинальный первичный ток трансформатора тока удаленного конца ЛЭП.

Величина базисного тока одинаковая для всех полуккомплектов одной ДЗЛ. Коэффициенты согласования для локального и удаленного токов задаются уставками « $K_{\text{соглЛок}}$ » и « $K_{\text{соглУд}}$ » соответственно.

Приведение токов к базисному выполняется по следующему выражению

$$I_{\text{ф*Лок}} = \frac{I_{\text{ф втор}} \cdot I_{\text{ТТ ном перв Лок}}}{I_{\text{ТТ ном втор Лок}} \cdot I_{\text{баз}}} = K_{\text{ТТ Лок}} \cdot \frac{I_{\text{ф втор}}}{I_{\text{баз}}};$$

$$I_{\text{ф*Уд}} = \frac{I_{\text{ф втор}} \cdot I_{\text{ТТ ном перв Уд}}}{I_{\text{ТТ ном втор Уд}} \cdot I_{\text{баз}}} = K_{\text{ТТ Уд}} \cdot \frac{I_{\text{ф втор}}}{I_{\text{баз}}},$$

где  $I_{\text{ф*}}$  – измеренный ток фазы в относительных единицах (приведенный к  $I_{\text{баз}}$ );

$I_{\text{ф втор}}$  – измеренное значение вторичного тока этой же фазы локального или удаленного, соответственно  $I_{\text{ф*}}$ ;

$I_{\text{ТТ ном втор Лок}}$  – номинальный вторичный ток трансформатора тока данного конца;

$I_{\text{ТТ ном втор Уд}}$  – номинальный вторичный ток трансформатора тока удаленного конца.

Коэффициенты согласования используются для расчетов только продольной ДЗЛ, они не влияют на другие защиты в устройстве.

### 1.2.1.3 Дифференциальный ИО с торможением

Чувствительный ИО предназначен для отключения линии при всех видах внутренних КЗ, сопровождающихся появлением дифференциального тока. При внешних КЗ также возможно появление дифференциального тока вследствие насыщения измерительных преобразователей тока защиты. Для исключения срабатывания ДЗЛ при внешних КЗ чувствительный ИО

выполняется с направленным торможением, т.е. величина срабатывания по дифференциальному току изменяется в зависимости от величины расчетного тормозного тока. Вид характеристики срабатывания, состоящей из двух линейных участков, представлен на рисунке 3. В данной характеристике предусмотрена возможность изменения начального тока срабатывания (уставка «**ИдифНач**»), коэффициента торможения (уставка «**Кторм**»), начального тормозного тока (уставка «**ИтормНач**»).

Дифференциальный ток  $I_{\text{диф}}$  рассчитывается для каждой фазы отдельно как векторная сумма токов соответствующей фазы полукомплектов ДЗЛ с учетом цифрового выравнивания

$$I_{\text{диф}} = I_1 + I_2,$$

где  $I_1$  и  $I_2$  – векторы токов по концам ЛЭП, выраженные в относительных единицах в соответствии с 1.2.1.2.

Входной ток, равный току с максимальным модулем, выходной и тормозной токи рассчитываются следующим образом

$$I_{\text{вх}} = \begin{cases} I_1, & \text{при } I_1 > I_2, \\ I_2, & \text{при } I_1 \leq I_2, \end{cases}$$

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{вх}} - I_{\text{диф}},$$

$$I_{\text{торм}} = \begin{cases} 0, & \text{при } 90^\circ \leq \varphi \leq 270^\circ, \\ \sqrt{I_{\text{вх}} I_{\text{вых}} \cos \varphi}, & \text{при } -90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ, \end{cases}$$

где  $\varphi$  – угол между входным  $I_{\text{вх}}$  и выходным  $I_{\text{вых}}$  токами.

Характеристика срабатывания ИО с торможением, показанная на рисунке 3, строится в координатах модулей токов  $I_{\text{диф}}$  и  $I_{\text{торм}}$ .

Погрешность измерения дифференциального тока составляет не более 5,0 % от входного тока. Погрешность работы по тормозной характеристике составляет не более 1,5 % от уставки срабатывания.

Предусмотрен ИО сигнализации о высоком уровне дифференциального тока «**ИдифСигн**».

1.2.1.3.1 Среднее время срабатывания защиты с нулевой задержкой в канале связи составляет 30 мс. Длинные линии связи и мультиплексорное оборудование могут вносить дополнительную задержку при передаче информации. Это влечет увеличение времени срабатывания на величину вносимой задержки.

1.2.1.3.2 Максимальное время срабатывания защиты с нулевой задержкой в канале связи не превышает 45 мс.



Рисунок 3 – Характеристики срабатывания ДЗЛ

#### 1.2.1.4 Дифференциальная токовая отсечка

Дифференциальная токовая отсечка (ДТО) предназначена для быстрого отключения КЗ, сопровождающихся большими дифференциальными токами. ДТО реагирует на величину расчетного дифференциального тока и выполнена без торможения. Она предназначена для быстрого отключения повреждений с большим током КЗ (рисунок 3).

1.2.1.4.1 Средняя основная погрешность ИО ДТО по току срабатывания составляет не более  $\pm 3\%$  от уставки или  $\pm 5\%$  от номинальной величины.

1.2.1.4.2 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО ДТО при изменении температуры в рабочем диапазоне не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

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

1.2.1.4.4 Коэффициент возврата ИО ДТО составляет не менее 0,9.

1.2.1.4.5 Время срабатывания ИО ДТО при нулевых задержках в канале связи не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  и не превышает 40 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на 20 % ( $1,2 I_{\text{сраб}}$ ).

1.2.1.4.6 Время возврата ИО ДТО при сбросе трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более 30 мс.

Таблица 2 – Уставки продольной дифференциальной защиты линии

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания дифференциальной токовой отсечки, о.е.	Идто	от 5 до 250 (шаг 0,01)	10
Начальный дифференциальный ток срабатывания, о.е.	ИдифНач	от 0,2 до 10 (шаг 0,01)	0,2
Начальный тормозной ток, о.е.	ИтормНач	от 0 до 5 (шаг 0,01)	0,5
Дифференциальный ток сигнализации, о.е.	ИдифСигн	от 0 до 1 (шаг 0,01)	0,1
Коэффициент торможения, о.е.	Кторм	от 0,1 до 0,9 (шаг 0,01)	0,6
Коэффициент согласования токов локальный, о.е.	КсоглЛок	от 0,05 до 1 (шаг 0,001)	1
Коэффициент согласования токов удаленный, о.е.	КсоглУд	от 0,05 до 1 (шаг 0,001)	1
Синхронизация первого канала связи (0 – внешняя, 1 – внутренняя)	НсинхрКнл1	–	1
Синхронизация второго канала связи (0 – внешняя, 1 – внутренняя)	НсинхрКнл2	–	1
Ввод в работу первого канала связи (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводКнл1	–	1
Ввод в работу второго канала связи (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводКнл2	–	1
Компенсация несимметричной задержки в первом канале связи, мс	Ткомп1	от -10 до 10 (шаг 0,001)	0
Компенсация несимметричной задержки во втором канале связи, мс	Ткомп2	от -10 до 10 (шаг 0,001)	0
Адрес локального терминала	МадрЛок	от 0 до 255 (шаг 1)	
Адрес удаленного терминала	МадрУд	от 0 до 255 (шаг 1)	

### 1.2.1.5 Описание работы устройства с использованием каналов связи

Полукомплекты ДЗЛ устанавливаются на концах защищаемой линии. Между устройствами налаживают каналы цифровой связи для обмена данными. Терминалы обеспечивают параллельную работу по двум каналам связи с постоянным резервированием. Связь может быть обеспечена как при помощи выделенных оптических линий связи между устройствами, так и с использованием цифровой среды передачи информации (ЦСПИ) – сетей с мультиплексорным оборудованием.

Наиболее предпочтительной является связь при помощи выделенных линий связи по двум каналам, схемы организации которой приведены на рисунках 4, 6. Допускается работа одного канала по выделенной линии связи, а другого – по ЦСПИ, как показано на рисунках 5, 7, 8, а также работа по одному каналу. Наименее предпочтителен (но допустим) вариант работы ДЗЛ при организации двух каналов ДЗЛ с использованием ЦСПИ как на рисунке 9.

В случае работы по ЦСПИ предпочтительна работа каналов связи по фиксированным маршрутам. Этим обеспечивается стабильность соединения и известное поведение каналов связи в случае их обрывов.

При работе терминалов по ЦСПИ канал связи должен обеспечивать необходимую минимальную скорость передачи данных. Для модификаций защиты «ТОР 300 ДЗЛ 521» и «ТОР 300 ДЗЛ 522» минимальная пропускная способность канала связи должна быть не менее 64 кбит/с. Для модификаций защиты «ТОР 300 ДЗЛ 524» и «ТОР 300 ДЗЛ 526» должен быть обеспечен канал связи не менее 128 кбит/с. Максимальная допустимая задержка в мультиплексированном канале связи – 35 мс. Несимметричная задержка в канале связи между терминалами может быть компенсирована уставкой, однако данный режим работы ДЗЛ не рекомендуется. Работа по мультиплексированному каналу предполагает как непосредственное подключение терминала к мультиплексору, поддерживающему данный стандарт, так и использование дополнительных преобразователей протокола (например, С37.94/Е1).

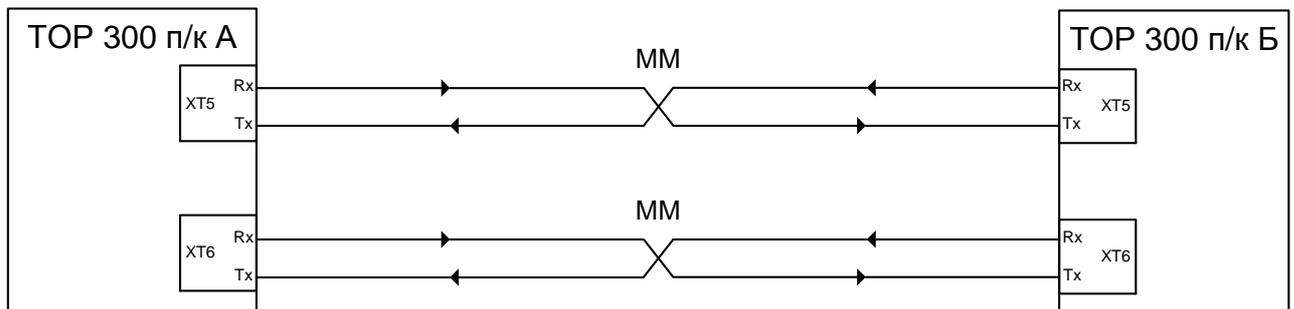


Рисунок 4 – Организация связи по двум выделенным оптическим каналам связи по многомодовым волокнам (прямое подключение терминалов)

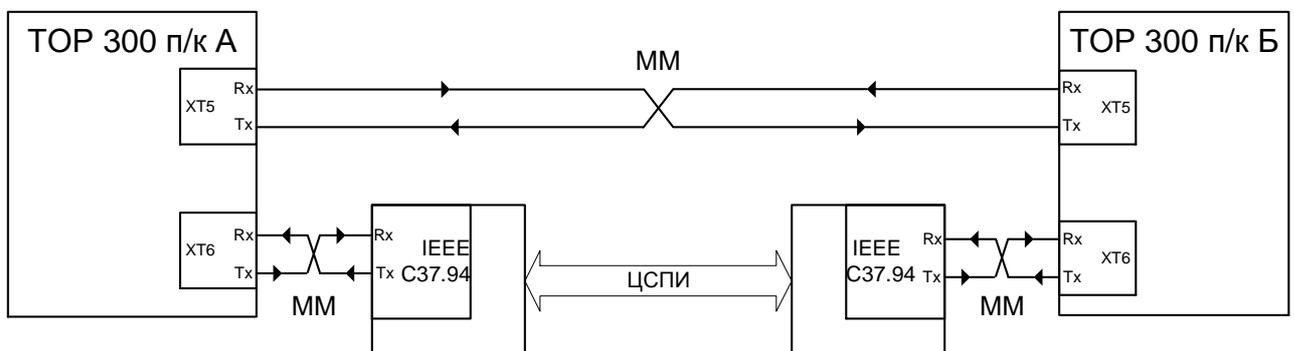


Рисунок 5 – Организация связи по одному выделенному и одному мультиплексированному (прямое подключение к мультиплексору) каналам связи

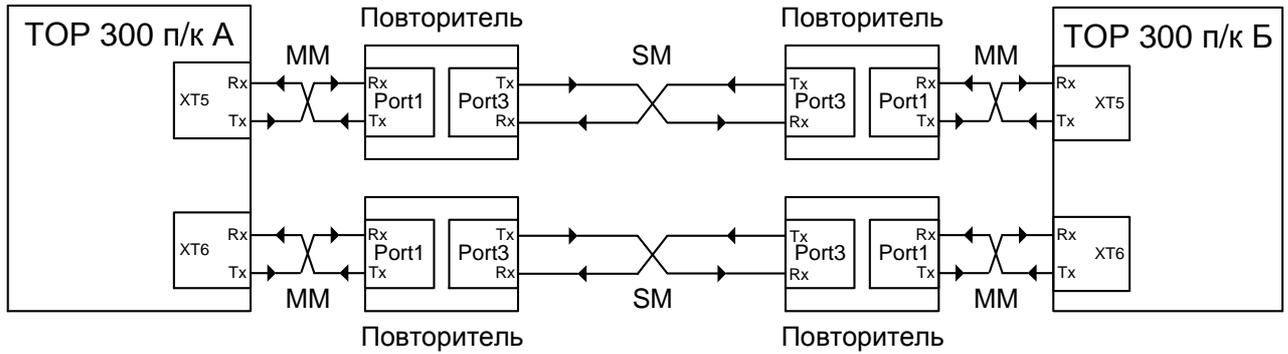


Рисунок 6 – Организация связи по двум выделенным оптическим каналам связи с использованием повторителей

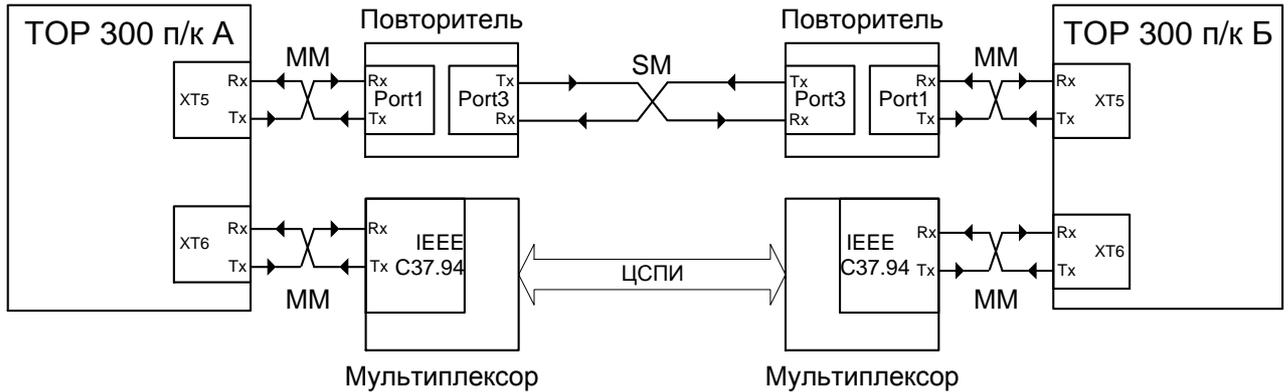


Рисунок 7 – Организация связи по одному выделенному и одному мультиплексированному (прямое подключение к мультиплексору) каналам связи

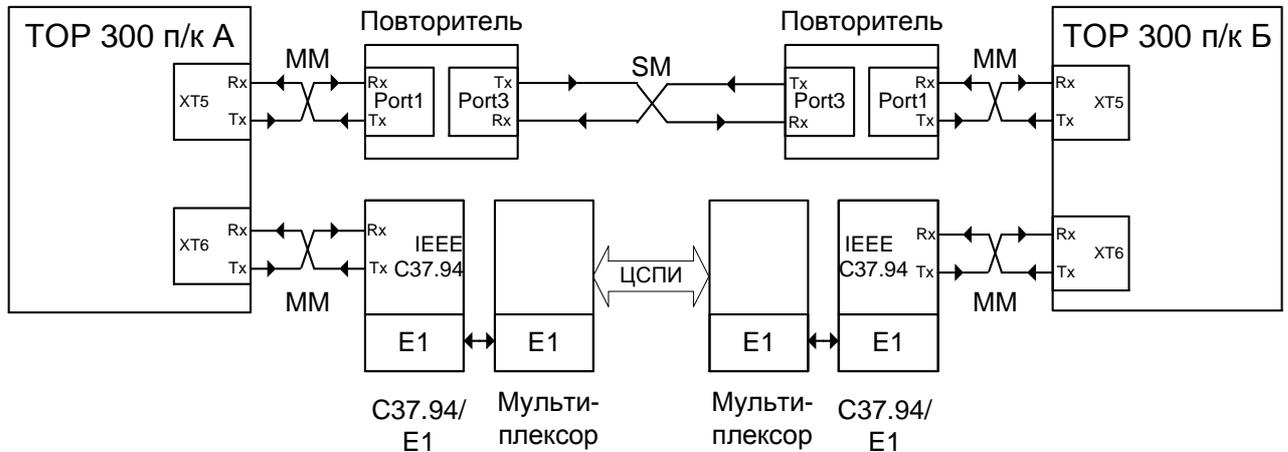


Рисунок 8 – Организация связи по одному выделенному и одному мультиплексированному (подключение к мультиплексору через преобразователь) каналам связи

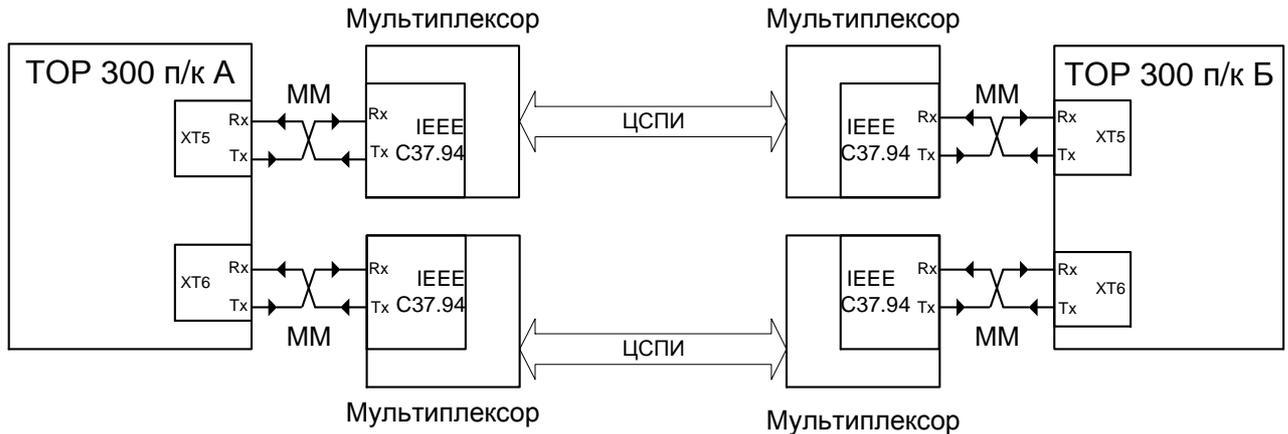


Рисунок 9 – Организация связи по двум мультиплексированным (прямое подключение к мультиплексору) каналам связи

Независимо от варианта связи порты связи терминалов ДЗЛ всегда работают с использованием стандарта IEEE C37.94 (C37.94-2002 - IEEE Standard for N Times 64 Kilobit Per Second Optical Fiber Interfaces Between Teleprotection and Multiplexer Equipment), описывающего взаимодействие терминалов и мультиплексорного оборудования. Стандарт определяет физический интерфейс, скорость передачи и способ кодирования информации.

При использовании специализированных оптических усилителей (не входят в состав терминала) связь по выделенному каналу может осуществляться на расстояние до 170 км.

#### 1.2.1.6 Настройка связи между терминалами

Терминалы имеют два типа настроек: параметры адресации полукомплектов и параметры каждого из каналов связи.

Адресация терминалов предотвращает неправильное соединение терминалов между собой, когда из-за неправильной конфигурации сети связи (особенно касается ЦСПИ) могут быть получены данные несоответствующего удаленного терминала. Настраиваемые параметры:

- «**МадрЛок**» задает адрес локального терминала в сети связи и предназначен для идентификации терминала противоположным полукомплектom.
- «**МадрУд**» задает адрес удаленного терминала в сети связи, от которого поступают данные. Параметр предназначен для идентификации локальным терминалом данных от противоположного удаленного полукомплекта.

Рекомендуется каждому терминалу задавать собственный уникальный адрес в общей сети.

Параметры портов связи позволяют производить независимую настройку каждого из портов под конкретную конфигурацию каналов связи. Список настроек портов приведен ниже.

Для ввода/вывода портов связи ДЗЛ используется параметр «**НвводКнл1**» и «**НвводКнл2**» соответственно первого и второго канала связи. Если порт связи не используется, то параметр должен иметь значение «выведен», иначе диагностика связи будет автоматически формировать событие о неисправности порта связи.

Параметры «**НсинхрКнл1**», «**НсинхрКнл2**» задают тип синхронизации передаваемых по портам связи данных. В зависимости от вида канала связи значение параметра может быть различным. Если данный порт локального и удаленного терминалов подключен к выделенному оптическому каналу связи, то на одном из терминалов значение параметра синхронизации порта должно быть установлено как «внутренняя» (ведущий терминал), а у противоположного – «внешняя» (ведомый терминал). На быстроту срабатывания полукомплектов ДЗЛ этот параметр не влияет. Если данный порт локального и удаленного терминалов подключен через ЦСПИ (мультиплексоры), то значение параметра синхронизации на обоих терминалах должно быть выставлено как «внешняя».

Параметры компенсации несимметричной задержки «**Ткомп1**» и «**Ткомп2**» позволяют компенсировать асимметрию задержки в каждом канале связи, когда время передачи данных в

разные направления различно. Значение компенсации вычисляется как время передачи от удаленного терминала к локальному минус время передачи от локального терминала к удаленному. Компенсация несимметричной задержки применяется в мультиплексированных сетях, которые могут обладать свойством асимметрии, однако такая конфигурация ЦСПИ, когда передача и прием осуществляются по разным маршрутам, нежелательна.

## 1.2.2 Определение КЗ в ЛЭП

1.2.2.1 Для предотвращения ложного срабатывания ДЗЛ при КЗ за трансформатором ответвления на защищаемой линии в устройстве может быть предусмотрен блок определения КЗ в ЛЭП. Функциональный блок определения КЗ в линии представлен на рисунке 10. Логика работы блока определения КЗ в линии представлена на рисунке 11.

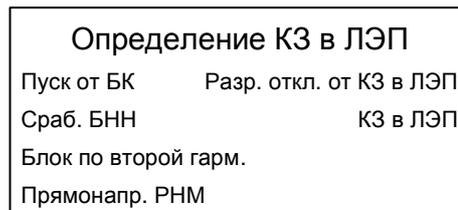


Рисунок 10 – Функциональный блок определения КЗ в ЛЭП

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока определения КЗ в ЛЭП

Логические входы	
Пуск от БК	Срабатывание блокировки при качаниях
Сраб. БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Блок. по второй гарм.	Срабатывание блокировки при БНТ
Прямонапр. РНМ	Срабатывание РНМ прямого направления
Логические выходы	
Разр. откл. от КЗ в ЛЭП	Разрешение отключения выключателя от модуля определения КЗ в ЛЭП
КЗ в ЛЭП	Срабатывание ИО определения КЗ в ЛЭП

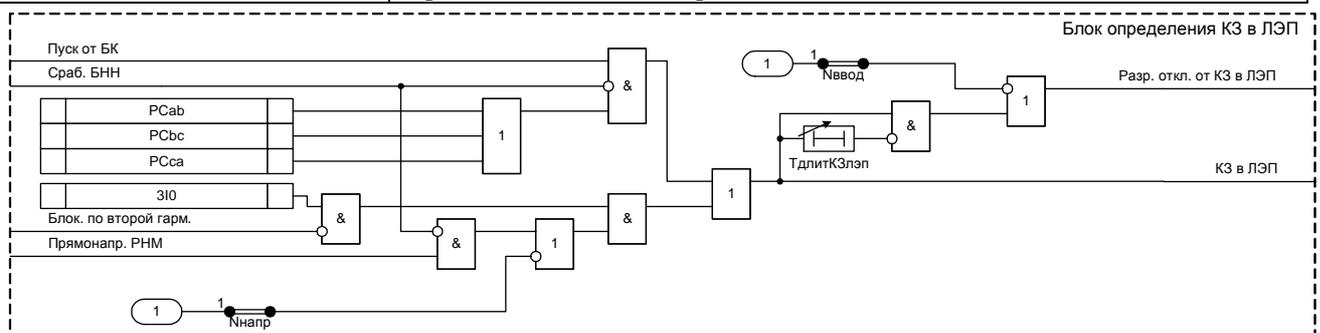
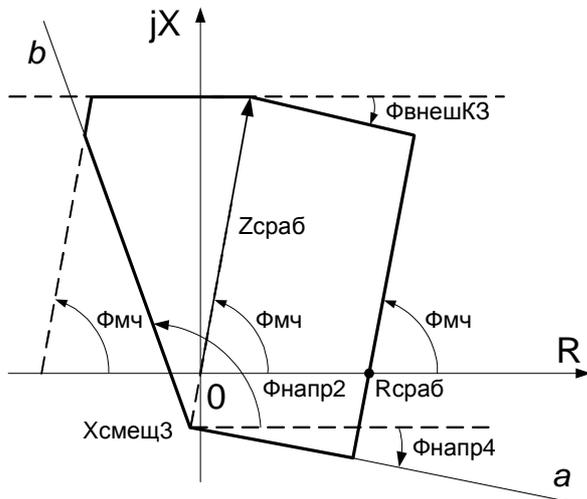


Рисунок 11 – Логика определения КЗ в ЛЭП

Основными ИО блока определения КЗ в ЛЭП являются ИО сопротивления «PCab», «PCbc» и «PCca», отстроенные от повреждений за трансформаторами ответвлений. ИО включены на междуфазные напряжения  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  и соответствующие им разности фазных токов. Характеристики срабатывания имеют шестиугольную форму (рисунок 12). Работа ДЗЛ оказывается заблокирована (нет сигнала «Разр. откл. от КЗ в ЛЭП»), если замер сопротивления не попадает в характеристику срабатывания, что соответствует замыканию вне контролируемой линии.



Zсраб – сопротивление срабатывания

Rсраб – активное сопротивление срабатывания

Xсмещ3 – смещение прямонаправленного ИО в 3-й квадрант по ЛМЧ

Фмч – угол максимальной чувствительности

ФвнешКЗ – угол отстройки от внешних замыканий

Фнапр2 – угол между положительной полуосью R и лучом характеристики во втором квадранте

Фнапр4 – угол между положительной полуосью R и лучом характеристики в четвертом квадранте

Рисунок 12 – Характеристика срабатывания РС отстройки от КЗ за ответвлениями

Совместно с ИО сопротивления на линиях с ответвлениями используется ИО тока нулевой последовательности с контролем направления мощности, позволяющим различить несимметричные замыкания на землю в зоне и «за спиной» защиты. ИО тока нулевой последовательности «3И0» блокируется при броске намагничивающего тока, который возникает в результате включения трансформатора ответвления.

Длительность сигнала «Разр. откл. от КЗ в ЛЭП» после срабатывания ограничивается уставкой «ТдлитКЗлэп».

Функция определения КЗ в линии может быть выведена при помощи программной накладки «Нввод». При выводе функции из работы ДЗЛ функционирует без контроля КЗ в ЛЭП.

В случае установки на ответвлении автотрансформаторов однофазные КЗ на линии неотличимы от замыканий за автотрансформатором по току нулевой последовательности. В этом случае, а также при большой мощности трансформаторов на ответвлении устанавливается дополнительный полукомплект ДЗЛ.

Таблица 4 – Уставки модуля определения КЗ в ЛЭП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности первой гармоники, % от $I_{ном}$	3И0f1	от 15 до 1000 (шаг 1)	100
Сопротивление срабатывания, Ом	Zсраб	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Активное сопротивление срабатывания, Ом	Rсраб	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	10
Расширение характеристики в третий квадрант, Ом(вт.)	Zрасш	от 0 до 15 (шаг 0,01)	5
Угол максимальной чувствительности, градус	Фмч	от 40 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних КЗ, градус	ФвнешКЗ	от -30 до 60 (шаг 1)	5
Угол между положительной полуосью R и лучом характеристики в четвертом квадранте, градус	Фнапр4	от 0 до 60 (шаг 1)	20
Угол между положительной полуосью R и лучом характеристики во втором квадранте, градус	Фнапр2	от 90 до 150 (шаг 1)	115

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль направления мощности нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	Nнапр	–	1
Работа модуля отстройки от КЗ за ответвлениями (0 – вывод, 1 – ввод)	Nввод	–	0
Длительность действия отключающих ИО при формировании сигнала «КЗ в ЛЭП», мс	ТдлитКЗлэп	от 10 до 10000 (шаг 1)	2000

1.2.2.2 Средняя основная погрешность порога срабатывания всех токовых ИО не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $5\%$  от номинальной величины.

1.2.2.3 Дополнительная погрешность порога срабатывания всех токовых ИО от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения параметров, измеренных при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.2.4 Дополнительная погрешность порога срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от  $0,98$  до  $1,02 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.2.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее  $0,9$ .

1.2.2.6 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает  $15$  мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  и не превышает  $40$  мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{\text{сраб}}$ ).

1.2.2.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля не более  $30$  мс.

1.2.2.8 Ток точной работы  $I_{\text{тр}}$  ИО сопротивления при действии на угле максимальной чувствительности не превышает  $5\%$  от  $I_{\text{ном}}$  во всем диапазоне уставок.

1.2.2.9 Средняя основная абсолютная погрешность ИО сопротивления по углам «Фмч», «ФвнешКЗ», «Фнапр4», «Фнапр2» характеристики срабатывания при токе КЗ, равном  $I_{\text{ном}}$  (или в зависимости от уставки меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного  $100$  В), не превышает  $\pm 5^\circ$ .

1.2.2.10 Дополнительная абсолютная погрешность ИО сопротивления по углам «Фмч», «ФвнешКЗ», «Фнапр4», «Фнапр2» от изменения тока КЗ в диапазоне от  $2 I_{\text{тр}}$  до  $30 I_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 7^\circ$  относительно значений, измеренных при  $I_{\text{ном}}$ .

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

1.2.2.12 Дополнительная погрешность ИО сопротивления при изменении частоты в диапазоне от  $0,98$  до  $1,02 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.2.13 Время срабатывания ИО сопротивления при работе на угле линии электропередачи, при токах КЗ не менее  $3 I_{\text{тр}}$  и скачкообразном уменьшении напряжения на входе ИО с напряжения, соответствующего сопротивлению на зажимах ИО не менее  $1,2 (X_{\text{сраб}}/\cos \varphi_{\text{мч}})$  до напряжения, соответствующего  $0,6 (X_{\text{сраб}}/\cos \varphi_{\text{мч}})$ , не превышает  $25$  мс.

1.2.2.14 Время возврата ИО сопротивления при работе на угле линии электропередачи, токах КЗ не менее  $3 I_{\text{тр}}$  и скачкообразном увеличении напряжения на входе ИО от напряжения, соответствующего сопротивлению на зажимах ИО  $0,1 (X_{\text{сраб}}/\cos \varphi_{\text{мч}})$  до напряжения, соответствующего  $1,2 (X_{\text{сраб}}/\cos \varphi_{\text{мч}})$  (но не более  $100$  В), не превышает  $50$  мс.

1.2.2.15 Коэффициент возврата ИО сопротивления, измеренный при угле максимальной чувствительности, не более  $1,1$ .

### 1.2.3 Дистанционная защита

ДЗ селективно **срабатывает** при всех видах замыканий в защищаемом объекте и на резервируемых элементах; **не срабатывает** при внешних замыканиях, неполнофазных режимах, реверсе мощности, качаниях, асинхронном режиме, несинхронных включениях и при оперативных переключениях, а также правильно функционирует в режиме опробования.

#### 1.2.3.1 Принцип действия ДЗ

ДЗ используется для защиты энергообъектов от междуфазных замыканий и замыканий на землю. Защита срабатывает при снижении замера сопротивления сети, т.е. по принципу действия является минимальной. Основными преимуществами ДЗ являются:

- в отсутствие каналов связи с устройством защиты противоположного конца обеспечивает надежную защиту определенной части защищаемого объекта при всех видах КЗ вне зависимости от режимов питающей системы;
- при наличии каналов связи с устройством защиты противоположного конца ЛЭП ДЗ позволяет реализовать функцию основной защиты ЛЭП от всех видов КЗ;
- ДЗ может применяться и как резервная защита для другого первичного оборудования сети (смежных линий).

Селективность защиты обеспечивается введением ступенчатых выдержек времени: все замыкания в пределах первой зоны (зона охвата первой ступени) отключаются с минимальным временем; замыкания в пределах II-III зоны – с большим временем; замыкания в пределах следующих зон (расширенные ступени) отключаются с наибольшим временем.

Измерительными органами защиты являются реле полного сопротивления. Первая ступень ДЗ включает три ИО сопротивления для однофазных замыканий на землю (контур «фаза-земля») и три ИО сопротивления для междуфазных замыканий (контур «фаза-фаза»); вторая и третья ступени включают три ИО сопротивления для междуфазных замыканий (контур «фаза-фаза»).

Первая ступень ДЗ имеет полностью независимые установочные параметры ИО «фаза-земля» и «фаза-фаза». Это является преимуществом в сетях сложной конфигурации и в тех сетях, где требуется согласовать вновь примененные функции ДЗ с уже существующим защитами (например, ТНЗНП). Направление действия каждой ступени задается уставками.

Функция ДЗ может стать дополнением для защит с абсолютной селективностью, например, дифференциально-фазной или направленной высокочастотной защиты линии. В этом случае ДЗ является основной защитой от повреждений между выключателями и трансформаторами тока на противоположном конце. Эта функциональная возможность достигается при помощи расширенной зоны охвата (обычно вторая ступень) с выдержкой времени, которая охватывает, по меньшей мере, смежную шину, и, таким образом, позволяет реализовать функцию резервной защиты шины.

Зона сокращенного охвата<sup>1</sup> может резервировать основную защиту энергообъекта. В этой функции нет необходимости, пока основная защита в работе. Чтобы уменьшить риск нежелательной работы зоны 1, эту функцию можно активизировать только тогда, когда основная защита выведена из работы.

#### 1.2.3.2 Общая логика работы ДЗ

Функциональный блок ДЗ представлен на рисунке 13.

---

<sup>1</sup> Под сокращенной зоной охвата понимается срабатывание защиты, не превышающее защищаемый объект; обычно она соответствует зоне охвата ступени 1.

ДЗ	
БНН	Откл. от 1ст.
Пуск ТНЗНП	Откл. от 2ст.
Ввод ОУ	Откл. от 3ст.
Пуск защит	Откл. от ДЗ
РПО	Напр. пуск ДЗ
Неисправность ВЧ	Уск. откл. ДЗ
Прием ВЧ-сигнала	Посыл ВЧТО ДЗ
Включение	Откл. ВЧТО ДЗ
Прямонапр. РНМОП	Шины обесточены
Обратнонапр. РНМОП	Сраб. БКт
Вывод ДЗ	

Блок ДЗ

Рисунок 13 – Функциональный блок ДЗ

ДЗ реализует следующие основные блоки:

- три ступени ДЗ, орган направленности;
- блокировку при качаниях по замеру тока, блокировку при качаниях по замеру сопротивления;
- модуль общего критерия повреждения по замеру тока, модуль общего критерия повреждения по замеру сопротивления;
- функциональный блок ускорения.

ДЗ может выводиться из работы сигналом «Вывод ДЗ».

### 1.2.3.3 Принцип формирования замера сопротивления ДЗ

Получение ортогональных составляющих измеренных величин (фазных токов и напряжений) осуществляется фильтром ортогональных составляющих (ФОС) на базе двухполупериодного фильтра Фурье. Далее эти величины используются для формирования замера ДЗ по каждому из контуров:

- для защиты от междуфазных замыканий

$$\underline{Z}_{AB} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})(\underline{U}_A - \underline{U}_B) + K_{\text{ПД}}(\underline{U}_{A,\text{предш}} - \underline{U}_{B,\text{предш}})}{\underline{I}_A - \underline{I}_B};$$

$$\underline{Z}_{BC} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})(\underline{U}_B - \underline{U}_C) + K_{\text{ПД}}(\underline{U}_{B,\text{предш}} - \underline{U}_{C,\text{предш}})}{\underline{I}_B - \underline{I}_C};$$

$$\underline{Z}_{CA} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})(\underline{U}_C - \underline{U}_A) + K_{\text{ПД}}(\underline{U}_{C,\text{предш}} - \underline{U}_{A,\text{предш}})}{\underline{I}_C - \underline{I}_A};$$

- для защиты от земляных замыканий

$$\underline{Z}_{A0} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})\underline{U}_A + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{A,\text{предш}}}{\underline{I}_A + 3\underline{I}_0 k_0};$$

$$\underline{Z}_{B0} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})\underline{U}_B + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{B,\text{предш}}}{\underline{I}_B + 3\underline{I}_0 k_0};$$

$$\underline{Z}_{C0} = \frac{(1 - K_{\text{ПД}})\underline{U}_C + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{C,\text{предш}}}{\underline{I}_C + 3\underline{I}_0 k_0}.$$

здесь  $K_{\text{ПД}}$  – коэффициент работы по памяти (принят 20 %). При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад). Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации  $\underline{k}_0 = K_0 e + j \cdot K_0 \text{im}$  (« $K_0 e$ » и « $K_0 \text{im}$ » изменяются в диапазоне от -3 до 3 о.е. с

шагом 0,001). Он позволяет получать эквивалентный (одинаковый при прочих равных замер сопротивления при однофазном, двухфазном и трехфазном металлических КЗ, а также при двойном замыкании на землю в различных точках энергообъекта (на участках с  $3I_0 \neq 0$ ). В общем случае для однородной линии коэффициент компенсации определяется по формуле  $k_0 = (Z_0 - Z_1) / (3Z_1)$ , где  $Z_1$  и  $Z_0$  – суммарные сопротивления прямой и нулевой последовательностей защищаемого объекта.

Таблица 5 – Общие уставки ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Коэффициент контура памяти по напряжению, %	Кпамяти	от 0 до 100 (шаг 1)	20
Действительная часть коэффициента компенсации током нулевой последовательности, о.е.	K0re	от -3 до 3 (шаг 0,001)	0
Мнимая часть коэффициента компенсации током нулевой последовательности, о.е.	K0im	от -3 до 3 (шаг 0,001)	0

#### 1.2.3.4 Принцип работы полигонального реле сопротивления ДЗ

1.2.3.4.1 Первая ступень ДЗ устройства содержит шесть ИО полного сопротивления (три фазных и три междуфазных); вторая и третья ступени содержат шесть ИО полного сопротивления (три междуфазных). Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления, показанная на рисунке 14, представляет собой многоугольник, который определяется координатами точек А, А1, В, С, С1, D. Она задается уставками «Zсраб», «Rсраб», «Фмч», «ФвнешКЗ».

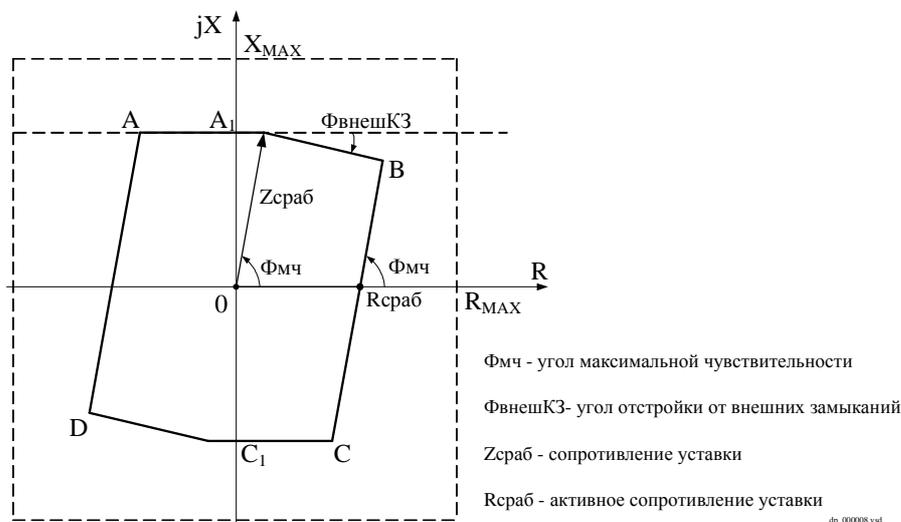


Рисунок 14 – Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления

Характеристики срабатывания ненаправленного ИО сопротивления для междуфазных и фазных контуров могут отличаться друг от друга и задаются независимо для каждой ступени.

Диапазон изменения параметров ненаправленного ИО сопротивления, определяется максимально возможными координатами вершин характеристики срабатывания: А( $R_A, X_A$ ), В( $R_B, X_B$ ), С( $R_C, X_C$ ), D( $R_D, X_D$ ). Все координаты точек, задающие характеристику срабатывания, должны находиться в следующих диапазонах:

$$-R_{MAX} < (R_A, R_B, R_C, R_D) < R_{MAX},$$

$$-X_{MAX} < (X_A, X_B, X_C, X_D) < X_{MAX}.$$

Максимальное значение зависит от исполнения токовых цепей:

$$R_{MAX} = 500 \text{ Ом/фазу}, X_{MAX} = 500 \text{ Ом/фазу} - \text{для } I_{НОМ} = 1 \text{ А},$$

$$R_{MAX} = 100 \text{ Ом/фазу}, X_{MAX} = 100 \text{ Ом/фазу} - \text{для } I_{НОМ} = 5 \text{ А}.$$

Минимальные значения уставок «Zсраб» и «Rсраб» также зависят от исполнения токовых цепей:

$Z_{сраб} = 0,5 \text{ Ом/фазу}$ ,  $R_{сраб} = 0,5 \text{ Ом/фазу}$  – для  $I_{ном} = 1 \text{ А}$ ,

$Z_{сраб} = 0,1 \text{ Ом/фазу}$ ,  $R_{сраб} = 0,1 \text{ Ом/фазу}$  – для  $I_{ном} = 5 \text{ А}$ .

1.2.3.4.2 Средняя основная погрешность всех ненаправленных ИО сопротивления по величине сопротивления срабатывания «**Zсраб**» при токе, равном  $I_{ном}$  (или в зависимости от уставки меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного 100 В), не превышает  $\pm 3 \%$  от уставки.

1.2.3.4.3 Ток точной работы  $I_{тр}$  для всех ненаправленных ИО сопротивления при работе на угле максимальной чувствительности не превышает  $0,05 I_{ном}$  во всем диапазоне уставок.

1.2.3.4.4 Минимальное фазное (междуфазное) напряжение, при котором обеспечиваются точностные параметры ненаправленных ИО сопротивления, составляет 0,25 (0,5) В для контура «фаза-земля» («фаза-фаза»).

1.2.3.4.5 Средняя основная абсолютная погрешность ненаправленных ИО сопротивления по углам «**Фмч**», «**ФвнешКЗ**» наклона характеристики срабатывания при токе КЗ, равном  $I_{ном}$  (или в зависимости от уставки меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного 100 В), не превышает  $\pm 5^\circ$ .

1.2.3.4.6 Абсолютная дополнительная погрешность ненаправленных ИО сопротивления по углам «**Фмч**», «**ФвнешКЗ**» от изменения тока КЗ в диапазоне от  $2 I_{тр}$  до  $30 I_{ном}$  не превышает  $\pm 7^\circ$  относительно значений, измеренных при  $I_{ном}$ .

1.2.3.4.7 Дополнительная погрешность всех ненаправленных ИО сопротивления по величине сопротивления срабатывания «**Zсраб**» при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает  $\pm 5 \%$  от среднего значения, определенного при температуре  $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$ .

1.2.3.4.8 Коэффициент возврата всех ИО сопротивления не более 1,1.

1.2.3.4.9 Время срабатывания всех ненаправленных ИО сопротивления при работе на угле максимальной чувствительности, токах КЗ не менее  $3 I_{тр}$  и скачкообразном уменьшении напряжения на входе ИО от величины, соответствующей сопротивлению на зажимах ИО не менее  $1,2 Z_{сраб}$ , до величины, соответствующего  $0,6 Z_{сраб}$ , составляет не более 25 мс.

1.2.3.4.10 Время возврата всех ненаправленных ИО сопротивления при работе на угле максимальной чувствительности, токах КЗ не менее  $3 I_{тр}$  и скачкообразном увеличении напряжения на входе ИО от величины, соответствующей сопротивлению на зажимах ИО  $0,1 Z_{сраб}$ , до величины, соответствующего  $1,2 Z_{сраб}$  (но не более 100 В для междуфазного канала и 57 В – для фазного), не превышает 50 мс.

1.2.3.4.11 При работе ненаправленных ИО сопротивления «по памяти» (при трехфазных КЗ в месте установки защиты) обеспечивается длительность сигнала срабатывания на выходе РС не менее 40 мс в диапазоне токов от  $2 I_{тр}$  до  $30 I_{ном}$ .

1.2.3.4.12 Работа ИО сопротивления блокируется при значениях тока, представленного знаменателем дроби сопротивления (1.2.3.3), меньших  $0,02 I_{ном}$ .

### 1.2.3.5 Орган направленности ДЗ

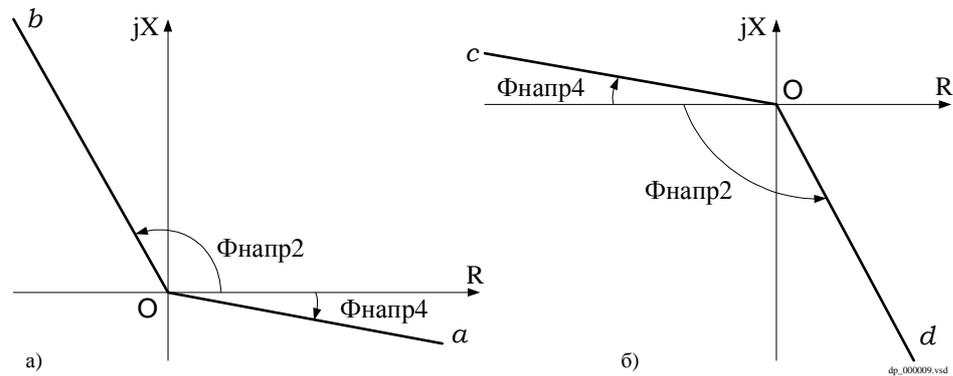
#### 1.2.3.5.1 Принцип работы

Первая ступень ДЗ устройства содержит шесть ненаправленных ИО полного сопротивления (три фазных и три междуфазных); вторая и третья ступени содержат три ненаправленных ИО полного сопротивления (три междуфазных). Для обеспечения направленности ИО ДЗ используются органы направленности по замеру сопротивления и мощности обратной последовательности.

Орган направленности по замеру сопротивления использует замеры сопротивления, рассчитанные по выражениям, представленным в 1.2.3.3. Прямая направленность (замыкание «в зоне») задается с помощью лучей  $Oa$  и  $Ob$ , исходящих из центра координат, как показано на рисунке 15а.

Угол характеристики направленности отрицательных переходных сопротивлений задается уставкой «**Фнапр2**». Угол характеристики направленности в четвертый квадрант задается уставкой «**Фнапр4**».

Обратнонаправленный орган задается лучами Od и Oc, исходящими из начала координат, как показано на рисунке 15б, которые симметричны лучам Oa и Ob прямонаправленной характеристики относительно начала координат.



а – прямое направление, б – обратное направление

Рисунок 15 – Характеристики срабатывания ИО направленности ДЗ

ИО прямого и обратного направления по замеру сопротивления являются общими для всех контуров и ступеней.

Таблица 6 – Уставки расширенной ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Угол характеристики направленности в четвертый квадрант, градус	Фнапр4	от 0 до 60 (шаг 1)	20
Угол характеристики направленности отрицательных переходных сопротивлений, градус	Фнапр2	от 90 до 150 (шаг 1)	115

1.2.3.5.2 Минимальное фазное (междуфазное) напряжение, при котором обеспечиваются точностные параметры органа направленности по замеру сопротивления, составляет 0,25 (0,5) В для контура «фаза-земля» («фаза-фаза»).

1.2.3.5.3 Средняя основная абсолютная погрешность органа направленности по замеру сопротивления по углам «Фнапр4», «Фнапр2» наклона характеристики срабатывания при токе КЗ, равном  $I_{ном}$  (или в зависимости от уставки меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного 100 В), не превышает  $\pm 5^\circ$ .

1.2.3.5.4 Абсолютная дополнительная погрешность органа направленности по замеру сопротивления по углам «Фнапр4», «Фнапр2» от изменения тока КЗ в диапазоне от  $2 I_{тр}$  до  $30 I_{ном}$  не превышает  $\pm 7^\circ$  относительно значений, измеренных при  $I_{ном}$ .

1.2.3.5.5 Коэффициент возврата всех ИО сопротивления не более 1,1.

1.2.3.5.6 Время срабатывания органа направленности по замеру сопротивления при токах КЗ не менее  $3 I_{тр}$ , напряжении  $3 U_{min}$  и скачкообразном изменении угла полного сопротивления на входе ИО от 1,2 до  $0,6 \Phi_{напр4}$  (аналогично, при изменении угла от 1,2 до  $0,6 \Phi_{напр2}$ ) не более 25 мс. Необходимо отметить, что разность начального и конечного углов не менее  $10^\circ$ , а контур памяти реле сопротивления должен быть выведен из работы (задана минимальная уставка).

1.2.3.5.7 Время возврата органа направленности по замеру сопротивления при токах КЗ не менее  $3 I_{тр}$ , напряжении  $3 U_{min}$  и скачкообразном изменении угла полного сопротивления на входе ИО от 0,6 до  $1,2 \Phi_{напр4}$  (аналогично, при изменении угла от 0,6 до  $1,2 \Phi_{напр2}$ ) не более 50 мс. Необходимо отметить, что разность начального и конечного углов не менее  $10^\circ$ , а контур памяти реле сопротивления должен быть выведен из работы.

1.2.3.5.8 При работе органа направленности «по памяти» (при трехфазных КЗ в месте установки защиты) обеспечивается длительность сигнала направленности не менее 40 мс в диапазоне токов от  $2 I_{тр}$  до  $30 I_{ном}$ .

1.2.3.5.9 Обеспечивается отсутствие ложных срабатываний ИО сопротивления с контролем органа направленности при КЗ «за спиной» при токах до  $30 I_{ном}$ .

### 1.2.3.6 Принцип работы первой ступени ДЗ

Функциональный блок первой ступени ДЗ представлен на рисунке 16. Логика работы первой ступени представлена на рисунке 17.

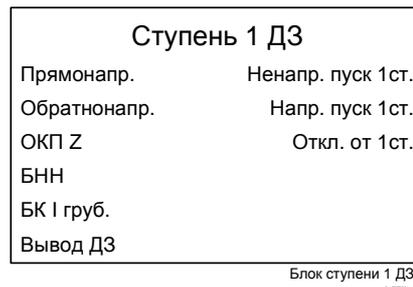


Рисунок 16 – Функциональный блок первой ступени ДЗ

Таблица 7 – Входы и выходы функционального блока первой ступени ДЗ

Логические входы	
Прямонапр.	Срабатывание прямонаправленного органа направленности ДЗ
Обратнонапр.	Срабатывание обратнонаправленного органа направленности ДЗ
ОКП Z	Срабатывание ОКП по сопротивлению
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
БНН	Срабатывание БНН
Вывод ДЗ	Вывод ступени ДЗ из работы
Логические выходы	
Ненапр. пуск 1ст.	Ненаправленный пуск первой ступени ДЗ
Напр. пуск 1ст.	Направленный пуск первой ступени ДЗ
Откл. от 1ст.	Отключение от первой ступени ДЗ

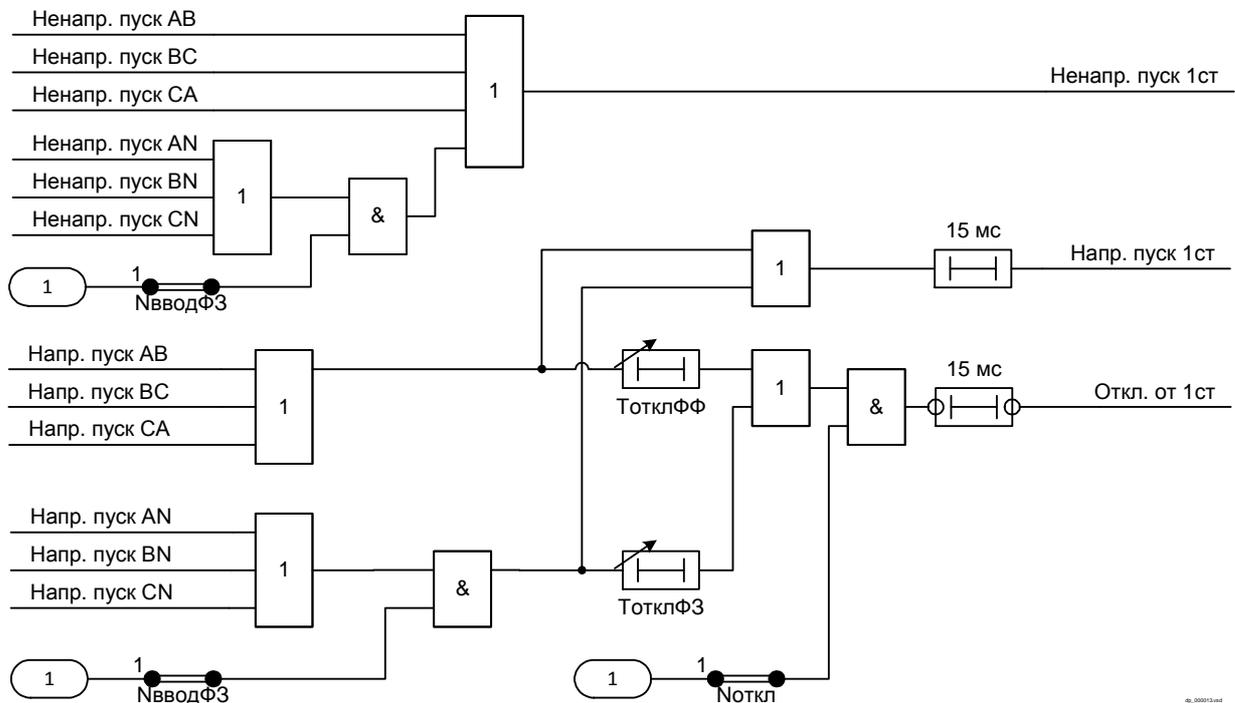


Рисунок 17 – Логика работы первой ступени ДЗ

Логика формирования сигнала направленного пуска представлена на рисунке 18 (показан только междуфазный контур АВ, сигналы пуска по остальным контурам формируются аналогично).

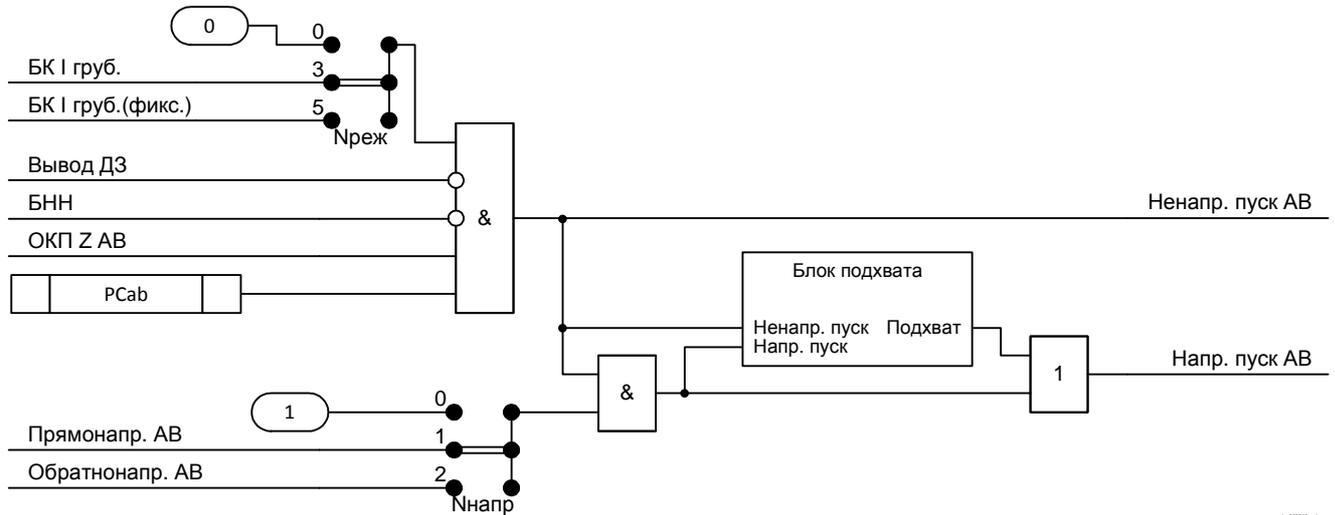


Рисунок 18 – Логика формирования направленного пуска первой ступени на примере контура АВ

Ступень содержит шесть ненаправленных ИО сопротивления (1.2.3.4) с полигональными характеристиками срабатывания (три междуфазных и три фазных).

Программой накладкой «**Нреж**» определяется режим пуска ступени ДЗ.

Для формирования сигнала направленного пуска используются сигналы от шести ненаправленных ИО полного сопротивления (трех фазных: «**РСа**», «**РСб**», «**РСс**» и трех междуфазных: «**РСаб**», «**РСбс**», «**РСса**»), органа прямой направленности, блокировки при качаниях по току, общего критерия повреждения и БНН. Программой накладкой «**Ннапр**» определяется режим направленности ступени ДЗ.

Направленный пуск контура фиксируется до тех пор, пока существуют условия для ненаправленного пуска, на время, достаточное для срабатывания первой ступени. Это позволяет гарантировать правильное срабатывание при близких трехфазных металлических замыканиях, когда выдержка времени на срабатывание первой ступени превышает время работы контура «памяти» (1.2.3.3).

Программная накладка «**НвводФЗ**» разрешает работу контуров «фаза-земля» полигональной характеристики. Сигналы всех направленных пусков объединяются по логике «ИЛИ» и формируют сигнал направленного пуска первой ступени.

Для формирования сигнала на отключение сигналы направленного пуска первой ступени разделяются на междуфазные и земляные, которые с выдержками времени «**ТотклФФ**» (для междуфазных каналов) и «**ТотклФЗ**» (для земляных каналов) по логике «ИЛИ» формируют сигнал на отключение. Программная накладка «**Ноткл**» разрешает сигнал на отключение от первой ступени.

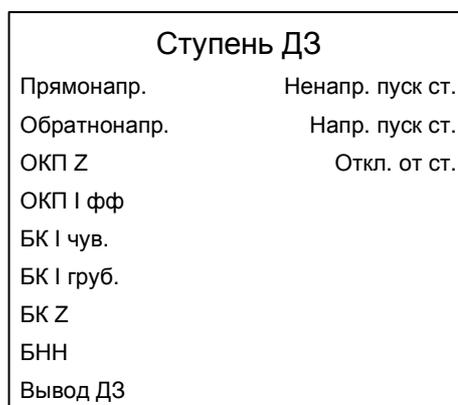
Таблица 8 – Уставки первой ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сопротивление срабатывания фазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	10
Активное сопротивление замыкания фазного контура, Ом	RсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	16
Угол максимальной чувствительности фазного контура, градус	ФмчФЗ	от 30 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий фазного контура, градус	ФвнешКЗфз	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Сопротивление срабатывания междуфазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	10
Активное сопротивление замыкания междуфазного контура, Ом	RсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	16

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Угол максимальной чувствительности междуфазного контура, градус	ФмчФФ	от 30 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий междуфазного контура, градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 3 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I, 5 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I с последующей фиксацией пуска ступени)	Нреж	–	3
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ступень работает без контроля направленности, 1 – ступень работает при обнаружении прямой направленности, 2 – ступень работает при обнаружении обратной направленности)	Ннапр	–	1
Работа фазных контуров ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводФЗ	–	0
Отключение от ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	1
ВВС отключения по междуфазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФФ	от 0 до 32000 (шаг 1)	15
ВВС отключения по фазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФЗ	от 0 до 32000 (шаг 1)	15

### 1.2.3.7 Принцип работы расширенных ступеней ДЗ

Функциональный блок ступени ДЗ представлен на рисунке 19. Логика работы ступени представлена на рисунке 20.



Блок ступени ДЗ  
Ф.0001.001

Рисунок 19 – Функциональный блок ступени ДЗ

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока расширенной ступени ДЗ

Логические входы	
Прямонапр.	Срабатывание прямонаправленного органа направленности ДЗ
Обратнонапр.	Срабатывание обратнонаправленного органа направленности ДЗ
ОКП Z	Срабатывание ОКП по сопротивлению
ОКП I фф	Срабатывание междуфазного канала ОКП по току
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК Z	Срабатывание блокировки при качаниях по замеру сопротивления

БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Вывод ДЗ	Вывод ступени ДЗ из работы
<b>Логические выходы</b>	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ДЗ
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ДЗ
Откл. от ст.	Отключение от ступени ДЗ

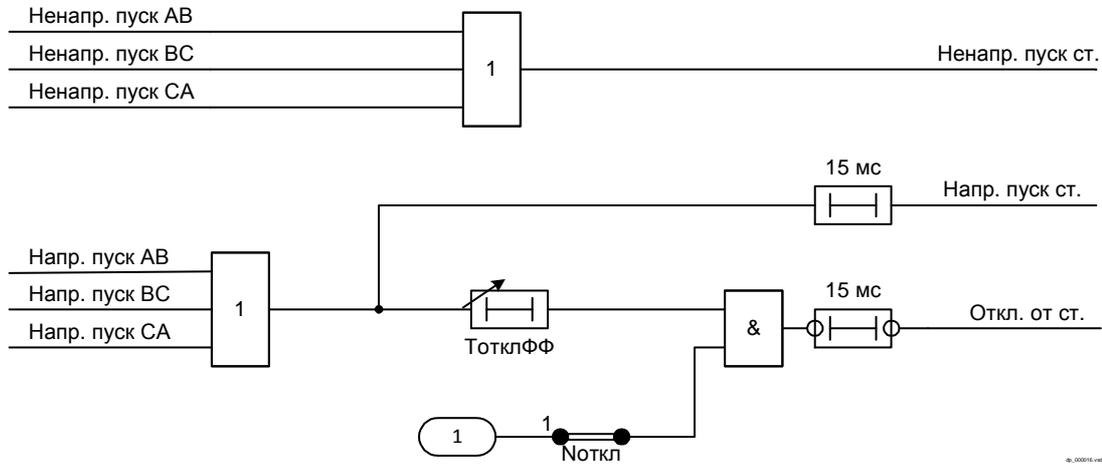


Рисунок 20 – Логика работы ступени ДЗ

Логическая схема формирования направленного пуска контура АВ ступени представлена на рисунке 21 (для других контуров схема аналогична).

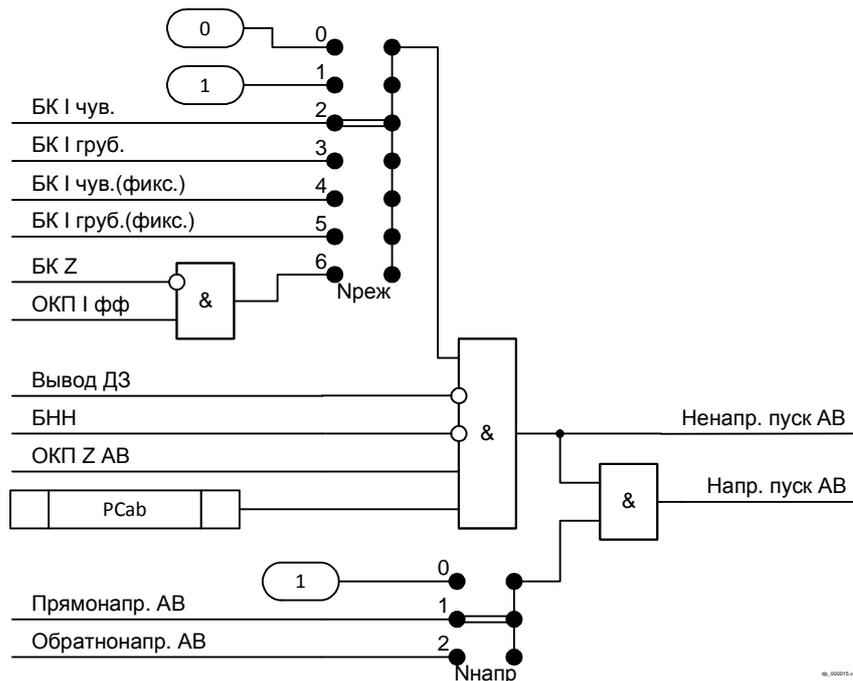


Рисунок 21 – Логика формирования направленного пуска ступеней на примере контура АВ

Каждая ступень содержит шесть ненаправленных ИО сопротивления (1.2.3.4) с полигональными характеристиками срабатывания (три междуфазных). Любая ступень может быть прямонаправленной, обратнонаправленной или ненаправленной. Условия пуска каждой из ступеней также могут быть различными и определяются программными накладками.

Программной накладкой «**Нреж**» определяется режим пуска ступени ДЗ.

Программной накладкой «**Ннапр**» определяется режим направленности ступени ДЗ.

Сигналы направленных пусков всех контуров объединяются по логике «ИЛИ» для формирования сигнала направленного пуска ступени, аналогично формируется сигнал ненаправленного пуска.

Сигналы направленного пуска ступени по логике «ИЛИ» формируют сигнал на отключение с выдержкой времени «ТотклФФ». Программная накладка «Ноткл» разрешает сигнал на отключение от ступени.

Таблица 10 – Уставки расширенной ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сопrotивление срабатывания междуфазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Активное сопротивление замыкания междуфазного контура, Ом	RсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Угол максимальной чувствительности междуфазного контура, градус	ФмчФФ	от 30 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий междуфазного контура, градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ступень работает независимо от пусковых ИО, 2 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I, 3 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I, 4 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I с последующей фиксацией ненаправленного пуска, 5 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I с последующей фиксацией ненаправленного пуска, 6 – ступень работает при отсутствии блокирующего сигнала от БК Z и наличии пускового сигнала от токового ОКП)	Нреж	–	2
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ступень работает без контроля направленности, 1 – ступень работает при обнаружении прямой направленности, 2 – ступень работает при обнаружении обратной направленности)	Ннапр	–	1
Отключение от ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	1
ВВС отключения по междуфазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФФ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400

### 1.2.3.8 Логика ускорения ДЗ

#### 1.2.3.8.1 Принцип работы

В устройстве предусмотрены два режима ускорения ступеней ДЗ: автоматическое и оперативное. Выбор ускоряемых ступеней защиты осуществляется из соображений надежного охвата защищаемого энергообъекта. Функциональный блок ускорения ДЗ показан на рисунке 22. Логика ускорения ДЗ показана на рисунке 23.

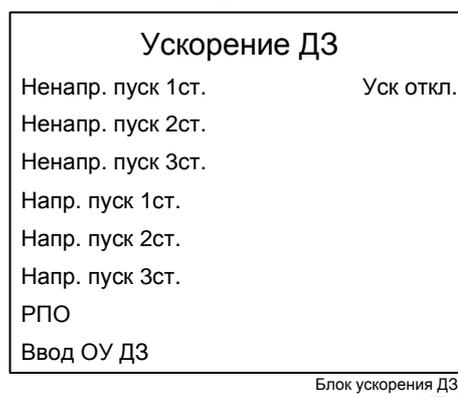


Рисунок 22 – Функциональный блок ускорения ДЗ

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока логики ускорения ДЗ

Логические входы	
Ненапр. пуск ст	Ненаправленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
Напр. пуск ст	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Ввод ОУ ДЗ	Ввод оперативного ускорения ДЗ
Логические выходы	
Уск. откл.	Ускоренное отключение от логики ускорения ДЗ

Автоматическое ускорение позволяет уменьшить время отключения КЗ при первом включении выключателя. Пуск автоматического ускорения ДЗ осуществляется от сигнала «РПО». Поскольку при первом включении выключателя возможно пропадание переменного напряжения, например при близком КЗ, работа автоматического ускорения чаще всего осуществляется от ненаправленного пуска соответствующей ступени ДЗ.

Оперативное ускорение чаще всего используется при выводе основной защиты присоединения. Пуск оперативного ускорения осуществляется сигналом «Ввод ОУ ДЗ». Номер ускоряемой ступени ДЗ выбирается исходя из соображений надежного охвата всего защищаемого объекта. Для предотвращения ложной работы защиты при замыкании «за спиной» оперативное ускорение осуществляется с учетом модуля направленности. Выдержка времени на срабатывание ДЗ в режиме оперативного ускорения выбирается исходя из соображений отстройки по времени от основной защиты смежного с защищаемым объектом.

Ускорение при включении выключателя может выполняться с контролем наличия напряжения на присоединении. Режим автоматического ускорения выбирается программной накладкой «**НрежАУ**». Программируемая накладка «**НрежАУ**» является общей для ДЗ, ТНЗНП и токовой отсечки.

Ускоряемая ступень при включении выключателя выбирается программной накладкой «**НускСтАУ**», а при оперативном ускорении – «**НускСтОУ**».

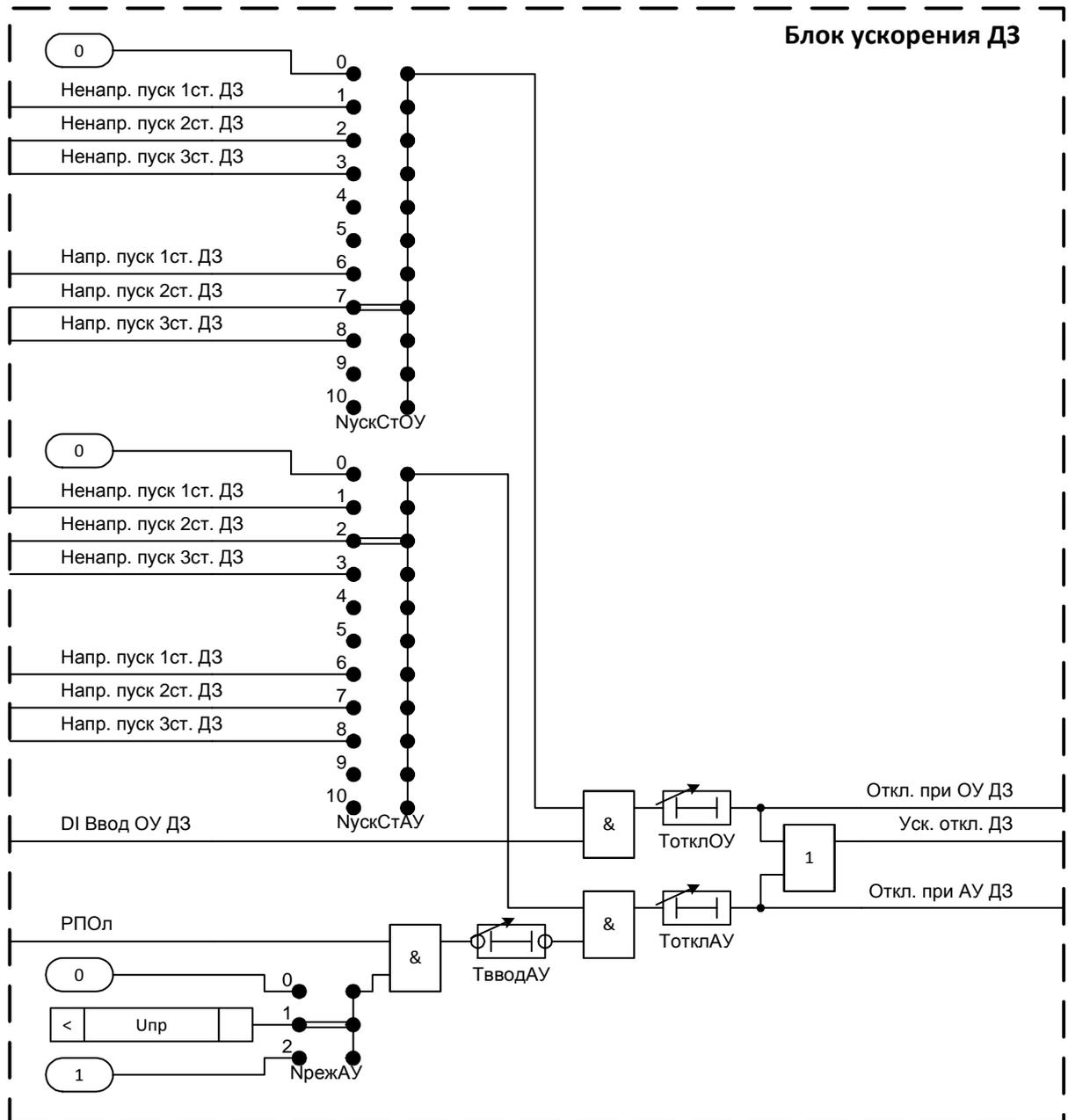


Рисунок 23 – Логика ускорения ДЗ

Время, в течение которого разрешается ускорение срабатывания выбранной ступени, определяется уставкой «ТвводАУ», отсчитываемого от момента включения выключателя.

Время срабатывания ускоряемой ступени при включении выключателя определяется уставкой «ТотклАУ». Время срабатывания ускоряемой ступени при оперативном ускорении определяется уставкой «ТотклОУ».

Сигнал о низком напряжении на присоединении поступает от ИО минимального напряжения «Упр». ИО минимального напряжения «Упр» является общим для ДЗ, ТНЗНП и токовой отсечки.

Таблица 12 – Уставки логики ускорения ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение на линии для ввода ускорения при включении, % $U_{\text{фном}}$	Упр	от 5 до 100 (шаг 1)	50
Режим автоматического ускорения ДЗ (0 – вывод, 1 – ускорение с контролем напряжения на присоединении, 2 – ускорение без контроля напряжения)	НрежАУ	–	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим ускорения ДЗ при включении на повреждение (0 – вывод, 1, 2, 3 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3 ДЗ; 6, 7, 8 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3 ДЗ)	НускСтАУ	–	2
Режим оперативного ускорения ДЗ (0 – вывод, 1, 2, 3 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3 ДЗ; 6, 7, 8 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3 ДЗ)	НускСтОУ	–	7
Время ввода автоматического ускорения ДЗ, мс	ТвводАУ	от 500 до 10000 (шаг 1)	1000
ВВС в режиме автоматического ускорения, мс	ТотклАУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100
ВВС в режиме оперативного ускорения, мс	ТотклОУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100

1.2.3.8.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения не превышает  $\pm 3\%$  от уставки.

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

1.2.3.8.4 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения при изменении частоты в диапазоне от 0,98 до  $1,02 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.3.8.5 Коэффициент возврата всех ИО напряжения не более 1,1.

1.2.3.8.6 Время срабатывания ИО напряжения при сбросе напряжения от трехкратного напряжения срабатывания  $3 U_{\text{сраб}}$  до нуля не превышает 30 мс.

1.2.3.8.7 Время возврата ИО напряжения при подаче трехкратного напряжения срабатывания  $3 U_{\text{сраб}}$  не превышает 15 мс.

1.2.3.9 Блокировка при качаниях по замеру тока

1.2.3.9.1 Принцип работы

Для предотвращения неправильной работы ДЗ при возникновении качаний в энергосистеме в терминале предусмотрена блокировка ДЗ при качаниях. Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру тока представлен на рисунке 24. Логика работы БК по замеру тока показана на рисунке 25.



Рисунок 24 – Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру тока

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока блокировки при качаниях по току

<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока

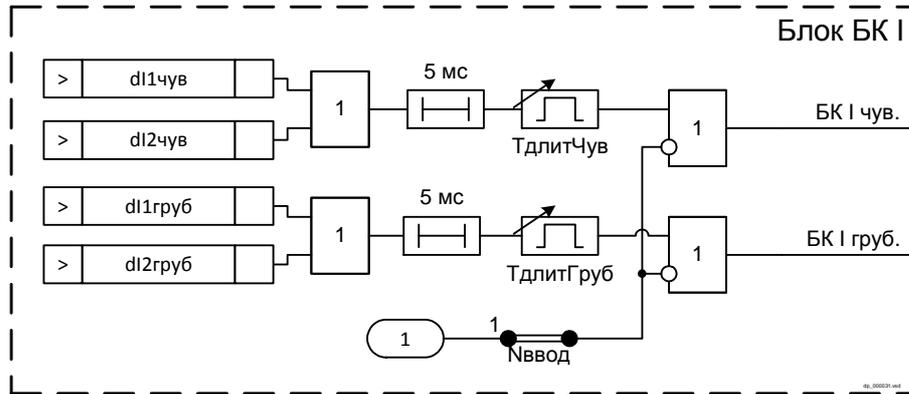


Рисунок 25 – Логика работы БК по току

Метод основывается на измерении уровня приращений токов прямой  $I_1$  и обратной  $I_2$  последовательностей во времени. Приращения токовых величин определяются при помощи фильтра второго порядка

$$\Delta I_1(t) = I_1(t) - 2I_1(t - T/2) + I_1(t - T),$$

$$\Delta I_2(t) = I_2(t) - 2I_2(t - T/2) + I_2(t - T),$$

где  $T$  – период промышленной частоты, с,  $t$  – текущее время, с.

При качаниях и асинхронном ходе величины  $\Delta I$  малы, тогда как при возникновении КЗ уровень  $\Delta I$  достаточен для срабатывания чувствительного или грубого канала.

Узлом БК по току выдаются два сигнала: сигнал от чувствительного канала «БК I чув.», разрешающего ввод в работу медленнодействующих ступеней ДЗ на время, определяемое уставкой «ТдлитЧув», и сигнала от грубого канала «БК I груб.», разрешающего ввод в работу быстродействующих ступеней ДЗ на время, определяемое уставкой «ТдлитГруб». Каждая ступень ДЗ с помощью соответствующей программной накладке может быть запущена по тому или иному каналу от БК по току.

В неаварийном режиме качаний ИО сопротивления могут сработать ложно. При этом ИО БК, отстроенные от режима качаний выбором уставок по изменению токов прямой и обратной последовательностей, не срабатывают и не пускают ДЗ. В случае возникновения КЗ срабатывают ИО БК, которые разрешают прохождение сигналов срабатывания от ИО ступеней на время, определяемое уставкой «ТдлитЧув», при срабатывании чувствительного канала или на время, определяемое уставкой «ТдлитГруб», при срабатывании грубого канала.

Логика блокировки при качаниях по замеру тока может быть введена при помощи программной накладке «Nввод».

Уровень срабатывания ИО по изменению тока обратной последовательности задается уставками «dI2чув» и «dI2груб» для чувствительного и грубого канала соответственно. Уровень срабатывания ИО по изменению тока прямой последовательности задается уставками «dI1чув» и «dI1груб» для чувствительного и грубого канала соответственно.

Таблица 14 – Уставки блокировки при качаниях по замеру тока

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Приращение тока прямой последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{НОМ}$	dI1чув	от 8 до 300 (шаг 1)	15
Приращение тока прямой последовательности грубого канала БК I, % от $I_{НОМ}$	dI1груб	от 12 до 500 (шаг 1)	25
Приращение тока обратной последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{НОМ}$	dI2чув	от 4 до 150 (шаг 1)	12
Приращение тока обратной последовательности грубого канала БК I, % от $I_{НОМ}$	dI2груб	от 6 до 250 (шаг 1)	20

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа блокировки при качаниях по току (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	1
Длительность разрешающего сигнала чувствительного канала БК I, мс	ТдлитЧув	от 200 до 12000 (шаг 1)	200
Длительность разрешающего сигнала грубого канала БК I, мс	ТдлитГруб	от 200 до 12000 (шаг 1)	400

1.2.3.9.2 Средняя основная погрешность ИО приращения тока не превышает  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.3.9.3 ИО приращения тока отстроены от небаланса по току обратной последовательности при номинальном токе с учетом возможного отклонения частоты и статического небаланса по току обратной последовательности, равного  $15\%$  от  $I_{ном}$ .

1.2.3.9.4 Время срабатывания ИО приращения тока при скачкообразном увеличении от нуля до удвоенного значения уставки составляет не более 25 мс.

### 1.2.3.10 Блокировка при качаниях по замеру сопротивления (БК Z)

#### 1.2.3.10.1 Принцип работы

Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру сопротивления представлен на рисунке 26.



Рисунок 26 – Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Логические входы	
Откл. от 2-5 ст.	Отключение от расширенных ступеней ДЗ
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Логические выходы	
БК Z	Срабатывание блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Блокировка при качаниях по замеру сопротивления отслеживает динамику изменения сопротивления на зажимах фазных реле сопротивления. При качаниях и асинхронном ходе величина комплексного сопротивления изменяется медленнее, нежели при КЗ. Если время между входом годографа во внешнюю и внутреннюю характеристики больше уставки, то выдается сигнал на запрет работы.

Основными элементами БК Z являются два РС с прямоугольной характеристикой срабатывания, симметричные относительно начала координат: внутренняя уставочная характеристика задается уставками «Хвнутр» и «Рвнутр»; внешняя характеристика определяется границами  $X_{внутр} \cdot KX$  и  $R_{внутр} \cdot KR$ , как показано на рисунке 27.

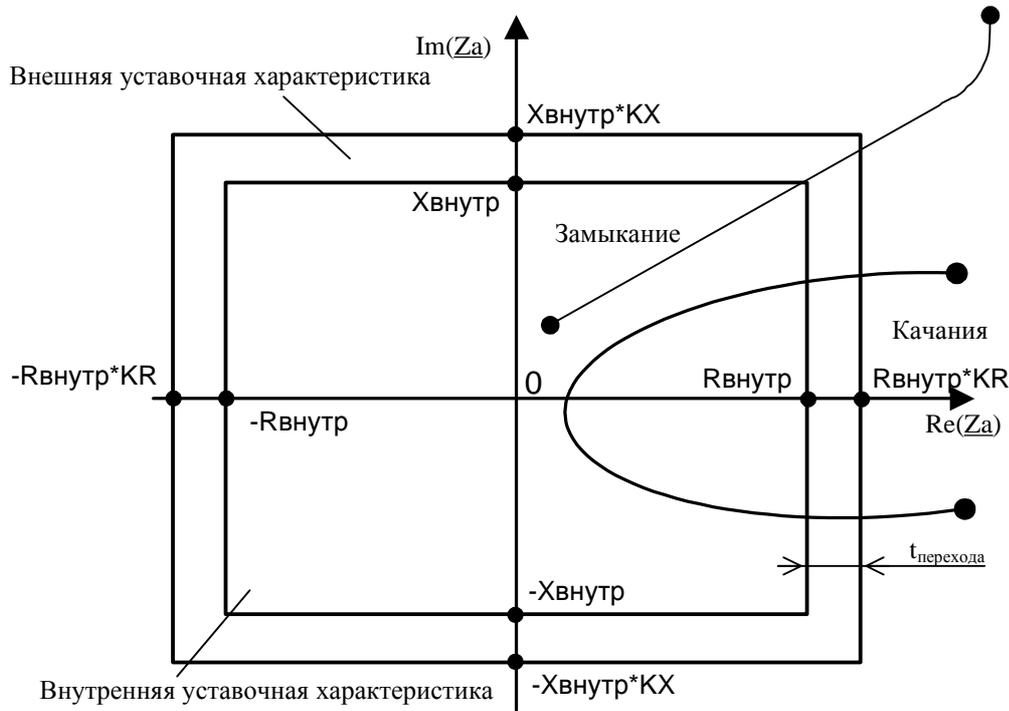


Рисунок 27 – Годографы замера комплексного сопротивления на плоскости РС фазы А при качаниях и при замыкании

Размер внешней характеристики определяется уставками внутренней и коэффициентами расширения по мнимой «КХ» и по вещественной «KR» координатным осям.

РС БК Z включаются на все фазные замеры (1.2.3.3). Определение качаний для каждой фазы производится независимо. На рисунке 28 представлена логика определения качаний в фазе А (для других фаз логическая схема аналогична).

Если время перехода ( $t_{\text{перехода}}$ ) от внешней характеристики к внутренней больше времени, определяемого уставкой «Тцикл1», то делается вывод о появлении качаний в фазе А.

Как правило, начальное развитие качаний происходит достаточно медленно, затем процесс ускоряется и  $t_{\text{перехода}}$  уменьшается; соответственно, уставка «Тцикл1» уже недостаточна для фиксации качаний. Для этого в логике предусмотрена выдержка времени «Тцикл2», который вводится в работу сигналом о появлении второго цикла качаний. Выдержка времени второго цикла качаний должна быть заведомо меньше выдержки времени первого цикла, что обеспечивает надежную фиксацию режима качаний.

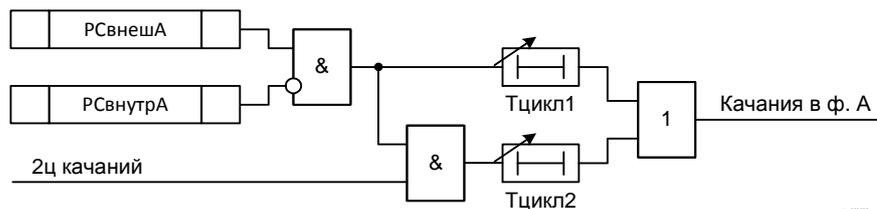


Рисунок 28 – Логика обнаружения качаний в фазе А по замеру сопротивления

Факт качаний фиксируется при появлении качаний в одной либо двух фазах, что определяется программной накладкой «Нреж». После фиксации качаний выдается сигнал на блокирование соответствующих ступеней ДЗ на время, определяемое уставкой «ТпродБлк», если нет условий для разблокирования, как показано на рисунке 29.

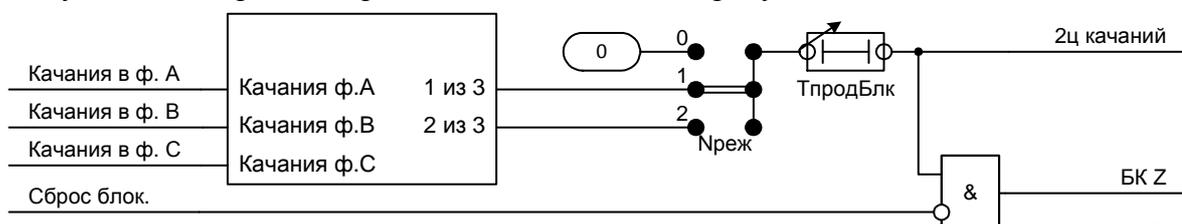


Рисунок 29 – Логика формирования сигнала блокировки ДЗ от БК по замеру сопротивления

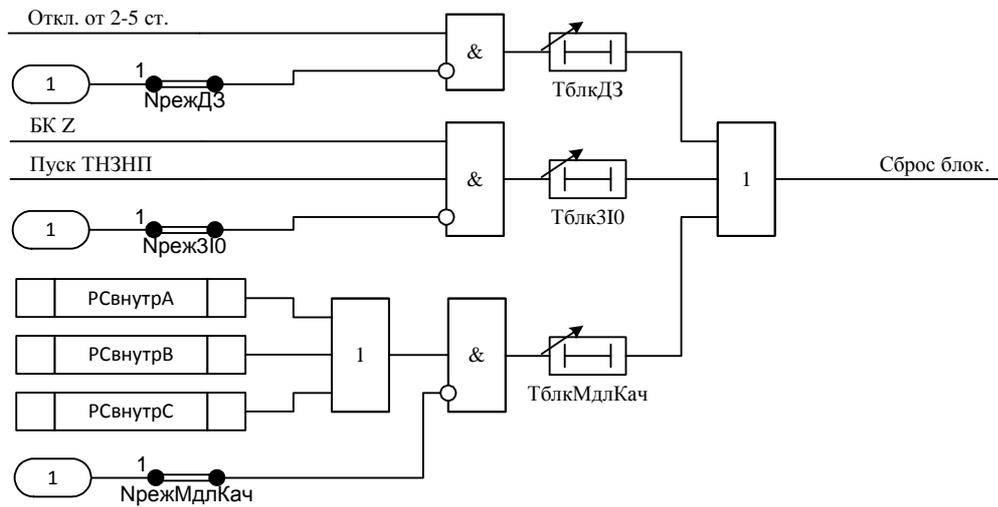


Рисунок 30 – Логика вывода БК по замеру сопротивления

Сброс блокировки может быть сформирован в следующих случаях:

- от сигнала о срабатывании расширенной ступени ДЗ, что обеспечит самоподхват вывода БК;
- если после появления сигнала «Качания» по сигналу пуска ТНЗНП фиксируется ток нулевой последовательности, который держится в течение времени, определяемого уставкой «ТблкЗІО», делается вывод о КЗ на землю в режиме качаний. Это условие вводится с помощью программной накладки «НрежЗІО»;
- если обнаружены качания и хотя бы один из замеров сопротивления находится во внутренней характеристике в течение времени, определяемого уставкой «ТблкМдлКач», то делается вывод о наблюдении режима КЗ на фоне качаний. Это условие вводится с помощью программной накладки «НрежМдлКач».

Логика сброса блокировки показана на рисунке 30.

Предусмотрено выполнение блокирования работы модуля БК Z с выдержкой времени «ТблкДЗ» при срабатывании ступеней ДЗ. Режим блокирования задается накладкой «НрежДЗ».

Таблица 16 – Уставки блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси R, Ом	Rвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси X, Ом	Xвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	30
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси R по отношению к внутренней, % от Rвнутр	KR	от 120 до 200 (шаг 1)	120
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси X по отношению к внутренней, % от Xвнутр	KX	от 120 до 200 (шаг 1)	120
Режим работы логики определения качаний (0 – вывод, 1 – качания фиксируются при выявлении режима качаний в одной из трёх фаз, 2 – качания фиксируются при выявлении режима качаний в двух из трёх фаз)	Нреж	–	0
Режим работы БК Z при срабатывании ступеней ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежДЗ	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы БК Z при наличии тока нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежЗІЮ	–	0
Режим работы БК Z при медленных качаниях (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежМдлКач	–	0
Выдержка времени для выявления первого цикла качаний, мс	Тцикл1	от 10 до 32000 (шаг 1)	45
Выдержка времени для выявления последующих качаний, мс	Тцикл2	от 20 до 32000 (шаг 1)	25
Длительность продления блокирующего сигнала БК Z, мс	ТпродБлк	от 100 до 10000 (шаг 1)	500
Выдержка времени на формирование сигнала блокирования при срабатывании какой-либо из ступеней ДЗ, мс	ТблкДЗ	от 10 до 30000 (шаг 1)	60
Выдержка времени для блокирования БК Z при наличии тока нулевой последовательности, мс	ТблкЗІЮ	от 50 до 5000 (шаг 1)	200
Выдержка времени для блокирования БК Z при медленных качаниях, мс	ТблкМдлКач	от 100 до 5000 (шаг 1)	200

1.2.3.10.2 Все точностные параметры ІЮ сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.3.4.2–1.2.3.4.12.

1.2.3.11 Модуль общего критерия повреждения по замеру сопротивления

1.2.3.11.1 Принцип работы

Основной задачей общего критерия повреждения (ОКП) является выявление факта и вида повреждения на большей части сети, контролируемой защитой. В устройстве предусмотрена функция ОКП, основанная на контроле понижения полного сопротивления и имеющая расширенную характеристику срабатывания РС (рисунок 32). Функциональный блок ОКП по замеру тока представлен на рисунке 31.



Рисунок 31 – Функциональный блок ОКП по замеру сопротивления

Таблица 17 – Входы и выходы функционального блока ОКП по замеру сопротивления

Логические входы	
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Логические выходы	
ОКП Z	Срабатывание ОКП по замеру сопротивления

Функция ОКП по замеру сопротивления содержит шесть РС (три междуфазных и три фазных). Междуфазные и фазные каналы имеют независимые характеристики срабатывания, которые симметричны относительно оси мнимых, как показано на рисунке 32.

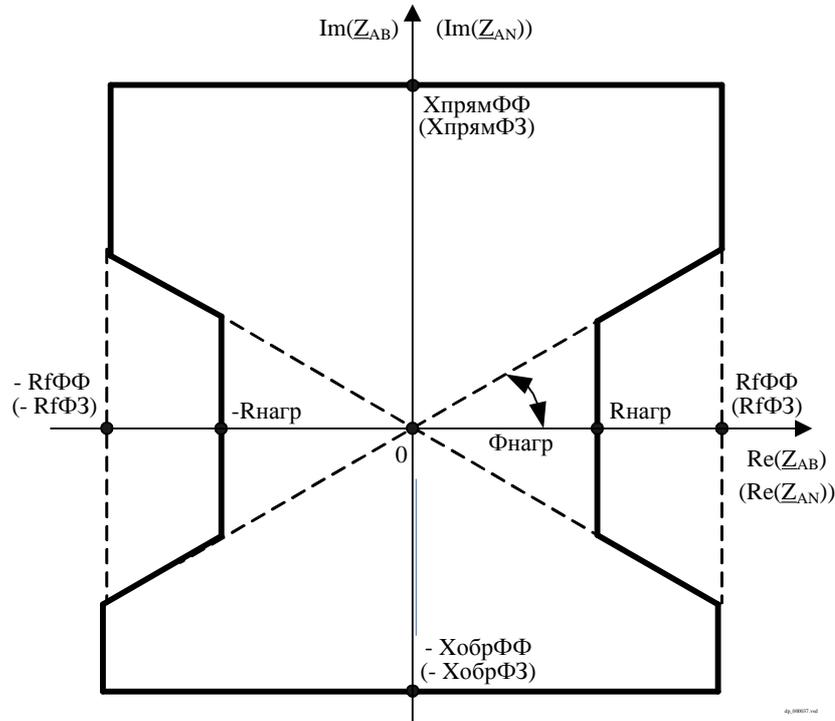


Рисунок 32 – Характеристика срабатывания РС междуфазного канала АВ ОКП по замеру сопротивления (в скобках указаны уставки для фазного канала AN)

РС функции ОКП реагируют на замер сопротивления ДЗ (1.2.3.3).

Функция ОКП может быть заблокирована внешним сигналом БНН.

Таблица 18 – Уставки ОКП по замеру сопротивления

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка по оси X в прямом направлении междуфазного контура ОКП, Ом	X <sub>прямФФ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в обратном направлении междуфазного контура ОКП, Ом	X <sub>обрФФ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в прямом направлении фазного контура ОКП, Ом	X <sub>прямФЗ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в обратном направлении фазного контура ОКП, Ом	X <sub>обрФЗ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Максимальное переходное сопротивление при междуфазных замыканиях, Ом	R <sub>фФФ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Максимальное переходное сопротивление при земляных замыканиях, Ом	R <sub>фФЗ</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Минимальное сопротивление нагрузки по оси R, Ом	R <sub>нагр</sub>	от 1 до 500 (шаг 0,01)	20
Угол отстройки от нагрузочного режима, градус	Φ <sub>нагр</sub>	от 5 до 60 (шаг 1)	26

1.2.3.11.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.3.4.2–1.2.3.4.12.

1.2.3.12 Модуль общего критерия повреждения по замеру тока

1.2.3.12.1 Принцип работы

Основной задачей общего критерия повреждения (ОКП) является выявление факта и вида повреждения на большей части сети, контролируемой защитой. В устройстве предусмотрена функция ОКП, основанная на соотношении фазных токов и токов нулевой последовательности. Функциональный блок ОКП по замеру тока представлен на рисунке 33. Логика работы функции ОКП по замеру токов представлена на рисунке 34.



Рисунок 33 – Функциональный блок ОКП по замеру тока

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока ОКП по замеру тока

<b>Логические входы</b>	Отсутствуют
<b>Логические выходы</b>	
ОКП I фф	Срабатывание междуфазного канала ОКП по замеру тока
ОКП I фз	Срабатывание земляного канала ОКП по замеру тока

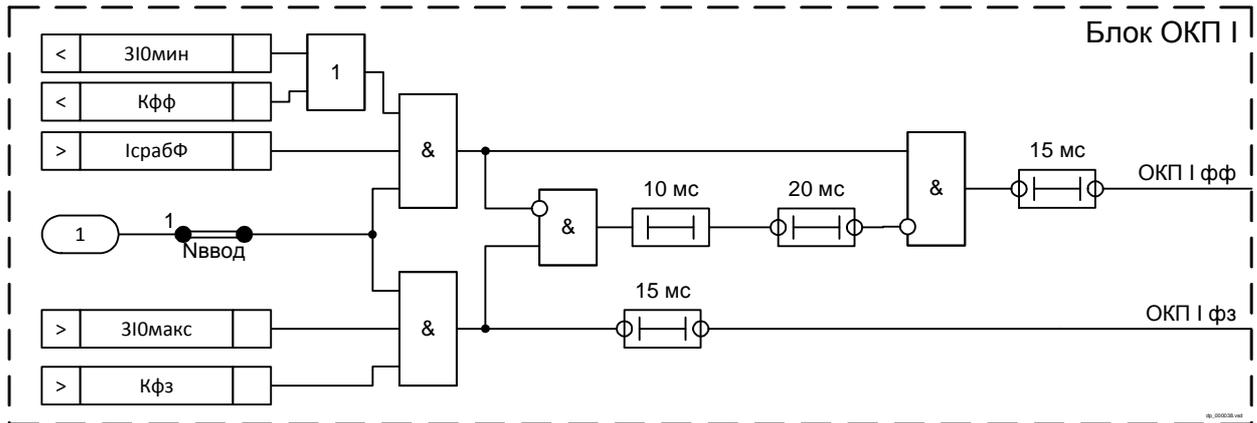


Рисунок 34 – Логика работы функции ОКП по замеру токов

Функция ОКП, реагирующая на замер токов, содержит пять ИО тока.

Срабатывание земляного канала («ОКП I фз») происходит при условии превышения током нулевой последовательности минимального тока работы ДЗ («З10макс») и при условии, что отношение тока нулевой последовательности к максимальному фазному току больше, чем коэффициент тока нулевой последовательности при земляных замыканиях («Кфф»).

Срабатывание междуфазного канала («ОКП I фф») происходит при следующих условиях: если ток нулевой последовательности меньше минимального установленного тока нулевой последовательности («З10мин») или отношение тока нулевой последовательности к максимальному фазному току меньше коэффициента максимального тока нулевой последовательности при междуфазных замыканиях («Кфф») и модуль максимального фазного тока больше, чем уставка минимального тока замыкания («ИсрабФ»).

При срабатывании земляного канала до срабатывания междуфазного канала вводится задержка на пуск междуфазного канала на 20 мс, что дает больший приоритет по пуску для земляных каналов при замыканиях на землю.

Функция ОКП, реагирующая на замер токов, вводится в работу программной накладкой «Иввод».

Таблица 20 – Уставки ОКП по замеру тока

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания при междуфазных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	ИсрабФФ	от 10 до 400 (шаг 1)	200
Утроенный ток нулевой последовательности при междуфазных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	З10мин	от 5 до 200 (шаг 1)	20
Утроенный ток нулевой последовательности при земляных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	З10макс	от 30 до 450 (шаг 1)	30
Максимальное значение тока нулевой последовательности в фазном токе при междуфазном замыкании, %	Кфф	от 10 до 100 (шаг 1)	40

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное значение тока нулевой последовательности в фазном токе при земляном замыкании, %	Кфз	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Работа модуля ОКП по току (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0

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

1.2.3.12.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении температуры в рабочем диапазоне не превышает  $\pm 5$  % от среднего значения, определенного при температуре  $(20 \pm 5)$  °С.

1.2.3.12.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до  $1,1 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5$  % от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.3.12.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее 0,9.

1.2.3.12.6 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  и не превышает 40 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на 20 % ( $1,2 I_{\text{сраб}}$ ).

1.2.3.12.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более 30 мс.

## 1.2.4 Токовая направленная защита нулевой последовательности

### 1.2.4.1 Принцип действия ТНЗНП

ТНЗНП используется для защиты энергообъектов от замыканий на землю. Защита работает при превышении уставки тока нулевой последовательности и фиксации направления аварийной мощности от защищаемого объекта к шинам, т.е. по принципу действия является максимальной направленной защитой. ТНЗНП применяется совместно с ДЗ и срабатывает при «земляных» КЗ. Селективность ТНЗНП смежных объектов обеспечивается введением ступенчатых выдержек времени.

Измерительными органами защиты являются реле тока и реле направления мощности нулевой последовательности. В устройстве реализованы восемь ступеней ТНЗНП. Уставки каждой зоны независимы друг от друга по направленности и по зоне охвата. Для линий, оснащенных защитами с абсолютной селективностью (например, дифференциально-фазной или ВЧ направленной защитами линии) от замыканий на землю, функция ТНЗНП является резервной. При этом ТНЗНП может выполнять функции основной защиты от замыканий на землю за трансформаторами и автотрансформаторами противоположного конца линии.

Защита селективно срабатывает при всех видах замыканий на землю в защищаемом объекте и резервирует действие защит смежных участков при внешних замыканиях. Если на защищаемом объекте возможен неполнофазный режим, то защита должна выводиться из действия или отстраиваться по времени или по величине тока нулевой последовательности. Защита правильно функционирует при реверсе мощности, качаниях, асинхронном режиме, несинхронных включениях, оперативных переключениях и в режиме опробования.

### 1.2.4.2 Общая логика работы ТНЗНП

Функциональный блок ТНЗНП представлен на рисунке 35.

ТНЗНП	
Откл. от ДЗ	Откл. от 1ст.
Ввод ОУ ТНЗНП	Откл. от 2ст.
БНН	Откл. от 3ст.
Неисправность ВЧ	Откл. от 4ст.
РПО	Пуск ТНЗНП
РПВ	Уск. откл.
Прием ВЧ-сигнала	Посыл ВЧТО ТНЗНП
Включение	Откл. ВЧТО ТНЗНП
Вывод ТНЗНП	Обратнонапр. Авт. ускорение

Блок ТНЗНП

Рисунок 35 – Функциональный блок ТНЗНП

ТНЗНП реализует следующие основные блоки:

- четыре ступени ТНЗНП, орган направленности;
- блокировку при броске тока намагничивания;
- функциональный блок ускорения.

ТНЗНП может выводиться из работы сигналом «Вывод ТНЗНП».

#### 1.2.4.3 Принцип работы ступени ТНЗНП

1.2.4.3.1 Функциональный блок ступени ТНЗНП представлен на рисунке 36. На рисунке 37 приведена логическая схема работы ступени ТНЗНП.

Ступень 2 ТНЗНП	
Прям. РМ ТНЗНП	Ненапр. пуск ст.
Обр. РМ ТНЗНП	Напр. пуск ст.
Блок. по второй гарм.	Откл. от ст.
Вывод ТНЗНП	

Блок ступени ТНЗНП

Рисунок 36 – Функциональный блок ступени ТНЗНП

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока ступени ТНЗНП

Логические входы	
Прямонапр.	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр.	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности
Блок. по второй гарм.	Блокировка по второй гармонике действия ступени ТНЗНП при БНТ
Логические выходы	
Откл. от ст.	Отключение от ступени ТНЗНП
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ТНЗНП

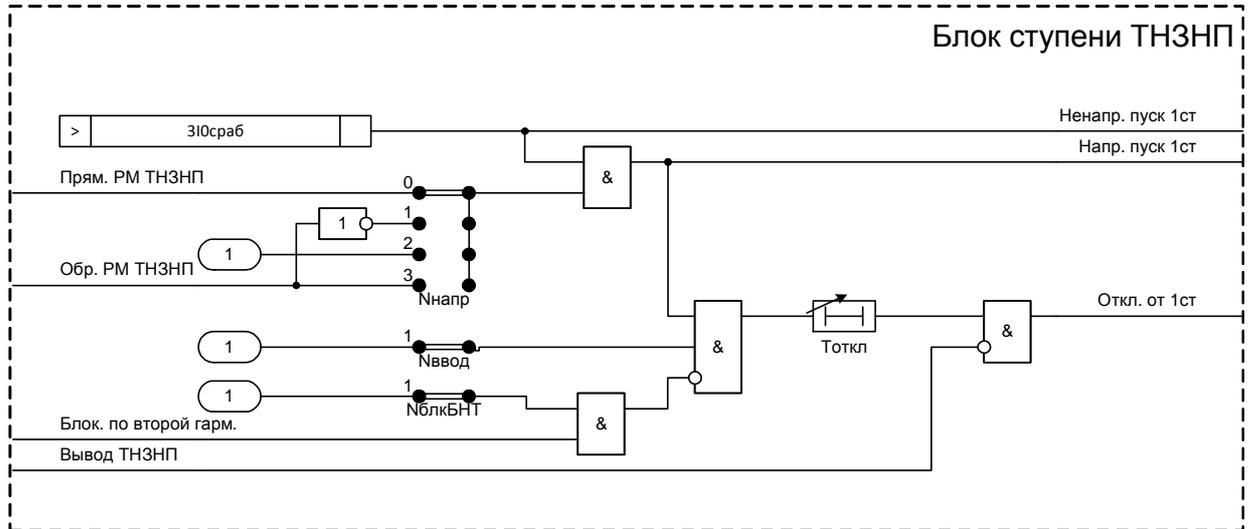


Рисунок 37 – Логика работы ступени ТНЗНП

Программой накладкой «**Nнапр**» задается логика направленного пуска ступени ТНЗНП:

- «**Nнапр**» = 0 – разрешается работа ступени, если орган направленности ТНЗНП выдает сигнал о КЗ в прямом направлении;
- «**Nнапр**» = 1 – разрешается работа ступени, если орган направленности ТНЗНП не выдает сигнал о КЗ в обратном направлении (т.е. при прямом направлении на КЗ или при недостаточной чувствительности);
- «**Nнапр**» = 2 – ступень работает без контроля направленности;
- «**Nнапр**» = 3 – разрешается работа ступени, если орган направленности ТНЗНП выдает сигнал о КЗ в обратном направлении.

Основным ИО ступени ТНЗНП является реле тока нулевой последовательности, которое срабатывает при превышении током уставки «**3I0сраб**».

Выдержка времени на срабатывание ступени ТНЗНП определяется уставкой «**Тоткл**».

Режим работы ступени ТНЗНП при броске тока намагничивания (БНТ) смежного силового трансформатора задается при помощи программной накладки «**NблкБНТ**». Работа модуля броска тока намагничивания приведена в 1.2.4.5.

Степень ТНЗНП вводится в работу при помощи накладки «**Nввод**».

Таблица 22 – Уставки ступени ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ступени ТНЗНП, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	260
Режим направленности ступени ТНЗНП (0 – работа при замыкании в прямом направлении, 1 – работа во всех режимах, кроме обратного направления, 2 – работа без контроля направленности, 3 – работа при замыкании в обратном направлении)	Nнапр	–	0
Работа ступени ТНЗНП (0 – вывод, 1 – ввод)	Nввод	–	0
Блокирование ступени ТНЗНП при броске намагничивающего тока (0 – вывод, 1 – ввод)	NблкБНТ	–	1
ВВС ступени ТНЗНП, мс	Тоткл	от 20 до 30000 (шаг 1)	20

1.2.4.3.2 Средняя основная погрешность ИО тока не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $5\%$  от номинальной величины.

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

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

1.2.4.3.5 Коэффициент возврата ИО тока не менее 0,9.

1.2.4.3.6 Время срабатывания ИО тока не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{сраб}$  и не превышает 35 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на 20 % ( $1,2 I_{сраб}$ ).

1.2.4.3.7 Время возврата ИО тока при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{сраб}$  до нуля составляет не более 30 мс.

#### 1.2.4.4 Орган направленности ТНЗНП

##### 1.2.4.4.1 Принцип действия

Для обеспечения направленности ТНЗНП используются два реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП): разрешающее, которое срабатывает при направлении мощности нулевой последовательности от защищаемого объекта к шинам, и блокирующее, которое срабатывает при обратном направлении мощности нулевой последовательности.

Общий функциональный блок органа направленности представлен на рисунке 38. Логика работы органа направленности по параметрам нулевой последовательности представлена на рисунке 39. Логика работы органа направленности по параметрам обратной последовательности представлена на рисунке 40.

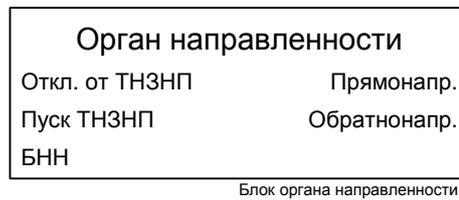


Рисунок 38 – Общий функциональный блок органа направленности

Таблица 23 – Входы и выходы функционального блока органа направленности ТНЗНП

Логические входы	
Откл.от ТНЗНП	Срабатывание ступеней ТНЗНП на отключение выключателя
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Логические выходы	
Прямонапр.	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр.	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности

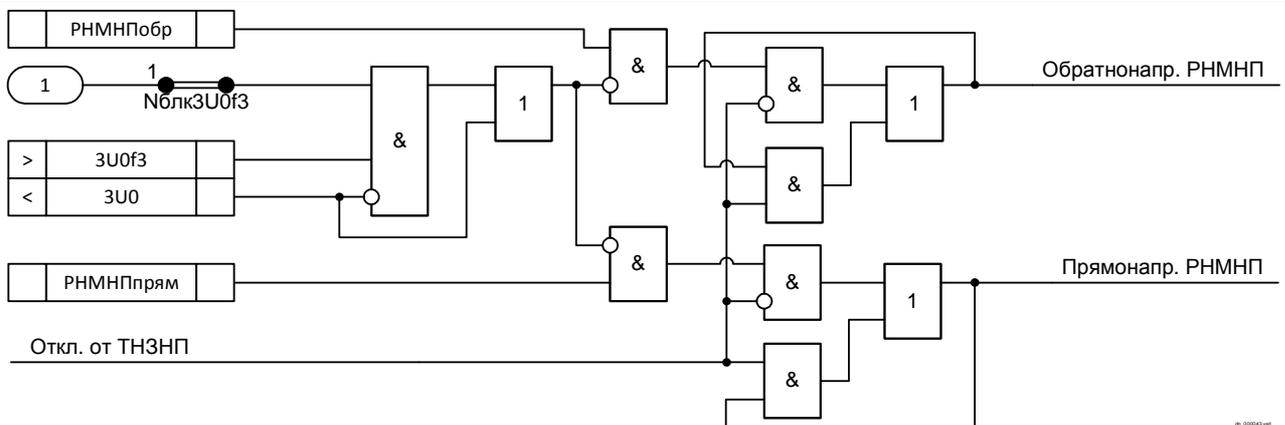


Рисунок 39 – Логика работы органа направленности по параметрам нулевой последовательности

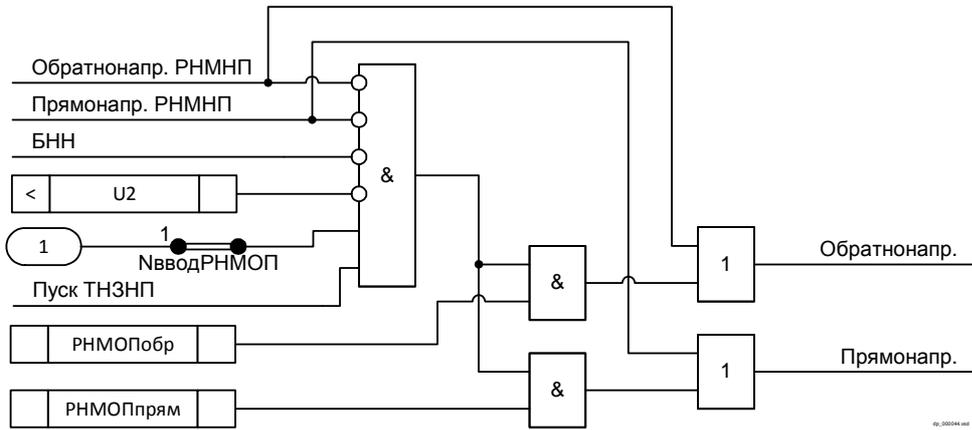


Рисунок 40 – Логика работы органа направленности по параметрам обратной последовательности

Действие ИО направленности не зависит от величины напряжения нулевой последовательности в интервале от 0,5 до 100 % номинального значения. Когда напряжение меньше 0,5 %, реле минимального напряжения блокируется.

Прямонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

$$-3I_0 \cos(\varphi_{UI} - \Phi_{мчРНМНП}) > I_{прямРНМНП},$$

где  $I_0$  – ток нулевой последовательности;

$\varphi_{UI}$  – угол между измеряемыми током и расчетным напряжением нулевой последовательности ( $3\underline{U}_{0РНМ} = 3\underline{U}_0 + 3\underline{I}_0 \cdot \underline{Z}_{смещ,0}$ ), положительное значение отсчитывается от напряжения к току;

$\underline{Z}_{смещ,0} = R_{смещРНМНП} + jX_{смещРНМНП}$  – сопротивление смещения точки подключения ТН в линию, используется для повышения чувствительности органа направленности при питании энергообъектов, отходящих от мощных станций, когда напряжение нулевой последовательности при замыканиях на землю близко к нулю;

« $\Phi_{мчРНМНП}$ » – задаваемый угол максимальной чувствительности;

« $I_{прямРНМНП}$ » – уставка по току срабатывания прямонаправленного органа (аналог тока точной работы реле сопротивления).

Обратнонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

$$3I_0 \cos(\varphi_{UI} - \Phi_{мчРНМНП}) > I_{обрРНМНП},$$

где « $I_{обрРНМНП}$ » – уставка по току срабатывания обратнонаправленного органа.

Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП приведена на рисунке 41.

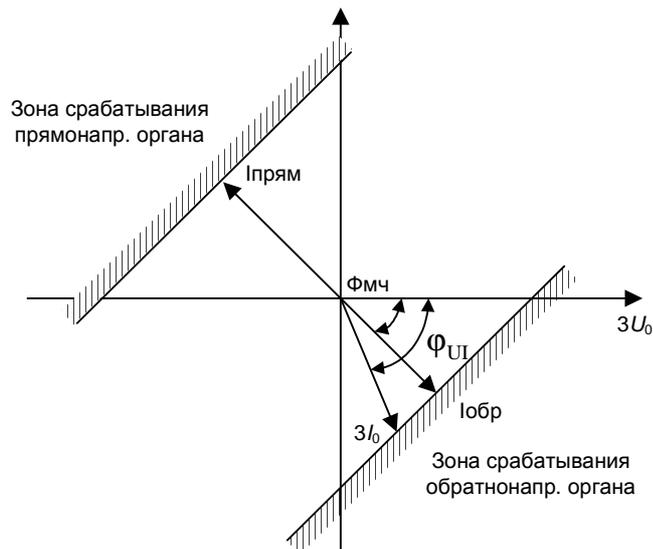


Рисунок 41 – Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП

Сопротивление смещения точки подключения ТН в линию определяется уставками « $R_{смещРНМНП}$ » и « $X_{смещРНМНП}$ ». Для смещения точки подключения ТН с шин в

присоединение аргумент сопротивления смещения необходимо **принять на 180° больше** угла максимальной чувствительности.

Кроме ИО РНМНП, орган направленности содержит ИО минимального напряжения нулевой последовательности «3U0», предназначенное для блокирования измерительных цепей при пониженном напряжении  $3U_0$ , а также ИО контроля искажения формы кривой напряжения нулевой последовательности «3U0f3».

ИО «3U0» реагирует на расчетное напряжение  $3U_{орнм}$ .

Когда напряжение имеет низкий уровень, оно может иметь высокое содержание гармоник, особенно третьей гармоники, по отношению к составляющей частоты основной гармоники (например, при использовании емкостных ТН), что может приводить к ложной работе органа направленности. Для предотвращения ложной работы ИО «3U0f3» контролирует уровень третьей гармоники напряжения нулевой последовательности по отношению к первой; контроль может быть введен программной накладкой «Нблк3U0f3».

Предусмотрен вывод направленности ступеней в том случае, если одна из ступеней начала действовать на отключение (сигнал «Откл. от ТНЗНП»), что обеспечивает устойчивое состояние срабатывания ТНЗНП при неполнофазном отключении, которое может возникнуть на выключателях с пофазным приводом. Устойчивое состояние срабатывания ТНЗНП в первую очередь необходимо для работы УРОВ.

При появлении сигнала о ненаправленном пуске ТНЗНП и отсутствии срабатывания обоих РНМНП (прямого и обратного) предусмотрена возможность ввода программной накладкой «НвводРНМОП» двух реле направления мощности обратной последовательности (РНМОП): прямонаправленного и обратнаправленного, включенных по схеме «ИЛИ» с органами направления мощности нулевой последовательности, как показано на рисунке 40.

РНМОП выполнены аналогично РНМНП и отличаются только подводимыми величинами. Работа РНМОП контролируется ИО минимального напряжения обратной последовательности «U2» и блоком БНН.

Для повышения чувствительности органа направленности по обратной последовательности при питании длинных ВЛ, отходящих от мощных станций, предусмотрена возможность искусственного смещения точки подключения ТН в присоединение на величину  $Z_{смещ,2} = R_{смещРНМОП} + jX_{смещРНМОП}$ .

Сопротивление смещения точки подключения ТН в линию определяется уставками «RсмещРНМОП» и «XсмещРНМОП». Для смещения точки подключения ТН с шин в присоединение аргумент сопротивления смещения необходимо **принять на 180° больше** угла максимальной чувствительности.

Уровень срабатывания ИО минимального напряжения нулевой последовательности задается уставкой «3U0». Уровень срабатывания ИО минимального напряжения обратной последовательности задается уставкой «U2».

Уровень срабатывания ИО контроля искажения формы кривой вторичного напряжения нулевой последовательности задается уставкой «3U0f3».

Таблица 24 – Уставки органа направленности ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания прямонаправленного РНМНП, % от $I_{ном}$	ИпрямРНМНП	от 5 до 150 (шаг 1)	45
Ток срабатывания обратнаправленного РНМНП, % от $I_{прямРНМНП}$	ИобрРНМНП	от 0 до 100 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности РНМНП, градус	ФмчРНМНП	от 0 до 90 (шаг 1)	75
Активная составляющая сопротивления искусственного смещения точки подключения ТН (РНМНП), Ом (втор.)	RсмещРНМНП	от -50 до 50 (шаг 0,1)	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Реактивная составляющая сопротивления искусственного смещения точки подключения ТН (РНМНП), Ом (втор.)	XсмещРНМНП	от -50 до 50 (шаг 0,1)	0
Минимальное утроенное напряжение нулевой последовательности для работы РНМНП, % от $U_{ном}$	3U0мин	от 0,5 до 100 (шаг 1)	6
Коэффициент искажения формы напряжения нулевой последовательности, % от $3U_0$	3U0f3	от 0,5 до 50 (шаг 1)	40
Ток срабатывания прямонаправленного РНМОП, % от $I_{ном}$	IпрямРНМОП	от 5 до 150 (шаг 1)	10
Ток срабатывания обратнаправленного РНМОП, % от IпрямРНМОП	IобрРНМОП	от 0 до 100 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности РНМОП, градус	ФмчРНМОП	от 0 до 90 (шаг 1)	80
Активная составляющая сопротивления искусственного смещения точки подключения ТН (РНМОП), Ом (втор.)	RсмещРНМОП	от -50 до 50 (шаг 0,1)	0
Реактивная составляющая сопротивления искусственного смещения точки подключения ТН (РНМОП), Ом (втор.)	XсмещРНМОП	от -50 до 50 (шаг 0,1)	0
Минимальное напряжение обратной последовательности для работы РНМОП, % от $U_{ф.ном}$	U2	от 0,5 до 100 (шаг 1)	1
Работа ИО РНМОП (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводРНМОП	–	0
Блокирование РНМНП по уровню третьей гармоники в напряжении нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	Нблк3U0f3	–	0

1.2.4.4.2 Средняя основная погрешность РНМНП и РНМОП не превышает  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.4.4.3 Средняя основная абсолютная погрешность РНМНП и РНМОП по углу максимальной чувствительности не превышает  $\pm 5^\circ$ .

1.2.4.4.4 Коэффициент возврата РНМНП и РНМОП не менее 0,9.

1.2.4.4.5 Время срабатывания органа направленности ТНЗНП при одновременной подаче синусоидального напряжения  $3 U_{сраб}$  и тока  $3 I_{сраб}$  составляет не более 35 мс.

1.2.4.4.6 Время возврата органа направленности ТНЗНП при одновременном сбросе входных напряжения и тока до нуля составляет не более 40 мс.

1.2.4.4.7 Средняя основная погрешность минимального ИО напряжения основной гармоники нулевой и обратной последовательности органа направленности не превышает  $\pm 3\%$  от уставки (но не менее  $\pm 3\%$  от  $U_{ном}$ ). Средняя основная погрешность максимального ИО напряжения третьей гармоники нулевой последовательности органа направленности не превышает  $\pm 3\%$  от уставки (но не менее  $\pm 3\%$  от  $U_{ном}$ ).

1.2.4.4.8 Дополнительная погрешность по току и напряжению срабатывания всех ИО органа направленности при изменении температуры не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.4.4.9 Дополнительная погрешность по току и напряжению срабатывания всех ИО органа направленности при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до  $1,1 f_{ном}$  не превышает  $\pm 10\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.4.4.10 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех ИО органа направленности при изменении напряжения от  $3 U_{сраб}$  до 180 В и тока от  $3 I_{сраб}$  до  $20 I_{ном}$  не превышает  $\pm 10\%$ .

1.2.4.4.11 Коэффициент возврата всех минимальных ИО напряжения не более 1,1.

1.2.4.4.12 Коэффициент возврата максимального ИО напряжения третьей гармоники нулевой последовательности не менее 0,9.

1.2.4.4.13 Время срабатывания (возврата) ИО максимального (минимального) напряжения при подаче толчком напряжения  $3 U_{\text{сраб}}$  составляет не более 15 мс.

1.2.4.4.14 Время возврата (срабатывания) ИО максимального (минимального) напряжения при снижении напряжения толчком от  $3 U_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более 30 мс.

1.2.4.5 Принцип работы ТНЗНП при броске тока намагничивания

1.2.4.5.1 Для предотвращения ложной работы ступени ТНЗНП в сетях с силовыми трансформаторами предусмотрена блокировка при броске тока намагничивания (БНТ). При фиксации БНТ формируется сигнал «Блок. по второй гарм.» и блокируются выбранные ступени ТНЗНП. Логическая схема блокировки при БНТ содержит три ИО, включенных на вычисляемый ток нулевой последовательности:

- «**3I0f1**» – ИО тока первой гармоники;
- «**I0f2**» – ИО тока второй гармоники;
- «**Kf2f1**» – ИО отношения уровня тока второй гармоники к уровню тока первой гармоники.

ИО «**3I0f1**» разрешает работу ИО ТНЗНП при значительном уровне тока нулевой последовательности. Его уставка выбирается исходя из максимального возможного уровня тока нулевой последовательности, возникающего при броске намагничивающего тока.

Блокировка может осуществляться либо по уровню второй гармоники, либо по процентному содержанию второй гармоники. Если уставка «**Kf2f1**» = 0, то блокировка производится от ИО «**3I0f2**».

В том случае, если уставка «**Kf2f1**» отлична от нуля, то активируется модуль блокирования, реагирующий на отношение второй гармоники к первой гармонике в токе нулевой последовательности – ИО «**Kf2f1**». Уставка ИО «**3I0f2**» не влияет на работу устройства.

Таблица 25 – Уставки органа блокировки при броске тока намагничивания

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности первой гармоники, % от $I_{\text{ном}}$	3I0f1	от 15 до 1000 (шаг 1)	100
Утроенный ток нулевой последовательности второй гармоники, % от $I_{\text{ном}}$	3I0f2	от 15 до 800 (шаг 1)	15
Отношению второй гармоники тока нулевой последовательности к первой гармонике тока нулевой последовательности, %	Kf2f1	от 0 до 18 (шаг 1)	12

1.2.4.5.2 Средняя основная погрешность всех токовых ИО не превышает  $\pm 3\%$  от уставки или  $5\%$  от номинальной величины.

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

1.2.4.5.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до  $1,1 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.4.5.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее 0,9.

1.2.4.5.6 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  и не превышает 40 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{\text{сраб}}$ ).

1.2.4.5.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более 30 мс.

#### 1.2.4.6 Ускорение ТНЗНП

В устройстве предусмотрена возможность ускорения ступеней ТНЗНП в следующих режимах:

- при включении выключателя (автоматическое ускорение);
- при срабатывании защиты;
- от защиты параллельной линии;
- от внешнего сигнала «Ввод ОУ ТНЗНП» (оперативное ускорение).

Функциональный блок ускорения ТНЗНП представлен на рисунке 42.

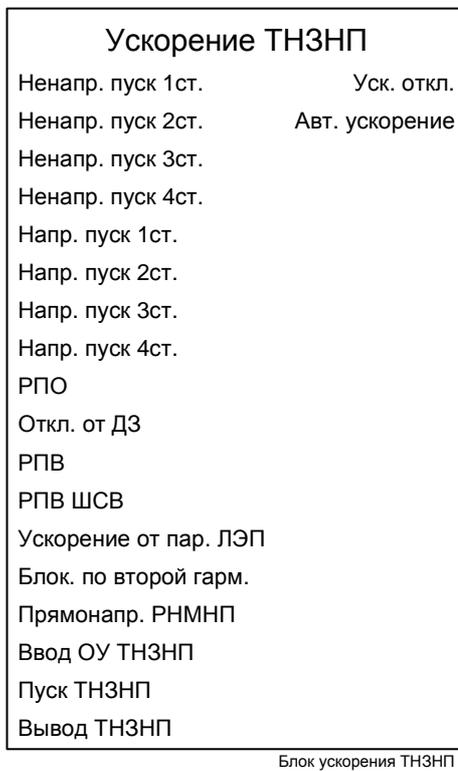


Рисунок 42 – Функциональный блок ускорения ТНЗНП

Таблица 26 – Входы и выходы функционального блока органа ускорения ТНЗНП

Логические входы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (1-4)
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-4)
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Откл. ДЗ	Отключение выключателя от дистанционной защиты
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПВ ШСВ	Сигнал включенного положения шиносоединительного выключателя
Ускорение от пар. ЛЭП	Ускорение от защит параллельной линии
Блок. по второй гарм.	Блокировка действия ускорения ТНЗНП при броске намагничивающего тока
Прямонапр. РНМНП	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности нулевой последовательности
Ввод ОУ ТНЗНП	Ввод оперативного ускорения ТНЗНП
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП
Логические выходы	
Уск. откл.	Ускоренное отключение от ТНЗНП
Авт. ускорение	Пуск автоматического ускорения ТНЗНП

#### 1.2.4.6.1 Автоматическое ускорение ТНЗНП

Предусмотрена возможность ускорения первой-восьмой ступеней ТНЗНП при включении выключателя. Логика ускорения ТНЗНП при включении выключателя приведена на рисунке 43.

Время, в течение которого разрешается ускорение срабатывания выбранной ступени, отсчитывается от момента включения выключателя и определяется уставкой «Тввод».

Выдержка времени на срабатывание логики автоматического ускорения ТНЗНП определяется уставкой «Тоткл».

При помощи программной накладки «НускСт» выбирается режим ускорения или запрещается ускорение при включении выключателя («НускСт» = 0). Чаще всего выбирается режим автоматического ускорения ненаправленного пуска ступени ТНЗНП.

Дополнительно формируется сигнал «Авт. ускорение», который может использоваться для ускорения или замедления других устройств защиты при включении выключателя. Например, данный сигнал может понадобиться в дифференциальной защите шин, когда КЗ между трансформатором тока и выключателем при включении присоединения приведет к появлению дифференциального тока. В то же время замыкание может быть устранено отключением выключателя присоединения.

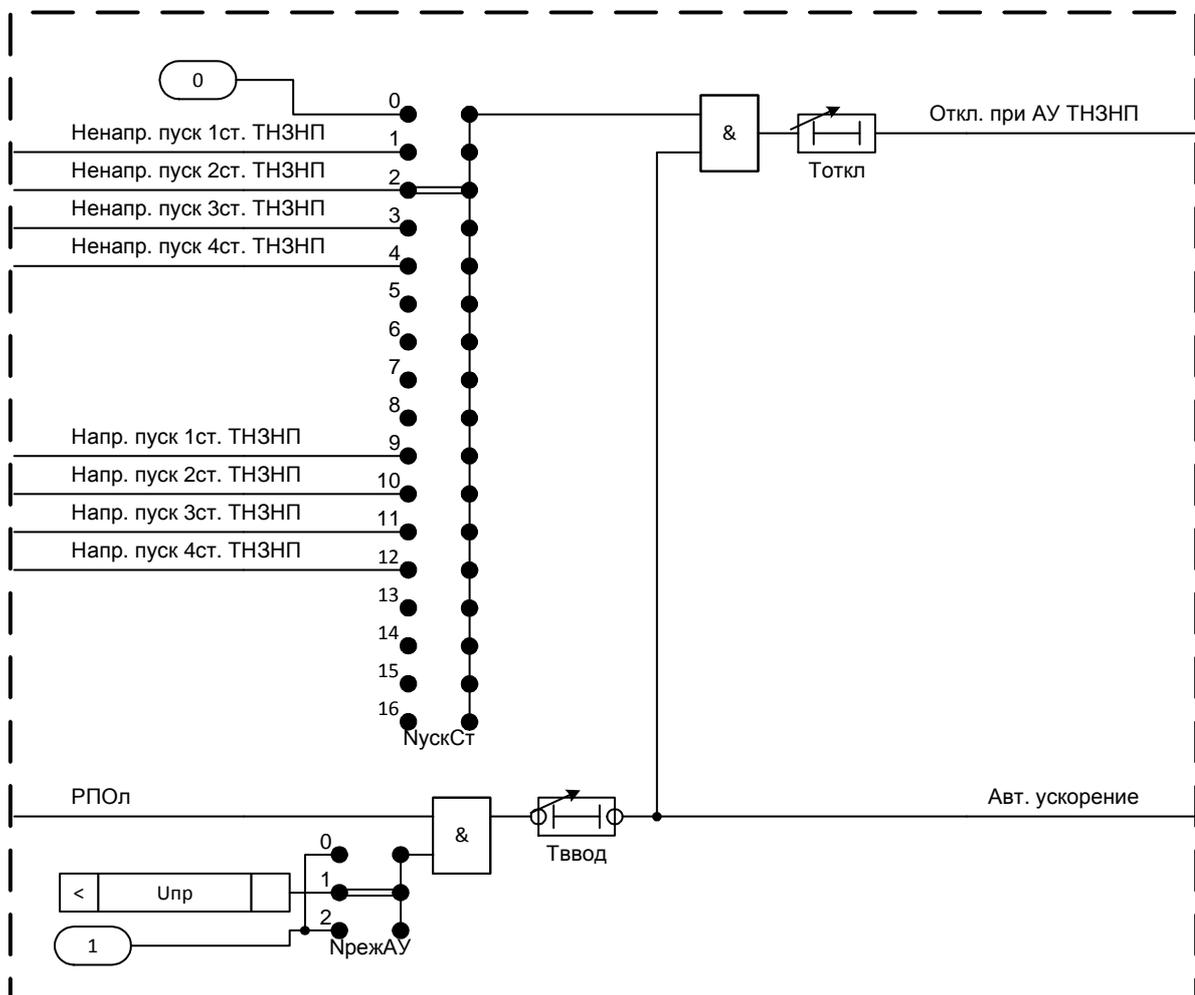


Рисунок 43 – Логика ускорения ТНЗНП при включении выключателя

#### 1.2.4.6.2 Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ

Для обеспечения сохранения отключающего сигнала при переходе многофазного КЗ, вызвавшего срабатывание ДЗ (сигнал «Откл. от ДЗ»), в КЗ на землю предусмотрена возможность ускорения второй-четвертой ступеней ТНЗНП с контролем направленности.

Данное ускорение осуществляется с выдержкой времени «Тоткл» и вводится в работу на время, определяемое уставкой «Тввод». С помощью программной накладки «НускСт» выбирается ускоряемая ступень. Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ может быть введено в работу при помощи программной накладки «Нввод».

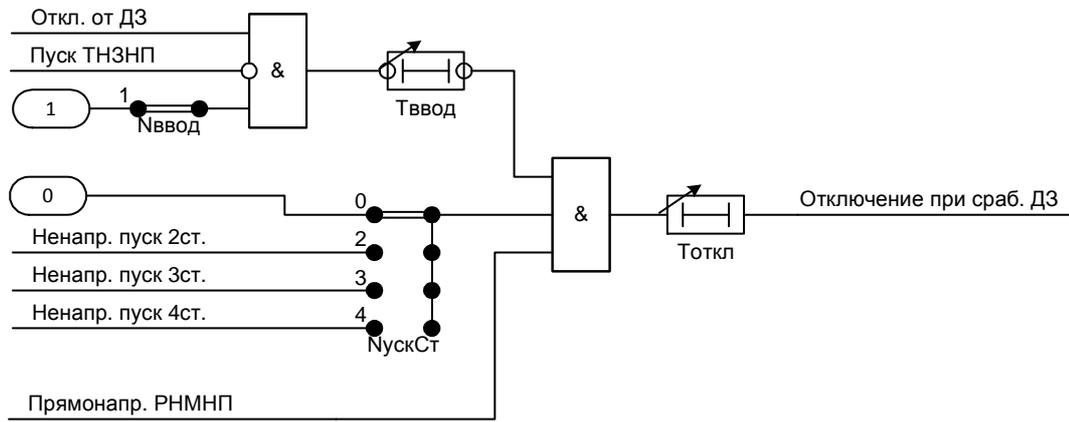


Рисунок 44 – Логика ускорения при срабатывании ДЗ

#### 1.2.4.6.3 Ускорение ТЗНП от защит параллельной линии

Схемой логики предусмотрена возможность ускорения второй-восьмой ступеней ТЗНП от защит параллельной линии с контролем направленности, как показано на рисунке 45. В схеме ускорения используется суммарный сигнал о включенном положении своего выключателя («РПВ») и сигнал «Ускорение от пар. ЛЭП». Сигнал «Ускорение от пар. ЛЭП» формируется в устройстве защит параллельной линии путем объединения по «И» логического сигнала «РПВ» и сигнала о срабатывании РНМНП обратной направленности, что необходимо для исключения неправильного действия ускоряемой защиты при повреждении на параллельной линии в зоне между выносным трансформатором тока и выключателем.

Терминал защиты также формирует сигнал ускорения защиты параллельной линии при включенном выключателе и срабатывании ИО РНМНП обратной направленности.

Если линии подключены к различным системам шин, то необходимо использовать также сигнал о включенном состоянии шиносоединительного выключателя (сигнал «РПВ ШСВ»). Для выбора режима работы ускорения от защит параллельной ЛЭП используется программная накладка «**Нреж**».

Время действия ускоряемой ступени определяется уставкой «**Тоткл**». Ускоряемая ступень или запрет ускорения от параллельной линии определяется программной накладкой «**НускаСт**» («**НускаСт**» = 0 – запрет ускорения).

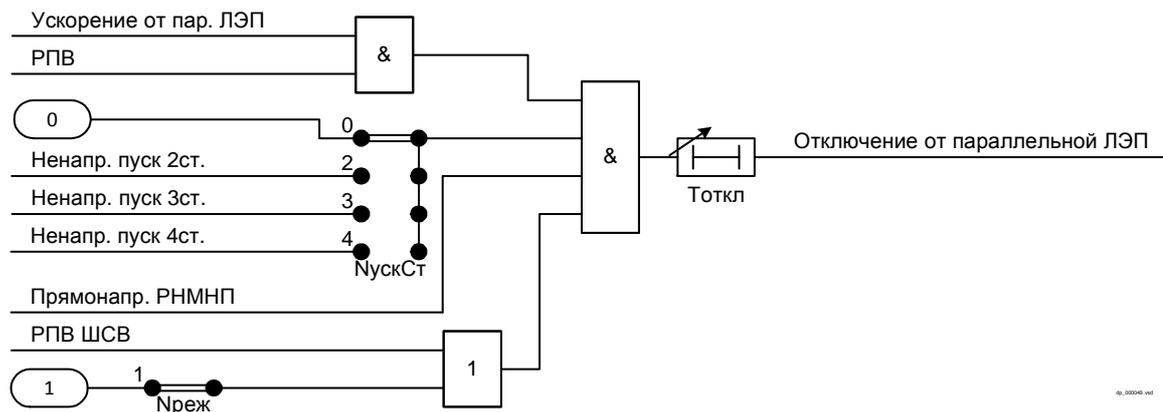


Рисунок 45 – Логика ускорения от параллельной линии

#### 1.2.4.6.4 Оперативное ускорение ТНЗНП

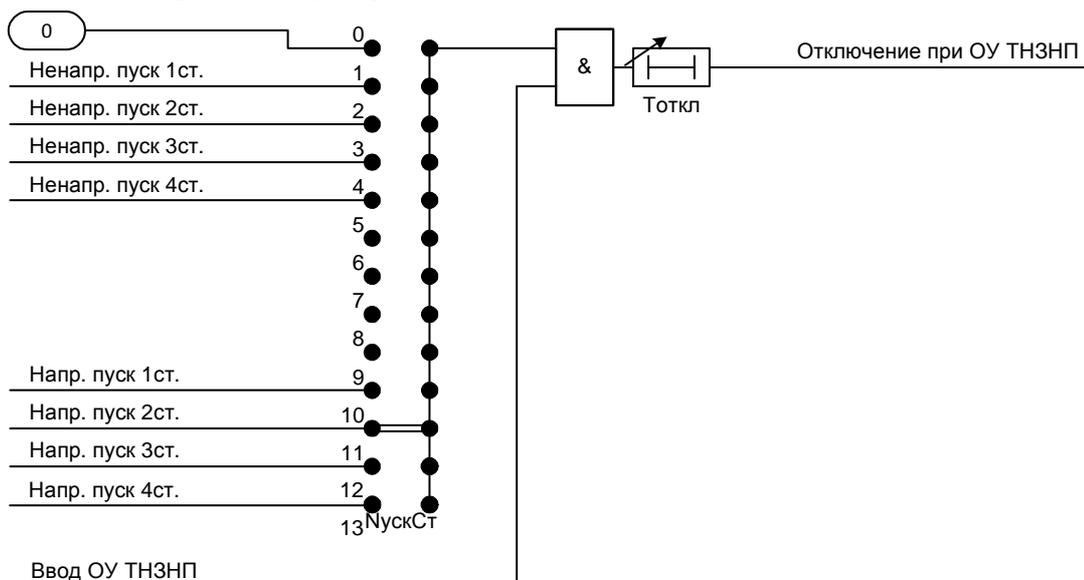


Рисунок 46 – Логика оперативного ускорения

Предусмотрена возможность ввода оперативного ускорения ступени ТНЗНП. Оперативное ускорение чаще всего вводится при выводе основной защиты присоединения. Логика оперативного ускорения показана на рисунке 46.

Ввод оперативного ускорения ТНЗНП осуществляется сигналом «Ввод ОУ ТНЗНП». Ускоряемая ступень выбирается программной накладкой «НускСт» и может быть как ненаправленной, так и направленной. Время срабатывания ТНЗНП в режиме оперативного ускорения определяется уставкой «Тоткл».

1.2.4.6.5 Все сигналы о срабатывании ТНЗНП при ускорении объединяются по логике «ИЛИ», и, если нет сигнала о выводе ТНЗНП, действуют на отключение, как показано на рисунке 47.

В логике ускорения ТНЗНП возможно блокирование срабатывания при БНТ. Оно вводится программной накладкой «НблкБНТ».

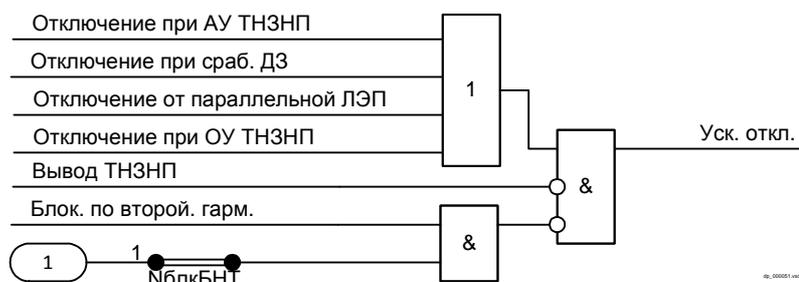


Рисунок 47 – Логика формирования сигнала на отключение при ускорении

Таблица 27 – Уставки логики ускорения ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Блокирование ускорения ТНЗНП при броске намагничивающего тока (0 – вывод, 1 – ввод)	НблкБНТ	–	1
<b>Автоматическое ускорение</b>			
Режим автоматического ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 1, 2, 3, 4 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, ТНЗНП)	НускСт	–	2
Время продления пускового сигнала логики ускорения ТНЗНП при включении выключателя, мс	Тввод	от 500 до 10000 (шаг 1)	1000

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
ВВС логики автоматического ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100
<b>Оперативное ускорение</b>			
Режим оперативного ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 9, 10, 11, 12 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4 ТНЗНП)	НускСт	–	10
ВВС логики оперативного ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100
<b>Ускорение при срабатывании дистанционной защиты</b>			
Работа ускорения ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – ускорение отсутствует, 2, 3, 4 – ненаправленный пуск ступеней 2, 3, 4 ТНЗНП)	НускСт	–	0
ВВС логики ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тоткл	от 5 до 50 (шаг 1)	50
Время продления пускового сигнала логики ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тввод	от 50 до 500 (шаг 1)	500
<b>Ускорение от защит параллельной линии</b>			
Режим работы ускорения от защит параллельной ЛЭП (0 – ввод при РПВ ШСВ, 1 – постоянный ввод)	Нреж	–	0
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП от защит параллельной линии (0 – ускорение отсутствует, 2, 3, 4 – ненаправленный пуск ступеней 2, 3, 4 ТНЗНП)	НускСт	–	0
ВВС логики ускорения от защит параллельной линии, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100

## 1.2.5 Токовая отсечка

### 1.2.5.1 Принцип действия

Устройство может включать токовую отсечку, содержащую семь токовых ИО: три из них включены на фазные токи («**ИсрабА**», «**ИсрабВ**», «**ИсрабС**»), три – на разностные – «междуфазные» – токи («**ИсрабАВ**», «**ИсрабВС**», «**ИсрабСА**») и один – на ток нулевой последовательности («**3Иосраб**»). Функциональный блок токовой отсечки представлен на рисунке 48. Логика работы токовой отсечки представлена на рисунке 49.

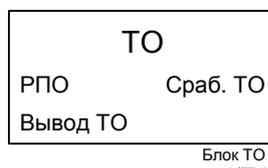


Рисунок 48 – Функциональный блок токовой отсечки

Таблица 28 – Входы и выходы функционального блока токовой отсечки

Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Вывод ТО	Вывод токовой отсечки из работы
Логические выходы	
Сраб. ТО	Срабатывание токовой отсечки

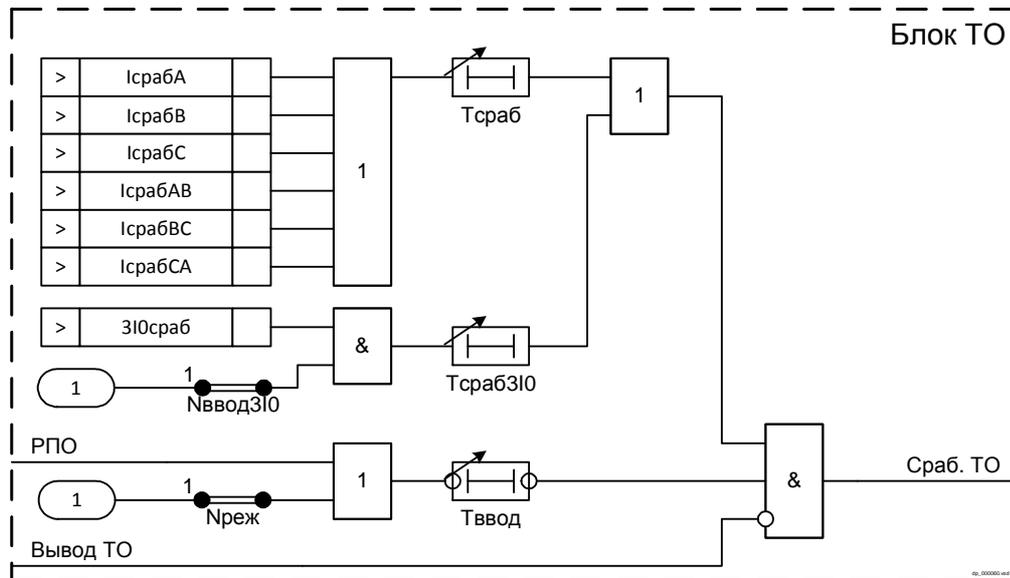


Рисунок 49 – Логическая схема работы токовой отсечки

Программная накладка «**Нреж**» определяет режим работы ТО:

- «**Нреж**» = 0 – токовая отсечка вводится на время, определяемое уставкой «**Тввод**», после включения выключателя (сигнал «**РПО**»);
- «**Нреж**» = 1 – токовая отсечка введена постоянно.

Токовая отсечка может быть выведена из работы сигналом «**Вывод ТО**».

Уровень срабатывания ИО, включенных на фазные токи, регулируется уставкой «**IсрабФ**». Уровень срабатывания ИО, включенных на «междуфазные» токи, регулируется уставкой «**IсрабФФ**». Уровень срабатывания ИО, включенного на ток нулевой последовательности  $3I_0$ , регулируется уставкой «**3I0сраб**».

Токовая отсечка по току нулевой последовательности может быть введена в работу программной накладкой «**Нввод3I0**».

Выдержка времени на срабатывание фазной и междуфазной токовой отсечки определяется уставкой «**Тсраб**».

Выдержка времени на срабатывание токовой отсечки по нулевой последовательности определяется уставкой «**Тсраб3I0**».

Время ввода в работу токовой отсечки при включении выключателя определяется уставкой «**Тввод**».

Таблица 29 – Уставки токовой отсечки

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания фазного контура ТО, % от $I_{НОМ}$	IсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	450
Ток срабатывания междуфазного контура ТО, % от $I_{НОМ}$	IсрабФФ	от 15 до 5000 (шаг 1)	780
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ТО, % от $I_{НОМ}$	3I0сраб	от 45 до 9000 (шаг 1)	300
Работа ТО нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	Nввод3I0	–	0
Режим работы ТО (0 – при включении выключателя, 1 – непрерывный)	Nреж	–	0
ВВС ТО нулевой последовательности, мс	Tсраб3I0	от 15 до 600 (шаг 1)	20
ВВС междуфазных и фазных контуров ТО, мс	Tсраб	от 1 до 10000 (шаг 1)	20
Время ввода в работу ТО при включении выключателя, мс	Tввод	от 700 до 2000 (шаг 1)	1000

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

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

1.2.5.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от  $0,9$  до  $1,1 f_{\text{ном}}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.5.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее  $0,9$ .

1.2.5.6 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает  $15$  мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{\text{сраб}}$  и не превышает  $40$  мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{\text{сраб}}$ ).

1.2.5.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{\text{сраб}}$  до нуля составляет не более  $30$  мс.

### 1.2.6 Максимальная токовая защита

#### 1.2.6.1 Принцип действия

Устройство может включать двухступенчатую максимальную токовую защиту (МТЗ).

Функциональный блок МТЗ представлен на рисунке 50.

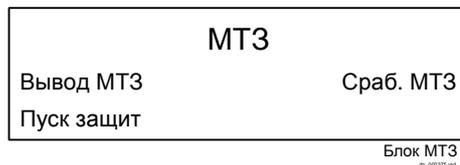


Рисунок 50 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 30 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

Логические входы	
Вывод МТЗ	Вывод МТЗ
Пуск защит	Пуск защит устройства
Логические выходы	
Сраб. МТЗ	Срабатывание МТЗ

Программная накладка «**Нреж**» позволяет запрещать действие МТЗ при пуске основных защит терминала. При «**Нреж**» =  $0$  вывод МТЗ при пуске защит запрещен, а при «**Нреж**» =  $1$  – разрешен.

Таблица 31 – Уставки максимальной токовой защиты

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа МТЗ при пуске защит терминала ( $0$ – вывод, $1$ – ввод)	Нреж	–	$0$

#### 1.2.6.2 Степень МТЗ

Каждая ступень содержит ИО, включенные на фазные («**ИсрабА**», «**ИсрабВ**», «**ИсрабС**») и «междуфазные» токи («**ИсрабАВ**», «**ИсрабВС**», «**ИсрабСА**»). Функциональный блок ступени МТЗ представлен на рисунке 51. Логика работы ступени МТЗ представлена на рисунке 52.

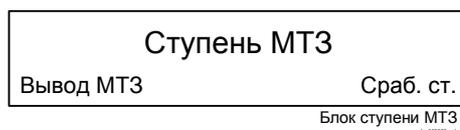


Рисунок 51 – Функциональный блок ступени МТЗ

Таблица 32 – Входы и выходы функционального блока ступени МТЗ

Логические входы	
Вывод МТЗ	Вывод ступени МТЗ
Логические выходы	

Сраб. ст.	Срабатывание ступени МТЗ
-----------	--------------------------

Ступень МТЗ вводится в работу накладкой «**Нввод**».

Функция МТЗ может быть выведена из работы сигналом «Вывод МТЗ» либо при пуске других защит терминала.

Время срабатывания ступени МТЗ определяется уставкой «**Тсраб**».

Уровень срабатывания ИО, включенных на фазные токи, регулируется уставкой «**ИсрабФ**». Уровень срабатывания ИО, включенных на «междуфазные» токи, регулируется уставкой «**ИсрабФФ**».

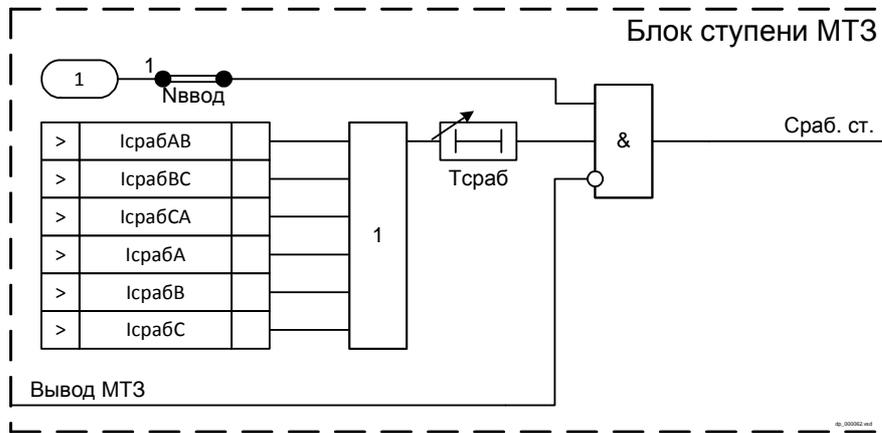


Рисунок 52 – Логическая схема работы ступени МТЗ

Сигналы срабатывания ступеней МТЗ объединяются по логике «ИЛИ» для формирования сигнала срабатывания МТЗ «Сраб. ст.».

Таблица 33 – Уставки ступени максимальной токовой защиты

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания фазного контура ступени МТЗ, % от $I_{ном}$	ИсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	390
Ток срабатывания междуфазного контура ступени МТЗ, % от $I_{ном}$	ИсрабФФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	620
Работа ступени МТЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	1
ВВС ступени МТЗ, мс	Тсраб	от 15 до 20000 (шаг 1)	400

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

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

1.2.6.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от  $0,9$  до  $1,1 f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.6.4 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее  $0,9$ .

1.2.6.5 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает  $15$  мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{сраб}$  и не превышает  $40$  мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{сраб}$ ).

1.2.6.6 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{сраб}$  до нуля составляет не более  $30$  мс.

1.2.7 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току

1.2.7.1 Принцип действия

АРПТ состоит из трех ИО, реагирующих на ток прямой последовательности  $I_1$ . Функциональный блок АРПТ представлен на рисунке 53. Логика работы АРПТ представлена на рисунке 54.

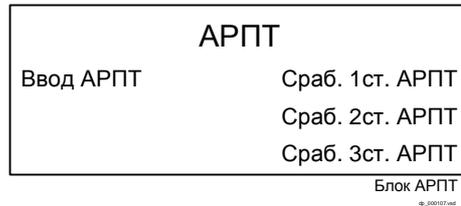


Рисунок 53 – Функциональный блок АРПТ

Таблица 34 – Входы и выходы функционального блока АРПТ

Логические входы	
Ввод АРПТ	Ввод АРПТ
Логические выходы	
Сраб. 1ст. АРПТ	Срабатывание первой ступени АРПТ
Сраб. 2ст. АРПТ	Срабатывание второй ступени АРПТ
Сраб. 3ст. АРПТ	Срабатывание третьей ступени АРПТ

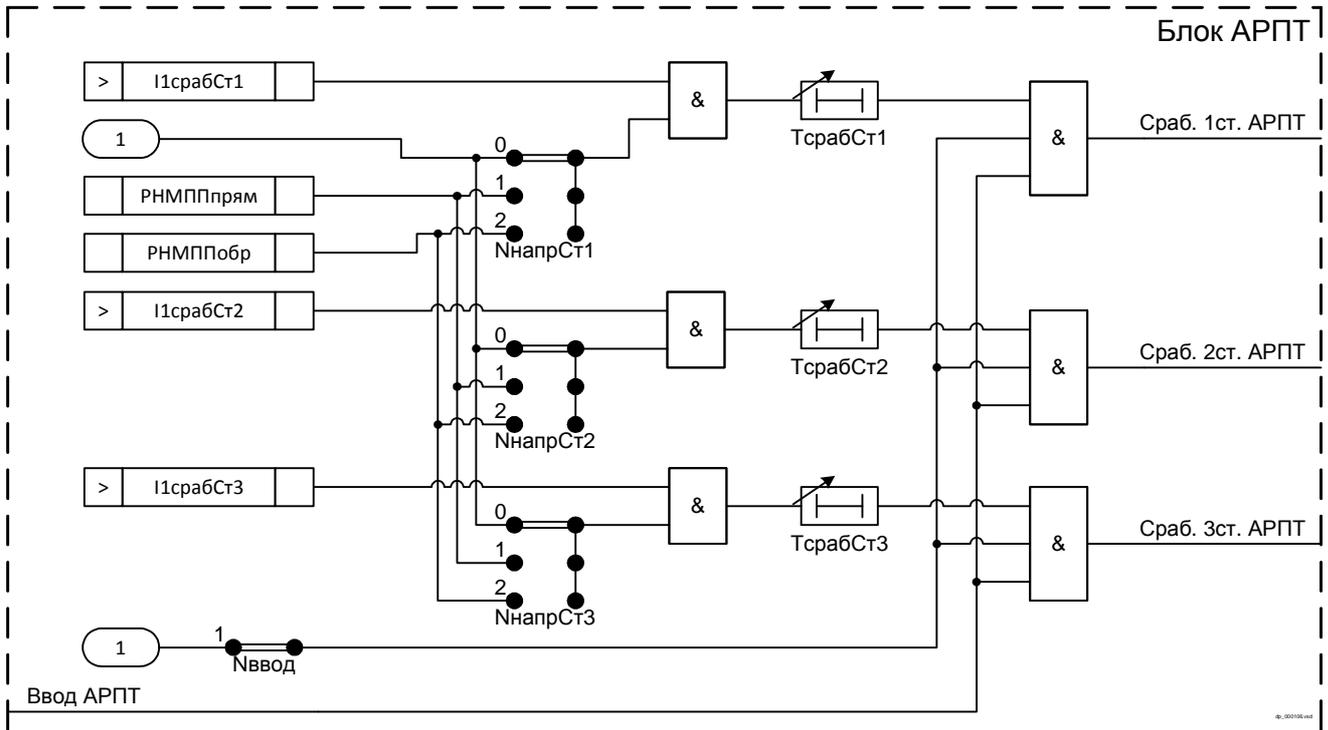


Рисунок 54 – Логическая схема АРПТ

Уровень срабатывания ИО тока АРПТ определяется уставками «**I1срабСт1**», «**I1срабСт2**», «**I1срабСт3**» по току прямой последовательности для первой, второй и третьей ступеней соответственно.

Выдержки времени на срабатывание первой, второй и третьей ступеней АРПТ определяются уставками «**ТсрабСт1**», «**ТсрабСт2**» и «**ТсрабСт3**» соответственно.

Контроль направления мощности АРПТ осуществляется с использованием двух ИО активной мощности прямой последовательности: прямого и обратного направления. Прямое направление соответствует протеканию активной мощности прямой последовательности от шин в присоединение. Угол охвата каждого ИО направления мощности составляет не менее 160°.

Направленность ступеней АРПТ определяется положениями программных накладок «**НнапрСт1**», «**НнапрСт2**», «**НнапрСт3**» для первой, второй и третьей ступеней соответственно.

АРПТ вводится в работу с помощью внешнего сигнала «Ввод АРПТ». АРПТ формирует сигналы «Сраб. 1ст. АРПТ», «Сраб. 2ст. АРПТ», «Сраб. 3ст. АРПТ», которые могут быть использованы для сигнализации и отключения потребителей.

АРПТ может быть введена в работу при помощи программной наклейки «**Нввод**».

Таблица 35 – Уставки автоматической разгрузки при перегрузке по току

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток прямой последовательности ступени 1 АРПТ, % от $I_{ном}$	$I_{срабСт1}$	от 15 до 500 (шаг 1)	300
Ток прямой последовательности ступени 2 АРПТ, % от $I_{ном}$	$I_{срабСт2}$	от 15 до 500 (шаг 1)	400
Ток прямой последовательности ступени 3 АРПТ, % от $I_{ном}$	$I_{срабСт3}$	от 15 до 500 (шаг 1)	500
Работа модуля АРПТ (0 – вывод, 1 – ввод)	$N_{ввод}$	–	0
Режим направленности ступени 1 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	$N_{напрСт1}$	–	0
Режим направленности ступени 2 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	$N_{напрСт2}$	–	0
Режим направленности ступени 3 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	$N_{напрСт3}$	–	0
ВВС ступени 1 АРПТ, мс	$T_{срабСт1}$	от 100 до 3000000 (шаг 1)	200000
ВВС ступени 2 АРПТ, мс	$T_{срабСт2}$	от 100 до 3000000 (шаг 1)	250000
ВВС ступени 3 АРПТ, мс	$T_{срабСт3}$	от 100 до 3000000 (шаг 1)	300000

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

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

1.2.7.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до  $1,1 f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.7.4 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее 0,9.

1.2.7.5 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{сраб}$  и не превышает 40 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{сраб}$ ).

1.2.7.6 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{сраб}$  до нуля составляет не более 30 мс.

1.2.7.7 Средняя основная погрешность органа направленности не превышает  $\pm 10\%$  от уставки.

1.2.7.8 Средняя основная абсолютная погрешность органа направленности по углу максимальной чувствительности не превышает  $\pm 5^\circ$ .

1.2.7.9 Дополнительная погрешность по току и напряжению срабатывания всех ИО направленности при изменении температуры не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

1.2.7.10 Дополнительная погрешность по току и напряжению срабатывания всех ИО направленности при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1  $f_{ном}$  не превышает  $\pm 10\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.7.11 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех ИО органа направленности при изменении напряжения от 3  $U_{сраб}$  до 180 В и тока от 3  $I_{сраб}$  до 20  $I_{ном}$  не превышает  $\pm 10\%$ .

1.2.7.12 Время срабатывания органа направленности при одновременной подаче синусоидального напряжения 3  $U_{сраб}$  и тока 3  $I_{сраб}$  составляет не более 40 мс.

1.2.7.13 Время возврата органа направленности при одновременном сбросе входных напряжения и тока до нуля составляет не более 40 мс.

## 1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения

### 1.2.8.1 Принцип действия

В устройстве может быть реализована блокировка при неисправностях в цепях напряжения, реагирующая на все виды обрывов и замыканий, как в цепях «звезды», так и в цепях «разомкнутого треугольника», а также обрыв нейтрального провода. Функциональный блок БНН представлен на рисунке 55.

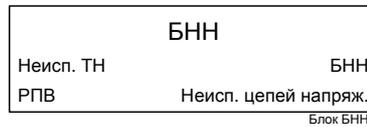


Рисунок 55 – Функциональный блок БНН

Таблица 36 – Входы и выходы функционального блока БНН

Логические входы	
Неисп.ТН	Неисправность трансформатора напряжения
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Логические выходы	
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Неисп. цепей напряж.	Сигнализации о неисправности цепей напряжения

При обнаружении неисправностей в цепях «треугольника» выдается блокирующий сигнал на функции, использующие эти цепи напряжения.

1.2.8.2 Если на терминал заведены два напряжения с «разомкнутого треугольника» ТН, то в работу может быть введен алгоритм обнаружения неисправности в цепях напряжения, основанный на сравнении соответствующих напряжений «звезды» и «разомкнутого треугольника». Сравнение производится по алгоритму, указанному в приложении Б. Уставкой «НособФ», значения которой представлены в таблице 37, задается особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 56 показана логика работы для особой фазы А. Два ИО («Узв-Уни» и «Узв-Унк») работают с одной уставкой – «ЗУ0-Унк». Значение уставки «НособФ» = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 37 – Особая фаза для ИО БНН

Значение уставки «НособФ»	Особая фаза	Напряжение $U_{ни}$	Напряжение $U_{нк}$
0	–	–	–
1	А	$\underline{U}_A$	$\underline{U}_B + \underline{U}_C$
2	В	$\underline{U}_B$	$\underline{U}_C + \underline{U}_A$
3	С	$\underline{U}_C$	$\underline{U}_A + \underline{U}_B$

Для правильной работы функции БНН важен не только выбор особой фазы, но и правильная полярность измеряемых напряжений. Необходимо отметить, что для случая, когда направления векторов «звезды» и «треугольника» ТН не совпадают, соответствующие напряжения «разомкнутого треугольника» должны подаваться на клеммы терминала с обратной полярностью.

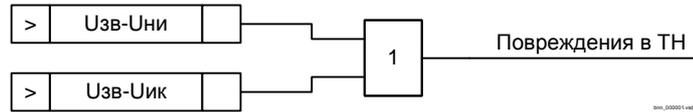


Рисунок 56 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

Данный алгоритм выявляет все виды замыканий за исключением междуфазного замыкания в цепях «звезды» (для особой фазы А это междуфазное КЗ  $K^{(2)}_{BC}$ ), а также трехфазные обрывы, вызванные срабатыванием в цепях ТН автомата, отключающего одновременно как цепи «звезды», так и цепи «разомкнутого треугольника».

1.2.8.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 57) используются ИО тока « $I_2$ » и напряжения обратной последовательности « $U_2$ ». При междуфазных замыканиях во вторичных цепях ТН происходит повышение уровня напряжения обратной последовательности, тогда как ток обратной последовательности находится на низком (нормальном) уровне.

Время срабатывания БНН при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях определяется уставкой «ТсрабФФ».

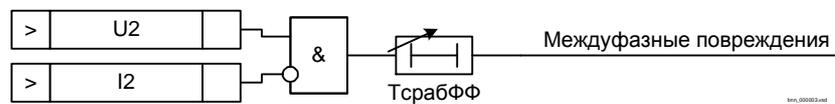


Рисунок 57 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.8.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 58. ИО « $U_1$ » показывает высокий уровень напряжения прямой последовательности, ИО « $dU_1$ » реагирует на приращение напряжения прямой последовательности, а ИО « $dI_1$ » – на приращение тока прямой последовательности. ИО « $I_{1\text{мин}}$ » осуществляет контроль протекания тока через выключатель.

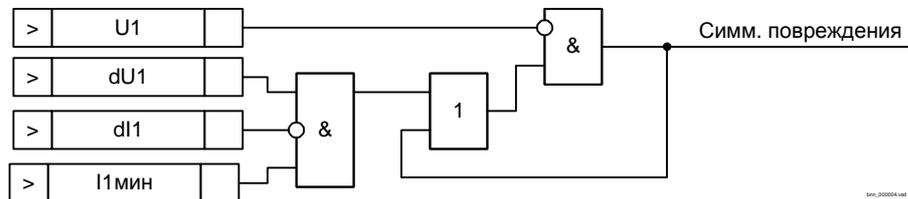


Рисунок 58 – Выявление симметричных повреждений

1.2.8.5 Дополнительно для выявления несимметричных обрывов и земляных замыканий в цепях «звезды», а также межвитковых замыканий в обмотках «разомкнутого треугольника» вводится ИО « $3U_0\text{-Унк}$ », реагирующий на разность расчетного напряжения нулевой последовательности (по фазным напряжениям «звезды») и напряжения, снятого с выводов цепей «разомкнутого треугольника».



Рисунок 59 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.8.6 На рисунке 60 приведена логическая схема для отслеживания обрывов в цепях «разомкнутого треугольника». Данная ветвь алгоритма необходима, когда на терминал с ТН заводится только напряжение  $U_{нк}$ . Срабатывание определяется сигналом ИО « $3U_0f_3$ », реагирующим на уровень напряжения третьей гармоники в цепях «разомкнутого треугольника». Здесь используется тот факт, что даже в нормальном режиме из-за нелинейности ТН в цепях «разомкнутого треугольника» наблюдается значительный уровень третьей гармоники – около 0,5 В. При обрыве уровень третьей гармоники значительно снижается (теоретически до нуля). Для исключения ложного срабатывания при близком трехфазном замыкании и понижении напряжения фаз выполнен контроль уровня напряжения прямой последовательности (ИО « $U_1$ »).

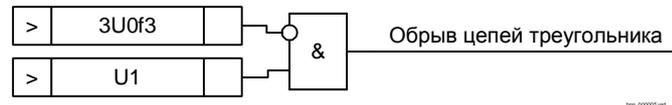


Рисунок 60 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

Программной накладкой «**НобрывУнк**» задается режим работы логики фиксации обрывов. При «**НобрывУнк**» = 1 блокируются ИО защиты, использующие цепи напряжения «звезды», при повреждении цепей «разомкнутого треугольника», а при «**НобрывУнк**» = 0 блокирование не производится. Вне зависимости от положения накладки при обрывах в цепях «разомкнутого треугольника» выдается сигнал «Неисп. цепей напряж.».

Рекомендованное значение уставки ИО «**3U0f3**» составляет 0,2 %  $U_{ном}$ . В этом случае напряжение гарантированного срабатывания сигнализации по третьей гармонике составляет 0,1 В, а гарантированного несрабатывания – 0,3 В. Для отключения контроля исправности цепей «разомкнутого треугольника» уставка задается равной нулю.

1.2.8.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 61.

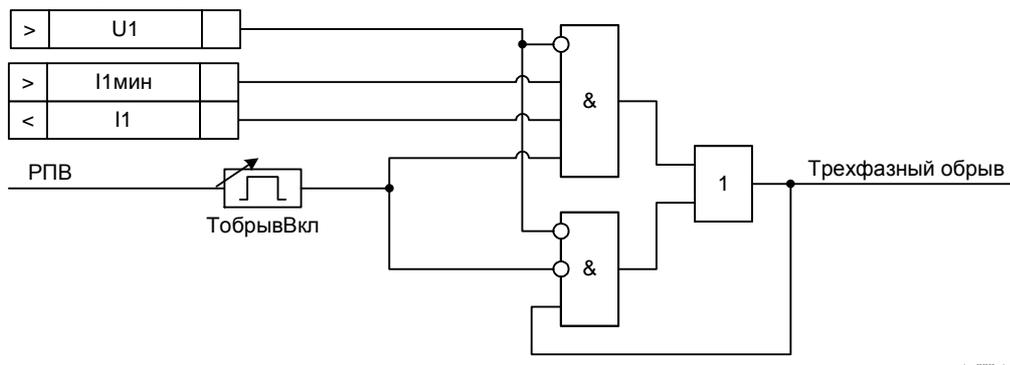


Рисунок 61 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

Уставка ИО «**I1**» задает максимальный нагрузочный ток. ИО «**I1мин**» осуществляет контроль протекания тока через выключатель. В том случае, если при включении терминала подводимое напряжение близко к нулю и ток прямой последовательности находится в пределах нагрузочного, происходит срабатывание БНН. Время, на которое схема вводится в работу, определяется уставкой «**ТобрывВкл**». Логика определения обрывов при включении может быть введена программной накладкой «**НобрывВкл**».

1.2.8.8 Для предотвращения ложной работы БНН при близких замыканиях, когда вследствие электромагнитных наводок появляется значительная разница между расчетным напряжением нулевой последовательности и напряжением «разомкнутого треугольника», вводится ИО тока нулевой последовательности «**3I0**», который блокирует срабатывание БНН.

Задержка на выдачу сигнала о неисправности цепей напряжения в цепи сигнализации определяется уставкой «**ТсрабСигн**».

БНН срабатывает при получении внешнего сигнала о неисправности ТН от блок-контакта автомата ТН, от защиты ТН или иного быстродействующего устройства. Для отстройки от кратковременных несимметрий, возникающих при одновременном замыкании силовых контактов автомата предусмотрено продление блокировки при получении сигнала о неисправности ТН. Продление сигнала блокировки определяется уставкой «**ТвнешНеисп**».

1.2.8.9 Режим работы БНН задается программной накладкой «**Нреж**»:

- «**Нреж**» = 0 – БНН полностью выводится из работы, сигналы неисправности не выдаются, блокировка внутренних функций терминала не производится;
- «**Нреж**» = 1 – БНН находится в работе и формирует сигналы как неисправности, так и блокировки соответствующих функций терминала при обнаружении неисправности цепей ТН;
- «**Нреж**» = 2 – функция БНН работает только на сигнализацию. При обнаружении неисправностей цепей ТН формируется сигнал неисправности, но блокирование соответствующих функций терминала не производится.

1.2.8.10 Уставки функции БНН приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Уставки БНН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Разность напряжений $3U_0$ «звезды» и «разомкнутого треугольника», % от $U_{ф.ном}$	$3U0-Uнк$	от 6 до 120 (шаг 1)	6
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$U1$	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Напряжение обратной последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$U2$	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальный ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$I_{мин}$	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$I1$	от 60 до 120 (шаг 1)	60
Ток обратной последовательности, % от $I_{ном}$	$I2$	от 10 до 200 (шаг 1)	10
Утроенный ток нулевой последовательности блокирования БНН, % от $I_{ном}$	$3I0$	от 300 до 1800 (шаг 1)	1800
Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники, % от $U_{ном}$	$3U0f3$	от 0 до 3 (шаг 1)	1,5
Приращение тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$dI1$	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Приращение напряжения прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$dU1$	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Режим работы БНН (0 – вывод, 1 – ввод, 2 – на сигнал)	$Nреж$	–	1
Особая фаза цепей напряжения (0 – вывод функции сравнения, 1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	$NособФ$	–	0
Обнаружение обрывов при включении (0 – вывод, 1 – ввод)	$NобрывВкл$	–	0
Обнаружение обрывов в «разомкнутом треугольнике» (0 – вывод, 1 – ввод)	$NобрывУнк$	–	1
Продление внешнего сигнала о неисправности ТН, мс	$TвнешНеисп$	от 20 до 32000 (шаг 1)	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	$TсрабСигн$	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000
ВВС при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях, мс	$TсрабФФ$	от 10 до 1000 (шаг 1)	10
Время ввода логики фиксации обрывов при включении, мс	$TобрывВкл$	от 1 до 5000 (шаг 1)	100

1.2.8.11 Средняя основная погрешность всех ИО тока и напряжения кроме ИО напряжения третьей гармоники не превышает  $\pm 3\%$ , а ИО приращения –  $\pm 10\%$ . Средняя основная погрешность ИО напряжения третьей гармоники не превышает  $\pm 0,1\%$  от  $U_{ном}$  или  $\pm 5\%$  от значения уставки.

1.2.8.12 Дополнительная погрешность порога срабатывания всех ИО тока и напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения параметров, измеренных при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , а ИО приращения –  $\pm 10\%$ .

1.2.8.13 Дополнительная погрешность порога срабатывания всех ИО тока и напряжения при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до  $1,1 f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте, а ИО приращения –  $\pm 10\%$ .

1.2.8.14 Коэффициент возврата всех ИО тока и напряжения не менее 0,9 для максимальных ИО и не более 1,1 для минимальных ИО.

1.2.8.15 Время срабатывание (возврата) всех максимальных (минимальных) ИО тока и напряжения не превышает 15 мс при подаче соответствующего трехкратного тока срабатывания  $3 I_{сраб}$  или трехкратного напряжения срабатывания  $3 U_{сраб}$ .

1.2.8.16 Время возврата (срабатывания) всех максимальных (минимальных) ИО тока и напряжения составляет не более 30 мс при сбросе входного тока от  $10 I_{сраб}$  до нуля или напряжения от  $3 U_{сраб}$  до нуля.

### 1.2.9 Блокировка при длительном отсутствии напряжения

#### 1.2.9.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция блокировки при длительном отсутствии напряжения. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей. Функциональный блок функции контроля ТН представлен на рисунке 62. Логика работы представлена на рисунке 63.

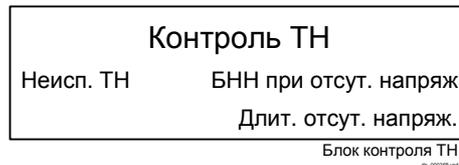


Рисунок 62 – Функциональный блок контроля ТН

Таблица 39 – Входы и выходы функционального блока контроля ТН

Логические входы	
Неисп. ТН	Неисправность трансформатора напряжения
Логические выходы	
БНН при отсут. напряж.	Срабатывание блокировки при длительном отсутствии напряжения
Длит. отсут. напряж.	Сигнализация о длительном отсутствии напряжения

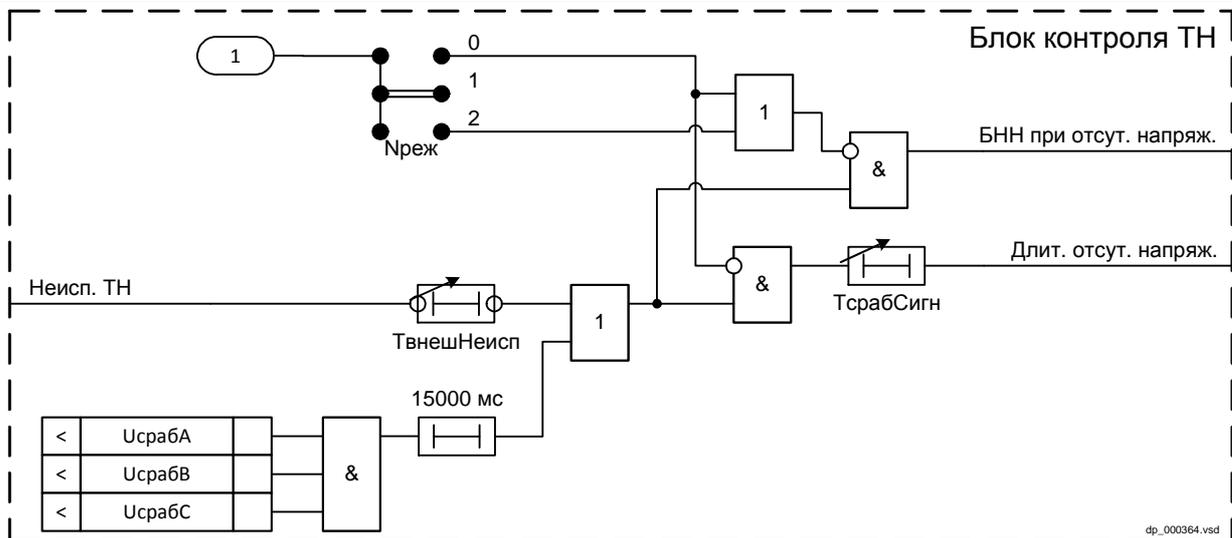


Рисунок 63 – Логическая схема работы контроля ТН

Принцип работы контроля ТН основан на контроле величин фазных напряжений. При длительном (более 15 с) отсутствии фазных напряжений на входе устройства выдается блокирующий сигнал на дистанционную защиту, общий критерий повреждения и других модулей, использующих эти цепи напряжения.

Уставка срабатывания ИО минимального фазного напряжения «УсрабМин» задает напряжение срабатывания для ИО «УсрабА», «УсрабВ» и «УсрабС».

Таймер «ТсрабСигн» определяет задержку на выдачу сигнала о неисправности цепей напряжения в цепи сигнализации.

Функция контроля ТН срабатывает при получении внешнего сигнала о неисправности ТН от блок-контакта автомата ТН, от защиты ТН или иного быстродействующего устройства. Выдержка времени на срабатывание «ТвнешНеисп» определяет продление сигнала внешней блокировки.

Режим работы функции контроля ТН задается программной накладкой «Нреж»:

- «Нреж» = 0 – контроль ТН полностью выводится из работы, сигналы неисправности не выдаются, блокировка внутренних функций терминала не производится;
- «Нреж» = 1 – контроль ТН находится в работе и формирует сигналы как неисправности, так и блокировки соответствующих функций терминала при обнаружении неисправности цепей ТН;
- «Нреж» = 2 – функция контроля ТН работает только на сигнализацию. При обнаружении неисправностей цепей ТН формируется сигнал неисправности, но блокирование соответствующих функций терминала не производится.

Таблица 40 – Уставки модуля контроля ТН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное фазное напряжение на шинах, % от $U_{ф.ном}$	УсрабМин	от 10 до 90 (шаг 1)	10
Режим работы БНН (0 – вывод, 1 – ввод, 2 – на сигнал)	Нреж	–	1
Продление внешнего сигнала о неисправности ТН, мс	ТвнешНеисп	от 20 до 32000 (шаг 1)	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000

1.2.9.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания всех ИО напряжения не превышает  $\pm 3\%$  от уставки.

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

1.2.9.4 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания всех ИО напряжения при изменении частоты в диапазоне от 0,98 до  $1,02 f_{ном}$  не превышает  $\pm 5\%$  от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.9.5 Коэффициент возврата всех ИО напряжения не более 1,1.

1.2.9.6 Время срабатывания всех ИО напряжения при сбросе напряжения от трехкратного напряжения срабатывания  $3 U_{сраб}$  до нуля не превышает 30 мс.

1.2.9.7 Время возврата всех ИО напряжения при подаче трехкратного напряжения срабатывания  $3 U_{сраб}$  не превышает 15 мс.

## 1.2.10 Защита от обрыва токоведущих проводников

### 1.2.10.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция защиты от обрывов токоведущих проводников (ЗОП) для сигнализации о неисправности токовых измерительных цепей. Функциональный блок ЗОП представлен на рисунке 64. Логика работы ЗОП представлена на рисунке 65.



Рисунок 64 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 41 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

Логические входы	
Пуск защит	Пуск защит устройства

<b>Логические выходы</b>	
Сраб. ЗОП	Срабатывание защиты от обрыва токоведущего проводника

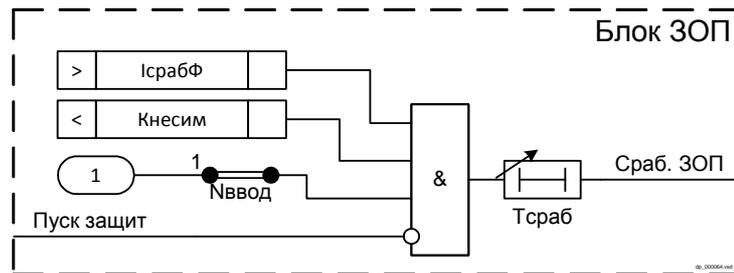


Рисунок 65 – Логическая схема работы ЗОП

Принцип работы ЗОП основан на контроле соотношений величин фазных токов присоединения. Основной ИО «Кнесим» контролирует отношение минимального фазного тока к максимальному. В нормальном режиме он не срабатывает, так как величины токов фаз приблизительно равны. ИО «Кнесим» срабатывает при неправильном чередовании фазных токов. Работа ЗОП разрешена только в режимах, сопровождающихся достаточным уровнем максимального тока, обнаруживаемым ИО «IсрабФ».

Предусмотрен вывод ЗОП при наличии внешнего сигнала «Пуск защиты».

Задержка на срабатывание защиты от обрыва проводника определяется уставкой «Тсраб».

Функция ЗОП может быть введена в работу программной накладкой «Нввод».

Таблица 42 – Уставки защиты от обрыва токоведущих проводников

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка по току для запуска функции ЗОП, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Максимально допустимое расхождение минимального и максимального фазных токов, %	Кнесим	от 10 до 90 (шаг 1)	50
Работа ЗОП (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	1
ВВС логики ЗОП, мс	Тсраб	от 100 до 100000 (шаг 1)	5000

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

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

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

1.2.10.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО не менее  $0,9$ .

1.2.10.6 Время срабатывания всех токовых ИО не превышает  $15$  мс при подаче трехкратного тока срабатывания  $3 I_{сраб}$  и не превышает  $40$  мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на  $20\%$  ( $1,2 I_{сраб}$ ).

1.2.10.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания  $10 I_{сраб}$  до нуля составляет не более  $30$  мс.

1.2.11 Функция резервирования при отказе выключателя

1.2.11.1 Принцип действия

Устройство защиты может включать функцию резервирования при отказе выключателя (УРОВ), выполненное с использованием трех фазных токовых ИО, контролируемых

протекание тока через выключатель. Модуль УРОВ представлен функциональным блоком на рисунке 66. Логика работы индивидуального УРОВ приведена на рисунке 67.



Рисунок 66 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 43 – Входы и выходы функционального блока УРОВ

Логические входы	
Пуск УРОВ	Пуск УРОВ от защит
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Вывод УРОВ	Вывод УРОВ
Логические выходы	
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на отключение своего выключателя
УРОВ на смеж. выкл.	Действие УРОВ на отключение смежных выключателей

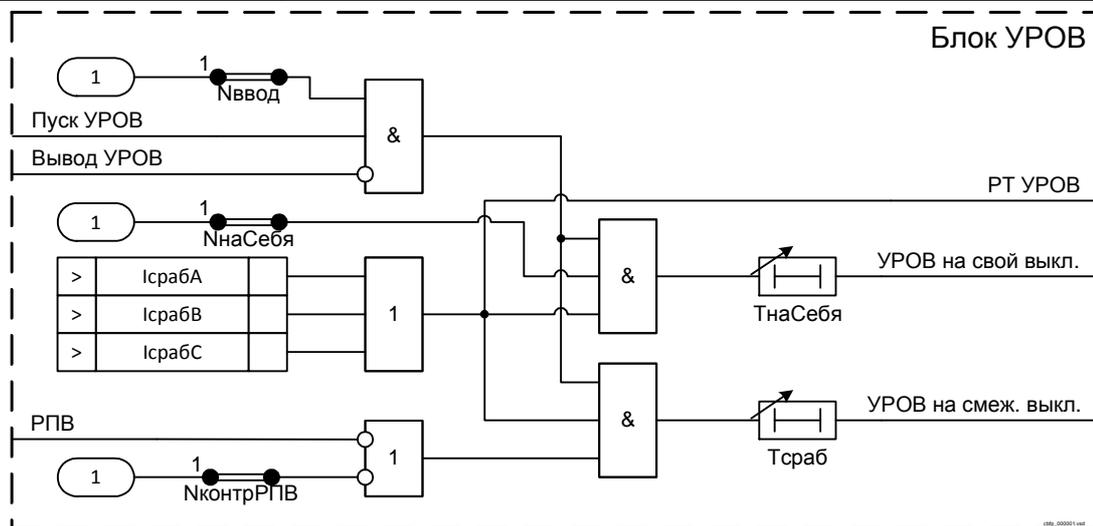


Рисунок 67 – Логическая схема УРОВ

Уровень срабатывания всех трех фазных токовых ИО УРОВ задается уставкой «**Исраб**».

УРОВ срабатывает, если возникают условия отключения, отражаемые в сигнале «Пуск УРОВ».

УРОВ формирует сигнал на отключение смежных выключателей, если ток через выключатель протекает в течение времени, превышающего уставку таймера «**Тсраб**».

Выдержка времени срабатывания УРОВ на повторное отключение своего выключателя задается таймером «**ТнаСебя**».

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

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

Функция резервирования при отказе выключателя может быть введена при помощи программной накладки «**Нввод**».

Сигнал отключения от внешнего УРОВ с запретом АПВ может быть продлен уставкой «**ТвчУРОВ**».

Функция УРОВ может быть выведена из работы сигналом «Вывод УРОВ».

Таблица 44 – Уставки функции УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Фазный ток УРОВ, % от $I_{ном}$	Исраб	от 4 до 100 (шаг 1)	10
Работа УРОВ (0-вывод,1-ввод)	Нввод	–	1
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0-вывод,1-ввод)	НконтрРПВ	–	1
Действие УРОВ на свой выключатель (0-вывод,1-ввод)	НнаСебя	–	1
Замедление отключения смежных выключателей, мс	Тсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	500
Замедление повторного отключения своего выключателя, мс	ТнаСебя	от 0 до 30000 (шаг 1)	500
Продление сигнала ВЧТО УРОВ, мс	ТвчУРОВ	от 1 до 5000 (шаг 1)	10

1.2.11.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО УРОВ не превышает  $\pm 5\%$  от уставки.

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

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

1.2.11.5 Коэффициент возврата реле тока УРОВ не менее 0,9.

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

1.2.11.7 Время возврата реле тока УРОВ при сбросе входного тока от  $30 I_{ном}$  до нуля не превышает 20 мс.

1.2.11.8 Реле 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  $30 I_{ном}$ .

#### 1.2.12 Модуль отключения выключателя

Узел отключения выключателя формирует сигналы на электромагниты отключения выключателя при отсутствии сигнала о блокировании управления выключателем «Блок. упр. выкл.» и при появлении команд оперативного отключения «Команда ОТКЛ», «Отключение от ТУ» или сигналов отключения:

- действие УРОВ на свой выключатель;
- срабатывание защит (ДЗШ, основной защиты объекта, защит терминала).

Функциональный блок модуля отключения представлен на рисунке 68. Логика работы модуля отключения показана на рисунке 69.

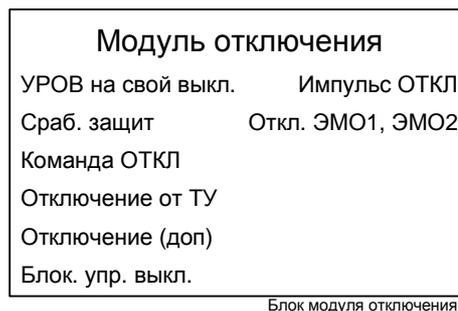


Рисунок 68 – Модуль отключения выключателя

Таблица 45 – Входы и выходы функционального блока модуля отключения

Логические входы	
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на свой выключатель
Сраб. защит	Срабатывание защит устройства
Команда ОТКЛ	Отключение выключателя от ключа управления
Отключение от ТУ	Отключение выключателя от телеуправления
Отключение (доп.)	Дополнительный сигнал отключения выключателя
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
Логические выходы	
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления

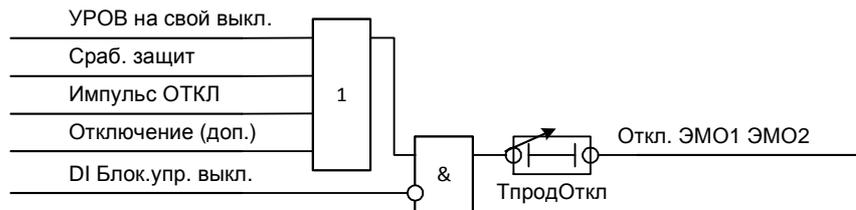


Рисунок 69 – Узел отключения выключателя

Для формирования сигнала на отключение выключателя от оперативного ключа и от сигналов телеуправления реализована логическая цепочка, изображенная на рисунке 70. Она однократно формирует внутреннюю команду на отключение выключателя. Длительность команды отключения определяется уставкой «ТоперОткл».

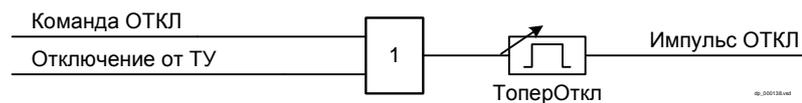


Рисунок 70 – Формирование команды на отключение выключателя

Подача команд на отключение выключателя прекращается при появлении внешнего сигнала «Блок. упр. выкл.».

Обеспечивается продление сигнала отключения на время, определяемое уставкой «ТпродОткл».

Таблица 46 – Уставки модуля отключения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Длительность команды на отключение выключателя от ключа управления (телеуправления), мс	ТоперОткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	150
Время продления отключающего сигнала, мс	ТпродОткл	от 100 до 6000 (шаг 1)	150

### 1.2.13 Узел фиксации положения выключателя

Функциональный блок узла фиксации положения выключателя представлен на рисунке 71. На рисунке 72 приведена логика фиксации положения выключателя.

Фиксация положения выкл.	
РПВ	РФК1
РПО	РФК2
Импульс ВКЛ	РФК3
Импульс ОТКЛ	РФК4
Съем сигнализации	

Блок фиксации положения выключателя

Рисунок 71 – Функциональный блок узла фиксации положения выключателя

Таблица 47 – Входы и выходы блока узла фиксации положения выключателя

Логические входы	
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Съем сигнализации	Съем сигнализации устройства
Логические выходы	
РФК1	РФК1
РФК2	РФК2
РФК3	РФК3
РФК4	РФК4

Формируются сигналы «РФК1» и «РФК2». Триггер фиксирует включенное положение выключателя по сигналу «РПВ». Возврат триггера осуществляется от оперативных команд отключения или от сигнала «РПО».

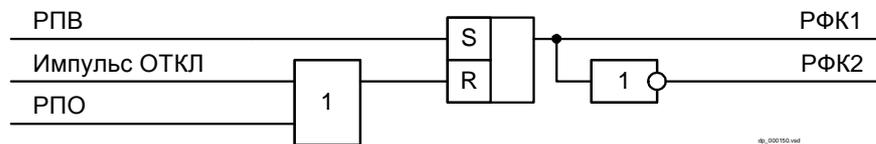


Рисунок 72 – Формирование сигналов РФК1, РФК2

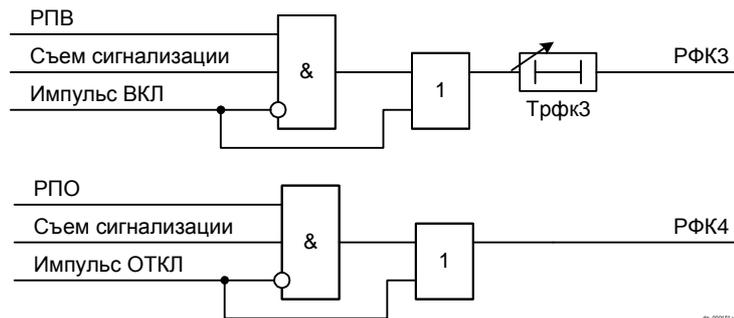


Рисунок 73 – Формирование сигналов РФК3, РФК4

В составе терминала предусматривается двухпозиционное реле, предназначенное для выполнения цепей сигнализации положения выключателя.

Сигналы «РФК3» и «РФК4», представленные на рисунке 73, используются для выполнения сигнализации команд оперативного управления выключателем.

Квитирование (установка в соответствии с положением выключателя) осуществляется сигналом «Съем сигнализации».

Таблица 48 – Уставки узла фиксации положения выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на формирование сигнала «РФК3», мс	Трфк3	от 50 до 500 (шаг 1)	500

## 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, установки, подключения и ввода 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 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», 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 устройство должно быть надежно заземлено через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм<sup>2</sup> наиболее коротким путем.

### 2.3 Подготовка к работе и ввод в эксплуатацию

#### 2.3.1 Настройка, диагностика и проверка каналов связи

##### 2.3.1.1 Характеристика связи между терминалами

Для связи полукомплектов между собой используются оптические порты терминала, расположенные на задней панели (канал связи №1 – ХТ5 и канал связи №2 – ХТ6). Каждый порт связи имеет разъемы для приема и передачи данных от удаленного терминала (Rx и Tx).

Встроенные в терминал оптические порты имеют характеристики, представленные в таблице 49.

Таблица 49 – Характеристики оптических портов связи

Параметр	Значение
Разъем канала связи №1 ДЗЛ	ХТ5
Разъем канала связи №2 ДЗЛ	ХТ6
Коннекторы	Тип ST, для стеклянного оптоволокна
Тип оптоволокна	Многомодовое (ММ)
Диаметр оптоволокна	62,5/125 мкм
Длина волны	(820-900) нм
Мощность передатчика	-13 дБ
Чувствительность приемника	-24 дБ
Дальность связи	До 2 км

При использовании выделенных оптических каналов связи, в зависимости от дальности связи между полукомплектами с терминалом могут дополнительно поставляться оптические повторители, предназначенные для усиления оптического сигнала встроенных портов терминала. Тип конвертера определяется при заказе устройства. Характеристики повторителей приведены в таблице 50.

Таблица 50 – Характеристики повторителей для усиления сигнала

Параметр	Значение			
Коннекторы	Тип LC			
Тип оптоволокна	Одномодовое (SM)			
Дальность связи, км	до 24	до 40	до 60	до 100
Длина волны, нм	1310	1310/1550	1310	1550
Минимальная мощность передатчика, дБ	-15	-8	-5	-5
Минимальная чувствительность приемника, дБ	-28	-33	-34	-34

### 2.3.1.2 Диагностика связи между терминалами

Состояние каналов связи проверяется при помощи ИЧМ терминала («Текущий режим/Аналоговые сигналы/Диагностика связи») или светодиодной сигнализации (если на нее выведены сигналы неисправности каналов связи).

Для оценки состояния связи и возможных неисправностей используются доступные через ИЧМ данные, приведенные в таблице 51.

Для быстрой оценки состояния каналов связи используются сигналы «Неисп. 1 канала», «Неисп. 2 канала» и параметр «Акт. канал». На них выводится суммарная информация о состоянии связи. Если в каком-либо канале обнаруживается неисправность, сигнал неисправности соответствующего канала устанавливается. Параметр «Акт. канал» предназначен для получения информации о наиболее устойчивом и предпочтительном канале связи.

Для контроля состояния конкретного канала связи используются данные диагностики, раскрывающие возможные неисправные состояния.

Для каждого канала связи терминал измеряет и отображает время «Тпередачи  $i$ кнл», которое предназначено для оценки времени задержки, вносимой каналом связи.

Для длительного контроля состояния канала связи и обнаружения кратковременных сбоев предназначен счетчик ошибок «Сч. ошибок кнл $i$ ». При появлении какой-либо ошибки в канале связи его значение увеличивается на 1. Значение счетчика, отличное от нуля, само по себе не является признаком ошибки в канале связи, а лишь отражает появление ошибок до текущего момента (например, в момент наладки).

Параметр диагностики «Прием сигнала  $i$ » позволяет проверить наличие на входе приемника оптического порта данных от удаленного терминала, либо мультиплексорного оборудования. Значение «1» параметра означает, что на вход порта терминала поступают корректные кадры протокола С37.94. Значение «0» может означать, например, неисправность оптического кабеля.

Наличие или отсутствие пакетов от удаленного терминала контролируется параметром «Пакетные данные  $i$ ». Отсутствие значения «1» параметра «Пакетные данные  $i$ » при наличии приема сигнала означает, что имеется, например, неправильная настройка ЦСПИ, либо неверное задание адресов терминала.

«Сбой данных  $i$ кнл» и «Сбой синхр.  $i$ кнл» отображают периодически возникающие явления нестабильности канала связи. Кратковременное установление этих параметров в «1» является следствием того, что в канале связи периодически возникает неисправность. В случае работы по выделенному каналу связи необходимо проверить надежность подключения разъемов оптического кабеля, а в случае работы через мультиплексорное оборудование – настройки синхронизации.

В случае сложных ситуаций необходимо обратиться к специалистам предприятия.

### 2.3.1.3 Настройка связи между терминалами по выделенному оптическому каналу

На рисунке 74 приведена условная схема подключения двух терминалов к выделенному оптическому каналу связи через дополнительные усилители (повторители). Пример приведен для первого канала связи. В случае наличия двух выделенных каналов связи, каждый из каналов настраивается и проверяется отдельно.

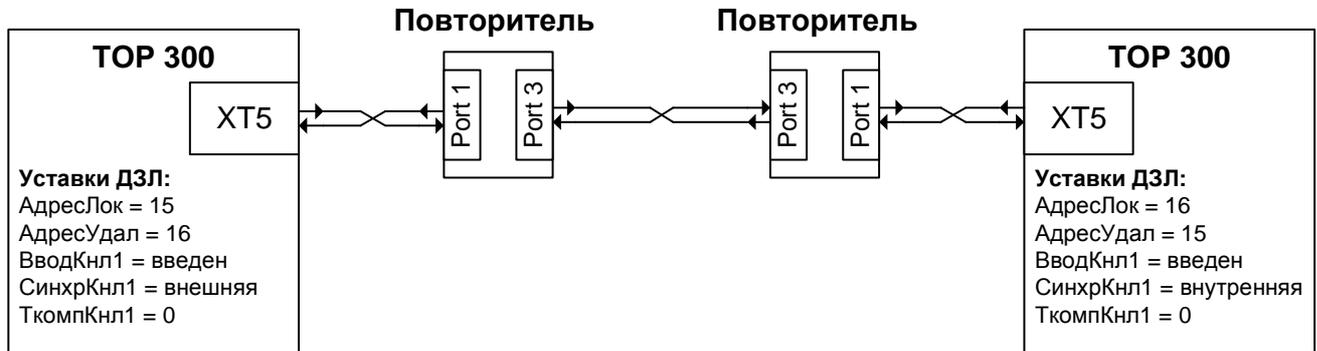


Рисунок 74 – Связь по выделенному каналу №1

Для установки связи между полукомплектами ДЗЛ необходимо соединить одноименные каналы связи между терминалами.

При использовании оптических повторителей для увеличения дальности связи, порт терминала подключается к порту «Port 1» повторителя. Порт «Port 3» повторителя должен быть соединен с оптическим кабелем, соединенным с удаленным полукомплектом ДЗЛ.

Все соединения выполняются перекрестно, разъем Tx (передатчик) соединяется с разъемом Rx (приемник) и наоборот.

Для проверки соединения между оптическими повторителями необходимо проверить состояние светодиода «Error» на каждом из повторителей. Если связь исправна, светодиод находится в погашенном состоянии. Индикация светодиодом ошибки означает, что между повторителями отсутствует связь. Проверить правильность подключения разъемов к порту «Port 3» повторителей и кабель связи между полукомплектами. Проверить соответствие моделей повторителей по прилагаемому к ним руководству.

Если светодиод ошибки «Error» обоих повторителей не горит, это означает исправность оптического кабеля между полукомплектами, необходимо приступать к дальнейшим проверкам.

Перед началом работы необходимо проверить настройки связи. Порт связи должен быть введен на обоих терминалах, синхронизация порта одного из терминалов должна быть установлена как внешняя, а другого – внутренняя. Параметр компенсации несимметричной задержки должен быть установлен в значение «0» мс на обоих терминалах.

После настройки обоих полукомплектов проверяется состояние связи по ИЧМ терминала («Текущий режим/Аналоговые сигналы/Диагностика связи»).

#### 2.3.1.4 Проверка состояния связи при работе устройств по выделенному оптическому каналу

2.3.1.4.1 Необходимо проверить состояние сигнала «Неисп. *i* канала». При наличии связи сигнал находится в погашенном состоянии.

2.3.1.4.2 Если сигнал сброшен, отмечается состояние счетчика ошибок «Сч. ошибок кнл*i*» в меню соответствующего канала. В течение времени работы терминалов счетчик не должен изменять своего значения.

2.3.1.4.3 Если сигнал «Неисп. *i* канала» установлен, то в канале связи присутствуют ошибки, проверяются параметры диагностики в меню канала связи.

2.3.1.4.4 Необходимо проверить состояние параметров «Прием сигнала *i*», который в нормальном режиме должен быть установлен. Сброшенное значение параметра означает отсутствие кадров данных от удаленного терминала. Необходимо проверить подключение терминалов обоих полукомплектов к преобразователю с использованием специального режима повторителя («Echo mode»). Для этого на повторителе нажать кратковременно (менее 1 с) кнопку «Reset/Echo mode». Светодиод «Error» повторителя начнет мигать. В этом режиме повторно проверить состояние параметра диагностики канала «Прием сигнала *i*». Если патч-корд, порты терминала и порты преобразователя исправны – значение параметра должно быть «1». Если ошибка не устранена – проверить соединение между терминалом и преобразователем с использованием запасного патч-корда. Сброс режима тестирования осуществляется длительным (более 1 с) нажатием кнопки «Reset/Echo mode» на повторителе.

2.3.1.4.5 Если предыдущие проверки пройдены, а неисправность не устранена, необходимо проверить состояние параметра «Пакетные данные  $i$ ». Если значение параметра диагностики «Пакетные данные  $i$ » сброшено, следует проверить настройки терминалов.

#### 2.3.1.5 Настройка связи между терминалами по мультиплексированному каналу

На рисунке 75 приведена условная схема подключения двух терминалов к мультиплексированному каналу связи по протоколу С37.94. Пример приведен для второго канала связи.

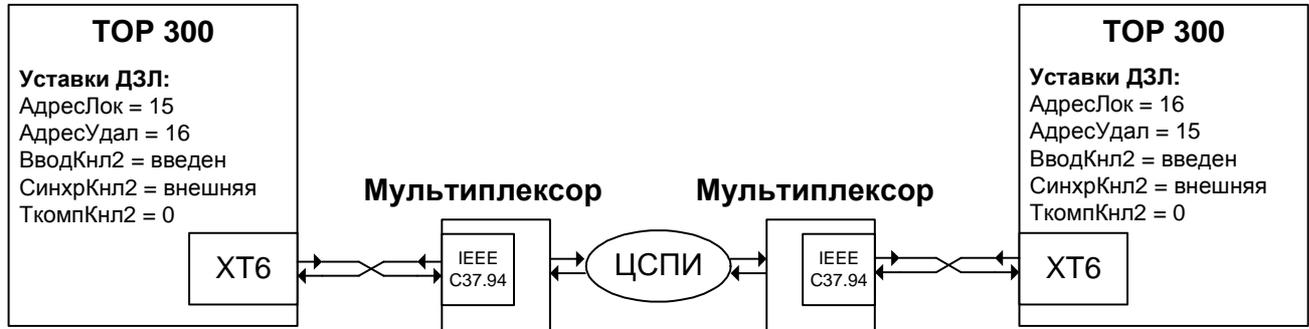


Рисунок 75 – Связь по мультиплексированному каналу №2

Для установки связи между полукомплектами ДЗЛ необходимо соединить одноименные каналы связи между терминалами.

Все соединения выполняются перекрестно, разъем Tx (передатчик) соединяется с разъемом Rx (приемник) и наоборот.

Перед началом работы необходимо проверить настройки связи. Порт связи должен быть введен на обоих терминалах, синхронизация порта обоих терминалов должна быть «внешняя». Параметр компенсации несимметричной задержки должен быть установлен в 0 на обоих терминалах (наиболее частый случай).

После настройки обоих полукомплектов, проверить состояние связи по ИЧМ терминала («Текущий режим/Аналоговые сигналы/Диагностика связи»).

#### 2.3.1.6 Проверка состояния связи при работе устройств по выделенному оптическому каналу

2.3.1.6.1 Необходимо проверить состояние сигнала «Неисп.  $i$  канала». При наличии связи, сигнал должен быть сброшен.

2.3.1.6.2 Если сигнал сброшен, отмечается состояние счетчика ошибок «Сч. ошибок кнл $i$ » в меню соответствующего канала. В течение времени работы терминалов счетчик не должен изменять своего значения.

2.3.1.6.3 Если сигнал «Неисп.  $i$  канала» установлен, то в канале связи присутствуют ошибки, проверяются параметры диагностики в меню канала связи.

2.3.1.6.4 Необходимо проверить состояние параметра «Прием сигнала  $i$ », который в нормальном режиме должен быть установлен. Сброшенное значение параметра означает отсутствие кадров данных от удаленного терминала. Необходимо проверить подключение терминалов обоих полукомплектов к преобразователю с использованием специального режима повторителя («Echo mode»). Для этого на повторителе нажать кратковременно (менее 1 с) кнопку «Reset/Echo mode». Светодиод «Error» повторителя начнет мигать. В этом режиме повторно проверить состояние параметра диагностики канала «Прием сигнала  $i$ ». Если патч-корд, порты терминала и порты преобразователя исправны – значение параметра должно быть «1». Если ошибка не устранена – проверить соединение между терминалом и преобразователем с использованием запасного патч-корда. Сброс режима тестирования осуществляется длительным (более 1 с) нажатием кнопки «Reset/Echo mode» на повторителе.

2.3.1.6.5 Если предыдущие проверки пройдены, а неисправность не устранена, необходимо проверить состояние параметра «Пакетные данные  $i$ ». Если значение параметра диагностики «Пакетные данные  $i$ » сброшено, следует проверить настройки терминалов.

2.3.1.7 Проверка состояния связи при работе устройств по мультиплексированному каналу

2.3.1.7.1 Необходимо проверить состояние сигнала «Неисп. *i* канала». При наличии связи, сигнал должен быть сброшен.

2.3.1.7.2 Если сигнал сброшен, отмечается состояние счетчика ошибок «Сч. ошибок кнлі» в меню соответствующего канала. В течение времени работы терминалов счетчик не должен изменять своего значения. Исключение составляют случаи изменения маршрутизации в ЦСПИ, которые приводят к потере части пакетов.

2.3.1.7.3 Если сигнал «Неисп. *i* канала» установлен, то в канале связи присутствуют ошибки, проверяется состояние сигналов диагностики в меню канала связи.

2.3.1.7.4 В меню диагностики канала связи необходимо проверить состояние параметра «Прием сигнала *i*», который, в нормальном режиме, должен быть установлен. Отсутствие установленного параметра означает отсутствие кадров протокола С37.94 от мультиплексора. В этом случае проверяется кабель и правильность подключения волокон кабеля связи между терминалом и мультиплексором. При возможности – необходимо замкнуть оптическим патч-кордом передатчик и приемник порта связи терминала. В случае исправности порта связи, параметр «Прием сигнала *i*» должен установиться.

2.3.1.7.5 Если предыдущие проверки пройдены, необходимо проверить состояние параметра диагностики «Пакетные данные *i*». Если параметр не установлен – проверить настройки терминалов. Со специалистами связи проверить маршрут прохождения канала в ЦСПИ.

2.3.1.7.6 В случае периодического возникновения ошибок связи необходимо проверить состояние диагностических параметров «Сбой данных *i*кнл» и «Сбой синхр. *i*кнл». Их периодическое установление в «1» означает нестабильную работу каналов связи или их переключения внутри ЦСПИ.

2.3.1.7.7 Проверить вычисляемую задержку в канале связи. Значение задержки должно находиться в пределах (0-35,0) мс и быть стабильной. Допустимые скачки  $\pm 0,1$  мс. Скачки задержки или превышение значением задержки 35,0 мс означают неисправности или неверную конфигурацию в ЦСПИ.

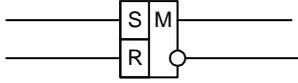
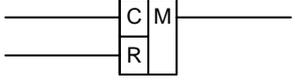
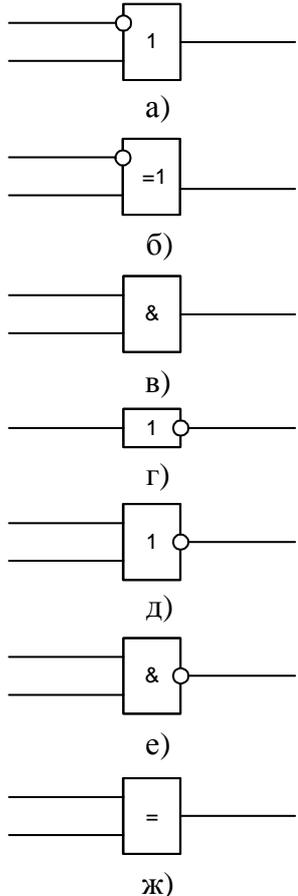
Таблица 51 – Диагностика и устранение ошибок в каналах связи

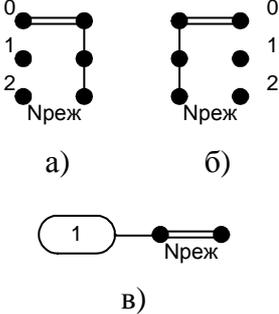
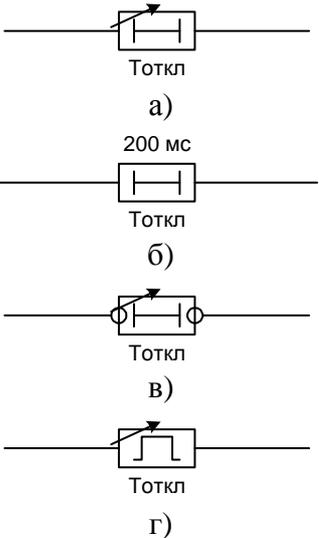
	Значение без ошибок связи	Значение при ошибке связи	Описание	Методы устранения
<b>Общая диагностика каналов связи (Пункт меню «Диагностика связи»)</b>				
Неисп. 1 канала	0	1	Наличие неисправности в канале связи №1 (см. «Состояние канала связи»)	
Неисп. 2 канала	0	1	Наличие неисправности в канале связи №2 (см. «Состояние канала связи»)	
Акт. канал	1,2	0 (1,2)	При значении «0» - наличие неисправности у обоих каналов связи (см. «Состояние канала связи»)	
<b>Состояние канала связи (Пункт меню «Диагностика связи/Состояние <i>x</i> канала»)</b>				
Тпередачи <i>i</i> кнл	0,0-35,0 мс	>35,0 мс	Неверная конфигурация ЦСПИ, в результате которой время задержки в канале связи превысило допустимый предел	Проверка настроек маршрутов ЦСПИ, изменение маршрута

	Значение без ошибок связи	Значение при ошибке связи	Описание	Методы устранения
Сч. ошибок кнл <sub>і</sub>	0-30000	увеличивается	Наличие и подсчет неисправностей в канале связи	Выявление причин по сигналам диагностики (ниже)
Прием сигнала <i>i</i>	1	0	Отсутствие приема от удаленного терминала/мультиплексорного оборудования	Проверка оптического кабеля/патч-корда, проверка качества соединения разъемов, проверка затухания в оптическом кабеле
			Неисправность оптического порта терминала	Проверка оптического порта терминала «на себя»
			Неисправность оптического порта удаленного оборудования	Проверка оптического порта удаленного оборудования
			Нарушение синхронизации	Проверка параметров синхронизации портов связи
			Несоответствие применяемого оборудования	Проверка соответствия интерфейса мультиплексора протоколу С37.94
Пакетные данные <i>i</i>	1	0	Отсутствие приема сигнала	См. «Прием сигнала <i>i</i> »
			Неправильная адресация устройств	Проверка настроек адресов локального и удаленного терминалов
			Неправильная конфигурация ЦСПИ	ЦСПИ – проверка конфигурации маршрута данных
			Сбой данных	См. «Сбой данных <i>і</i> кнл»
Сбой данных <i>і</i> кнл	0	1	Нарушение приема сигнала	См. «Прием сигнала <i>i</i> »
			Переключение маршрута канала связи в ЦСПИ	В случае частого возникновения – проверка состояния ЦСПИ
			Сбои в ЦСПИ	Проверка ЦСПИ
Сбой синхр. <i>і</i> кнл	0	1	Переключение маршрута канала связи в ЦСПИ	В случае частого возникновения – проверка состояния ЦСПИ
			Сбои в ЦСПИ	Проверка ЦСПИ

	<b>Значение без ошибок связи</b>	<b>Значение при ошибке связи</b>	<b>Описание</b>	<b>Методы устранения</b>
			Превышение задержки в канале связи допустимой величины	Проверка настроек маршрутов ЦСПИ
			Нарушение синхронизации	Проверка параметров синхронизации портов связи

**ПРИЛОЖЕНИЕ А – Элементы функциональных логических схем**  
 (обязательное)

Обозначение	Полное название
 <p>a)</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 запоминаем и двумя выходами</p>
 <p>a)</p>	<p>«Счетчик», в котором: С – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика.                      Пример: а) счетчик с запоминаем</p>
 <p>а) б) в) г) д) е) 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:</p> <p>1) на рисунках а) и б) положение наклейки определяет путь прохождения сигнала;</p> <p>2) на рисунке в) значение наклейки логическая «1» определяет ввод сигнала. При выводе наклейки на схему подается логический ноль.</p> <p>Буквенное обозначение наклейки – N.</p> <p>Примечание – Обозначения положений накладок: 0 – вывод (нет), 1 – ввод (да).</p>
 <p>а) б) в) г)</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 и формирование импульса.</p> <p>Примеры:</p> <p>а) элемент времени<sup>1)</sup> на срабатывание. Задержка Тоткл регулируется;</p> <p>б) элемент времени с фиксированной задержкой на срабатывание;</p> <p>в) элемент времени на возврат. Задержка Тоткл регулируется;</p> <p>г) элемент формирования импульса. Задержка Тоткл регулируется.</p> <p>Буквенное обозначение элемента времени – Т.</p> <p>Примечание – над элементом «<b>Выдержка времени</b>» указывается значение выдержки времени, под элементом – позиционное обозначение.</p>
<p><sup>1)</sup> элемент времени, выдержка времени, таймер</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.</p> <p>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.</p> <p>Пример: на рисунке б) приведен функциональный блок БК по току.</p>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток разомкнутого треугольника (обязательное)

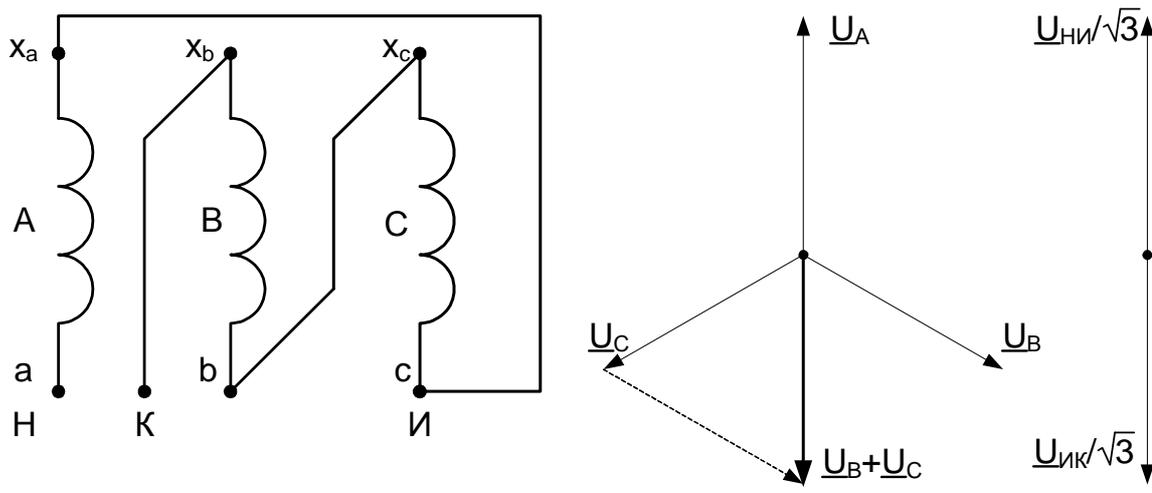


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

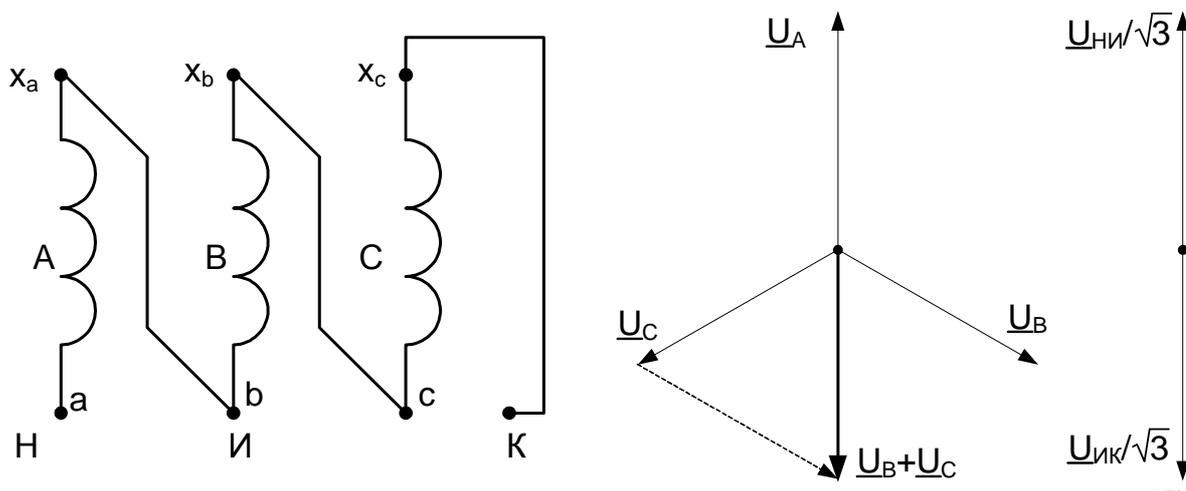


Рисунок Б.2 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

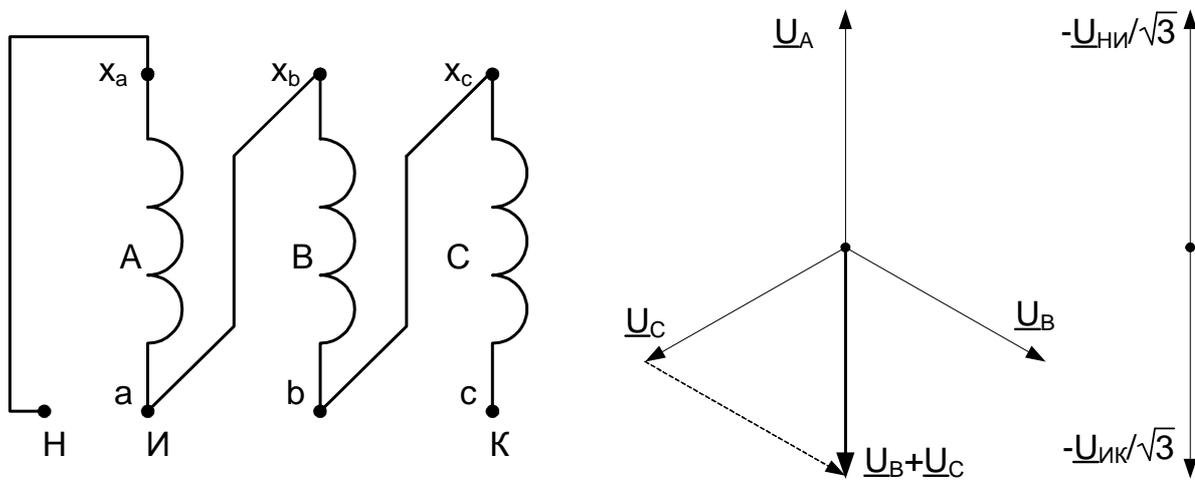


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

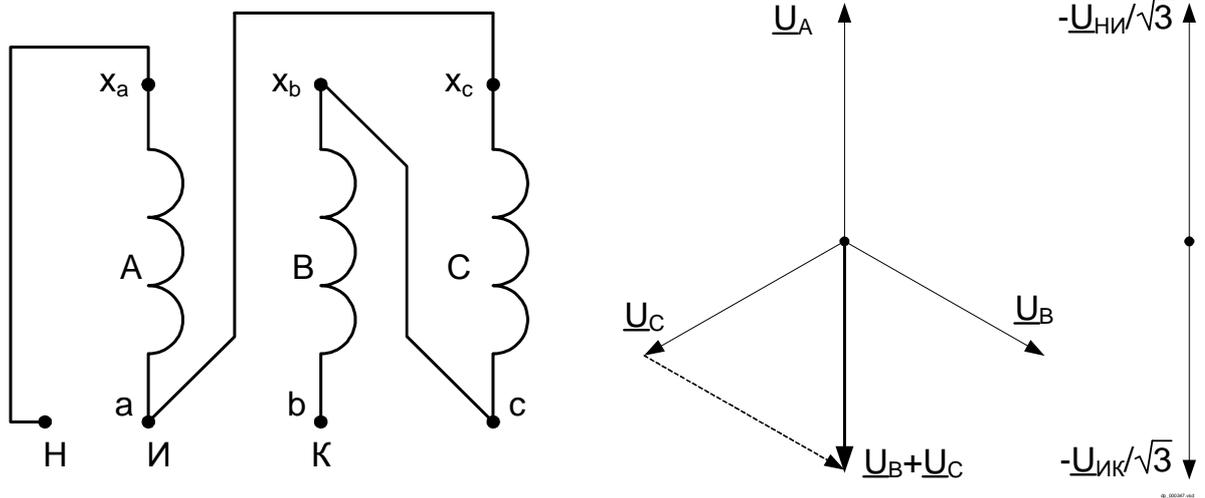


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типичная схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

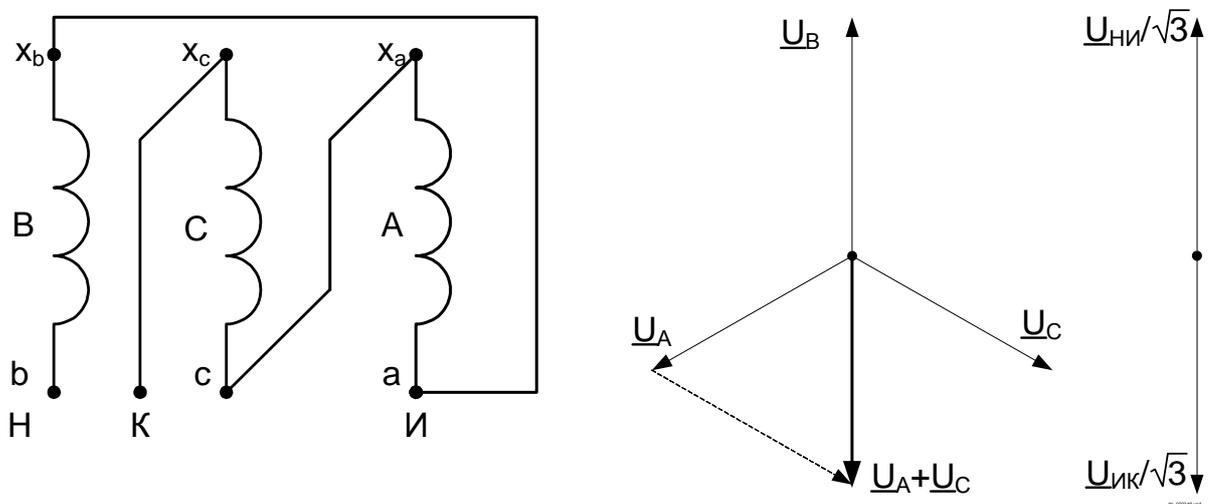


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетипичная схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

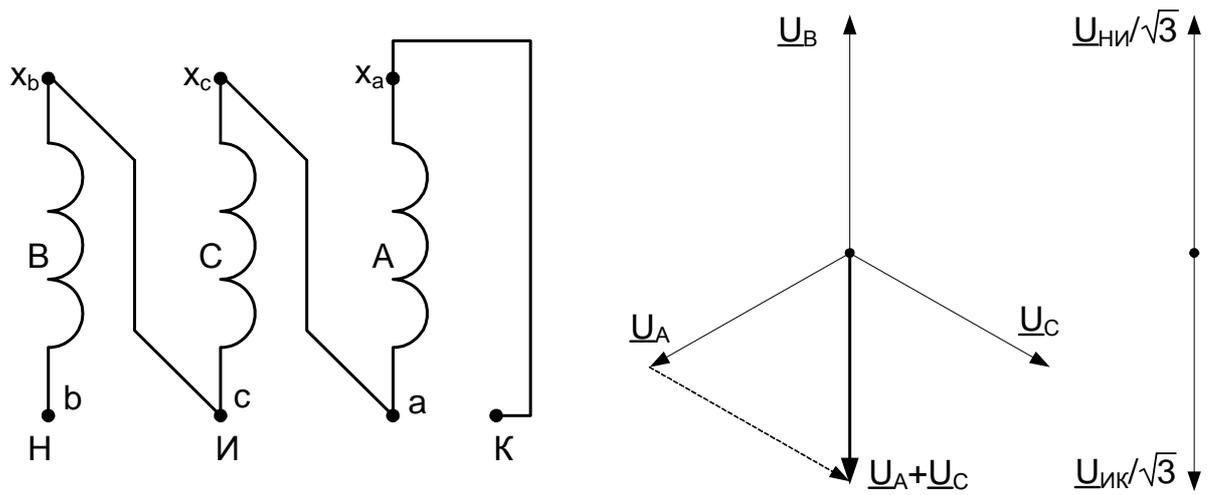


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетипичная схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

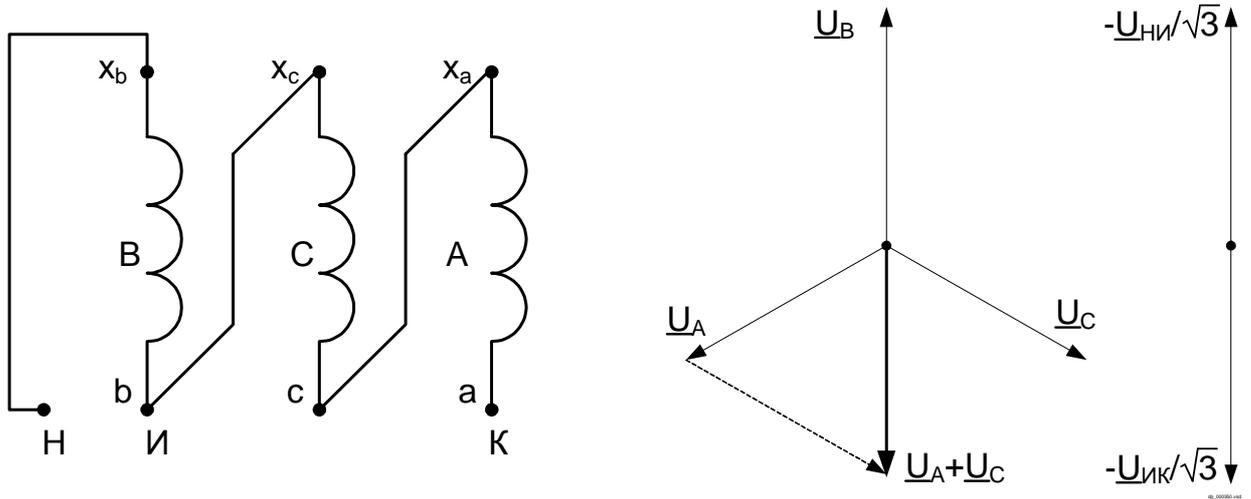


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

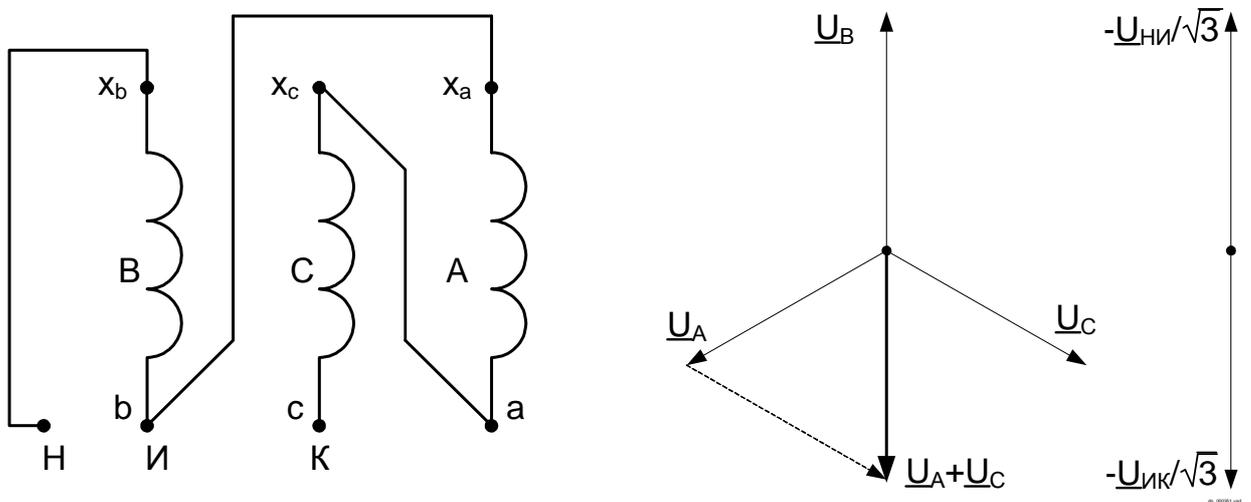


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

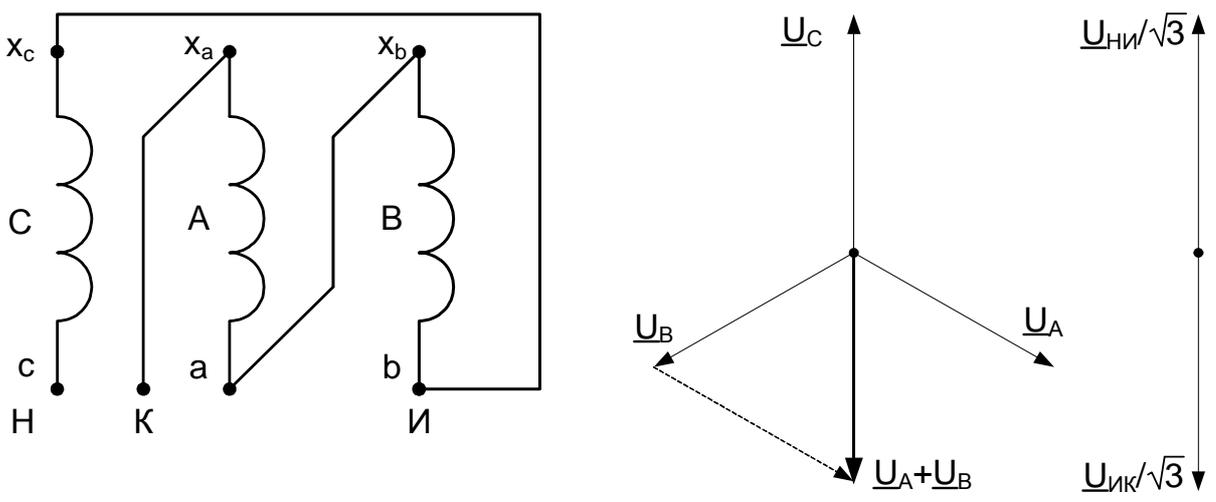


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

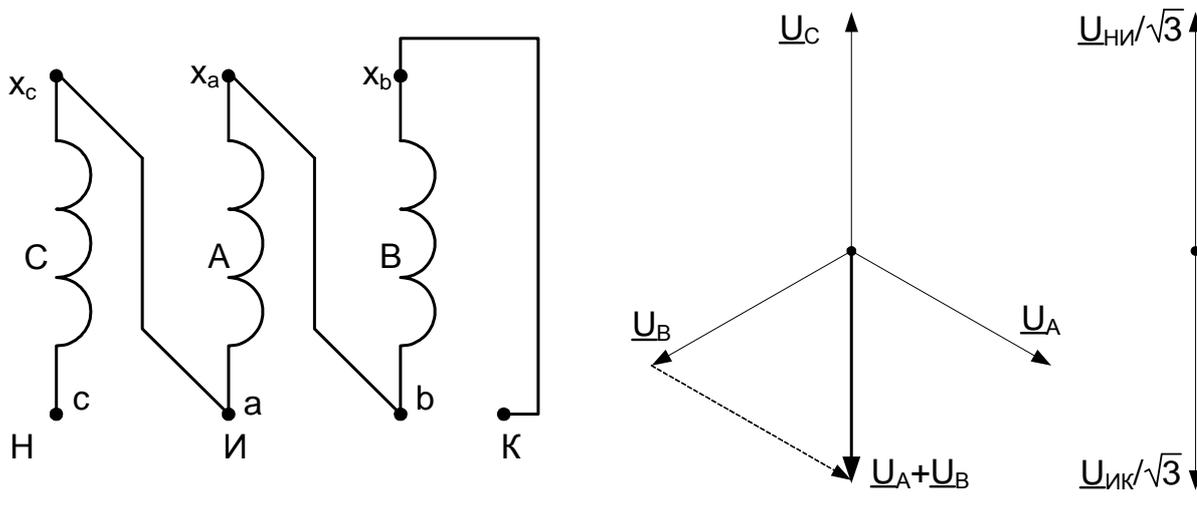


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

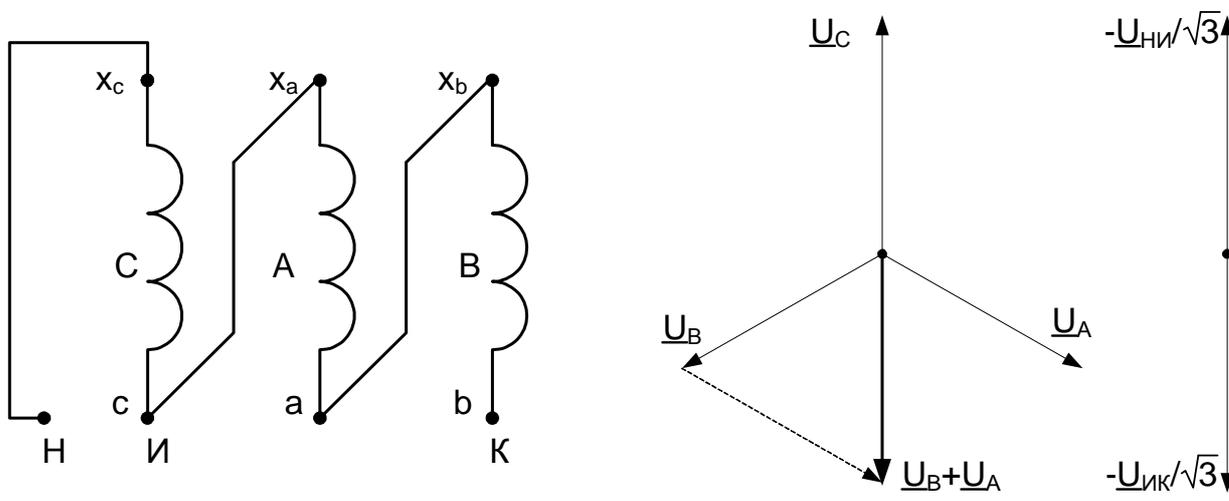


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

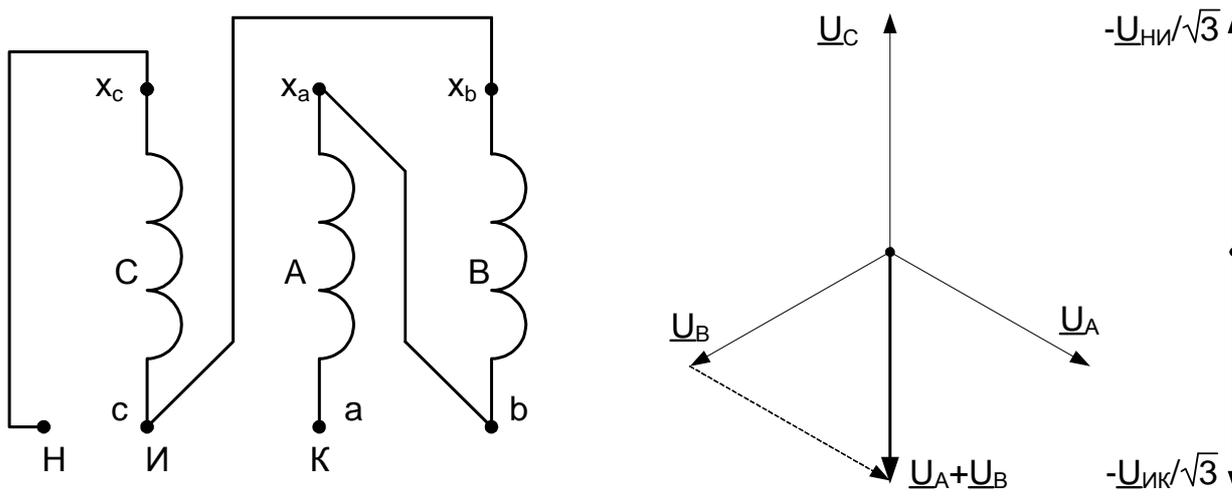


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

