Утвержден
АИПБ.656122.011-001 РЭ2-ЛУ

ТЕРМИНАЛ РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ ТРАНСФОРМАТОРА И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ 110-220 кВ ТИПА «ТОР 300 РЗТ 52Х»

Руководство по эксплуатации. Описание функций защит
АИПБ.656122.011-001 РЭ2 v21.1

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

Адрес предприятия-изготовителя:
428020, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 1, ООО «Релематика»
Тел.: (8352) 24-06-50, факс: (8352) 24-02-43
Сайт: www.relematika.ru
E-mail: service@relematika.ru, rza@relematika.ru

Содержание

1 Описание и работа.....5
1.1 Назначение.....5
1.2 Функции устройства.....5
1.2.1 Газовая защита (ГЗ).....5
1.2.2 Максимальная токовая защита (МТЗ).....7
1.2.3 Токовая защита нулевой последовательности 1 (ТЗНП1).....10
1.2.4 Токовая защита нулевой последовательности 2 (ТЗНП2).....12
1.2.5 Токовая защита обратной последовательности (ТЗОП).....14
1.2.6 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ).....15
1.2.7 Комбинированный пуск по напряжению (КПН).....17
1.2.8 Защита от перегрузки (ЗП).....19
1.2.9 Защита минимального напряжения (ЗМН).....20
1.2.10 Защита от повышения напряжения (ЗПН).....22
1.2.11 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН).....23
1.2.12 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН).....28
1.2.13 Защиты выключателя.....30
1.2.14 Автоматика управления выключателем (АУВ).....35
1.2.15 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения).....40
1.2.16 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ).....41
1.2.17 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ).....42
1.2.18 Расчет аналоговых сигналов.....48
2 Рекомендации по проверке.....51
2.1 Общие указания.....51
2.2 Меры по безопасности.....51
2.3 Проверка функций защит.....51
Приложение А (обязательное) Элементы функциональных логических схем.....52
Приложение Б (обязательное) Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника».....54
Список сокращений.....58

Настоящее РЭ распространяется на терминалы резервных защит трансформатора и автоматики управления выключателем 110-220 кВ типа «ТОР 300 РЗТ 52Х» (далее – устройства или терминалы) и содержит необходимые сведения по его эксплуатации и обслуживанию.

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

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

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

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

1 Описание и работа

1.1 Назначение

В терминале типа «ТОР 300 РЗТ 52Х» реализованы резервные защиты трансформатора и АУВ 110-220 кВ.

Терминал может содержать:

- газовую защиту (ГЗ);
- ненаправленную максимальную токовую защиту (МТЗ) с комбинированным пуском по напряжению (КПН);
- токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП);
- токовую защиту обратной последовательности (ТЗОП);
- устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- защиту от перегрузки (ЗП);
- защиту минимального напряжения (ЗМН);
- защиту от повышения напряжения (ЗПН);
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту электромагнитов включения и отключения выключателя, защиты от неполнофазного режима (ЗНР) и непереключения фаз (ЗНФ);
- автоматику управления выключателем (АУВ);
- контроль времени включения и отключения выключателя;
- модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ);
- фильтр напряжений симметричных составляющих (ФСС U)
- фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП);
- фильтр токов симметричных составляющих (ФСС I);
- расчет действующего значения тока (RMS).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

1.2 Функции устройства

1.2.1 Газовая защита (ГЗ)

1.2.1.1 Принцип работы

Функциональный блок ГЗ приведен на рисунке 1, его реализация приведена на рисунке 2.

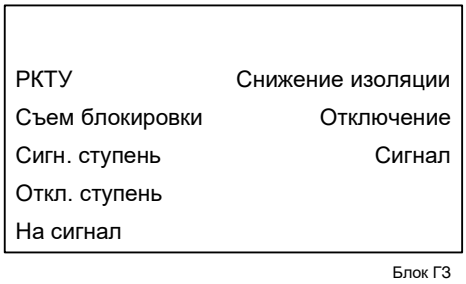


Рисунок 1 – Функциональный блок ГЗ

Таблица 1 – Входы и выходы функционального блока ГЗ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РКТУ	Срабатывание реле контроля тока утечки
Съем блокировки	Съем блокировки ГЗ
Сигн. ступень	Срабатывание сигнальной ступени ГЗ
Откл. ступень	Срабатывание отключающей ступени ГЗ
На сигнал	Перевод действия отключающей ступени ГЗ на сигнал
Логические выходы	
Снижение изоляции	Снижение изоляции цепи, контролируемой ГЗ

Отключение	Действие ГЗ на отключение
Сигнал	Сигнализация о запрете отключения от ГЗ

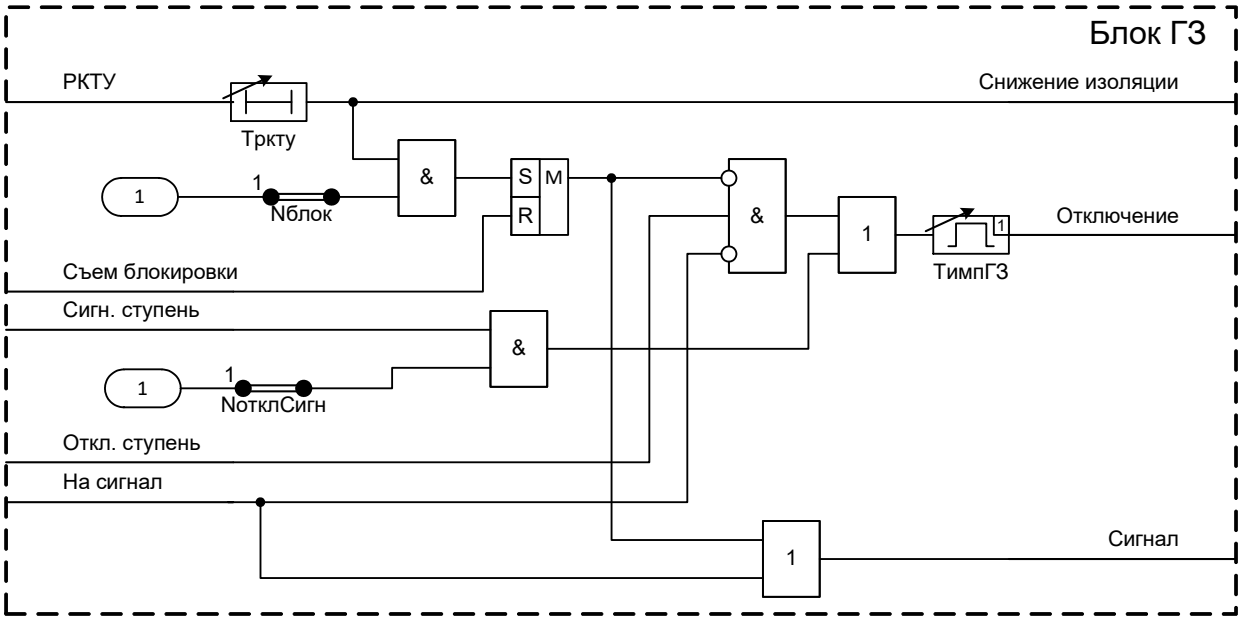


Рисунок 2 – Реализация программного модуля ГЗ

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

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

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

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

Таблица 2 – Уставки ГЗ

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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальная длительность отключения от ГЗ, мс	ТимпГЗ	от 0 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.2 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.2.2.1 Принцип работы

Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 3, его реализация приведена на рисунке 4.

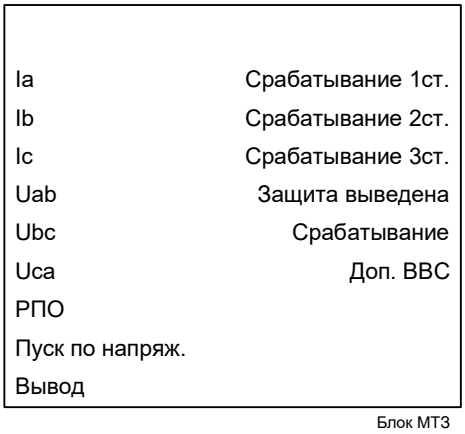


Рисунок 3 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

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

МТЗ предназначена для резервирования основных защит элемента (силового трансформатора, токоограничивающего реактора, вольтодобавочного трансформатора и др.) и защиты от длительного протекания токов внешних замыканий. Подключается к вторичным цепям ИТТ защищаемого элемента. МТЗ, как правило, действует на отключение защищаемого элемента с запретом АПВ и пуском УРОВ, а также на отключение питаемых присоединений с возможностью АВР.

Модуль МТЗ содержит три ступени. Уровень срабатывания ИО тока первой, второй и третьей ступени регулируется уставками «**Iст1**», «**Iст2**», «**Iст3**» соответственно.

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

Первая ступень выполнена с возможностью автоматического ускорения. Режим работы первой ступени определяется программной накладкой «**Nуск1**», позволяющей выполнить ступень с автоматическим ускорением либо без него.

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

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

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

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

где $\underline{I}_A$, $\underline{I}_B$, $\underline{I}_C$ – токи, подводимые к входам блока МТЗ.

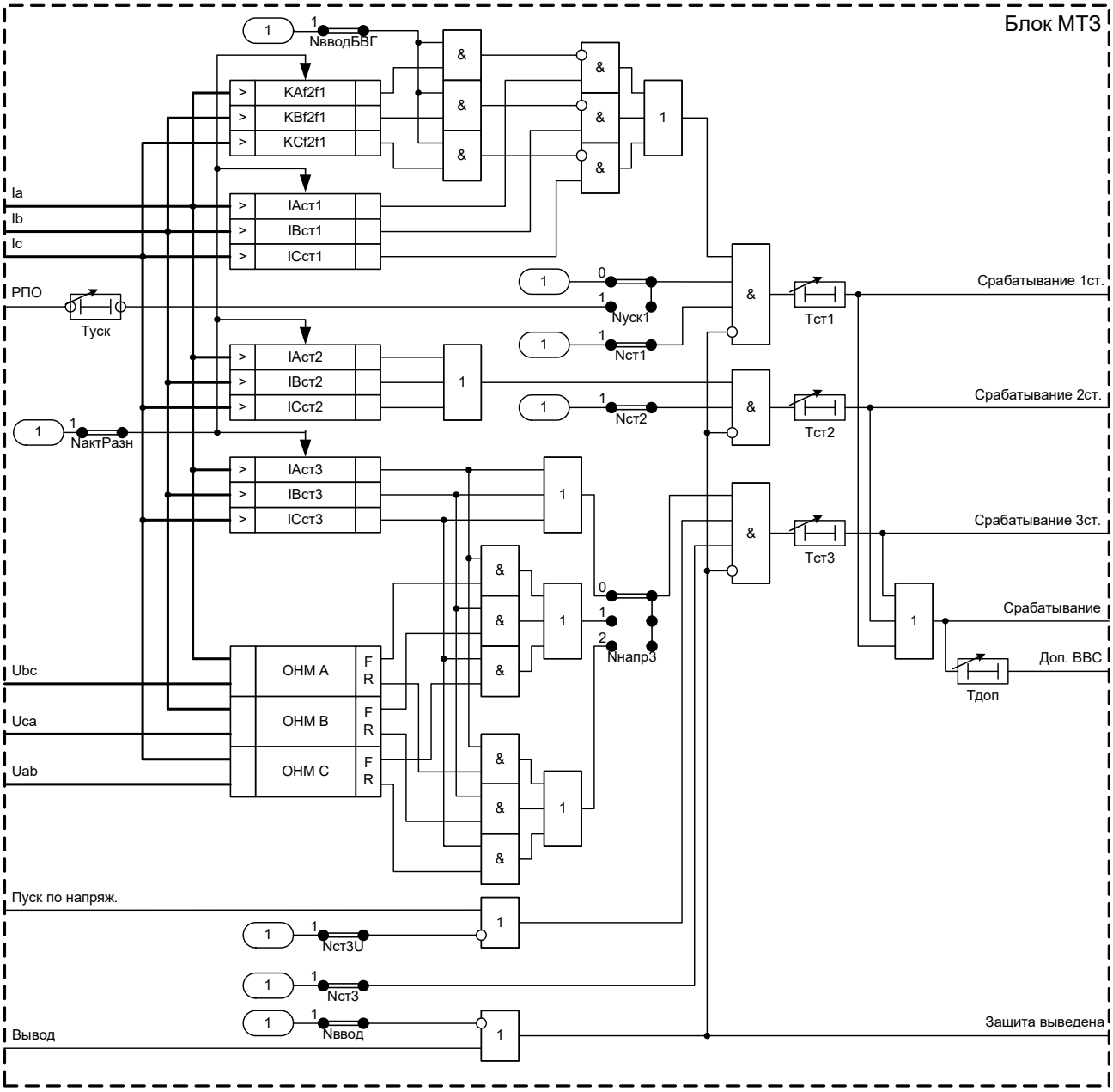


Рисунок 4 – Реализация программного модуля МТЗ

Третья ступень выполнена с возможностью контроля сигнала пуска по напряжению и контроля направления протекания мощности КЗ. Режим работы третьей ступени определяется программной накладкой «**Nст3U**», позволяющей выполнить ступень с пуском по напряжению либо без него.

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

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

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

За положительное направление выбрано направление «в объект». Режим работы ОНМ может быть выбран при помощи программной накладки «**Nнапр3**», позволяющей выбрать направление контроля мощности, а также вывести из работы ОНМ.

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

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

Первая ступень выполнена с возможностью автоматического ускорения, время ввода которого регулирует уставка «**Туск**».

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

Ступени вводятся в работу программными накладками «**Nст1**», «**Nст2**», «**Nст3**».

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

Таблица 4 – Уставки МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка блокировки первой ступени по второй гармонике, %	Kf2f1	от 20 до 100 (шаг 1)	100
Ток срабатывания первой ступени, % от $I_{ном}$	Iст1	от 20 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания второй ступени, % от $I_{ном}$	Iст2	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания третьей ступени, % от $I_{ном}$	Iст3	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности ОНМ, градус	Фмч	от 0 до 90 (шаг 1)	0
Ввод первой ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст1	–	0
Ввод блокировки по второй гармонике (0 – нет, 1 – да)	NвводБВГ	–	0
Ввод автоматического ускорения первой ступени (0 – нет, 1 – да)	Nуск1	–	0
Ввод второй ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст2	–	0
Ввод третьей ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст3	–	0
Контроль направления мощности третьей ступени (0 – без контроля мощности, 1 – направление в объект, 2 – направление в сеть)	Nнапр3	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Пуск по напряжению третьей ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст3U	–	0
Использование разности токов фаз (0 – нет, 1 – да)	NактРазн	–	0
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
ВВС первой ступени, мс	Тст1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС второй ступени, мс	Тст2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС третьей ступени, мс	Тст3	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Дополнительная ВВС, мс	Тдоп	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Время ввода автоматического ускорения, мс	Туск	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.2.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает ±3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

1.2.2.3 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по второй гармонике составляет не более ±10 % от уставки.

1.2.2.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

1.2.2.6 Средняя абсолютная основная погрешность ОНМ по углу максимальной чувствительности составляет не более ±5º. Рабочий сектор ОНМ составляет не менее 160º.

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

1.2.2.8 Время срабатывания ИО тока не превышает 30 мс при подаче двукратного тока срабатывания 2 $I_{сраб}$.

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

1.2.2.10 Время срабатывания ОНМ при одновременной подаче токов 3 $I_{сраб}$ и напряжений 3 $U_{сраб}$ не превышает 40 мс.

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

1.2.3 Токовая защита нулевой последовательности 1 (ТЗНП1)

1.2.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ТЗНП1 приведен на рисунке 5, его реализация приведена на рисунке 6.

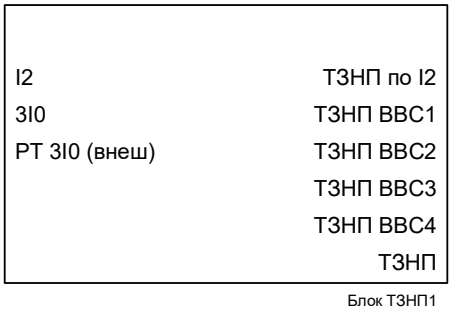


Рисунок 5 – Функциональный блок ТЗНП1

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока ТЗНП1

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

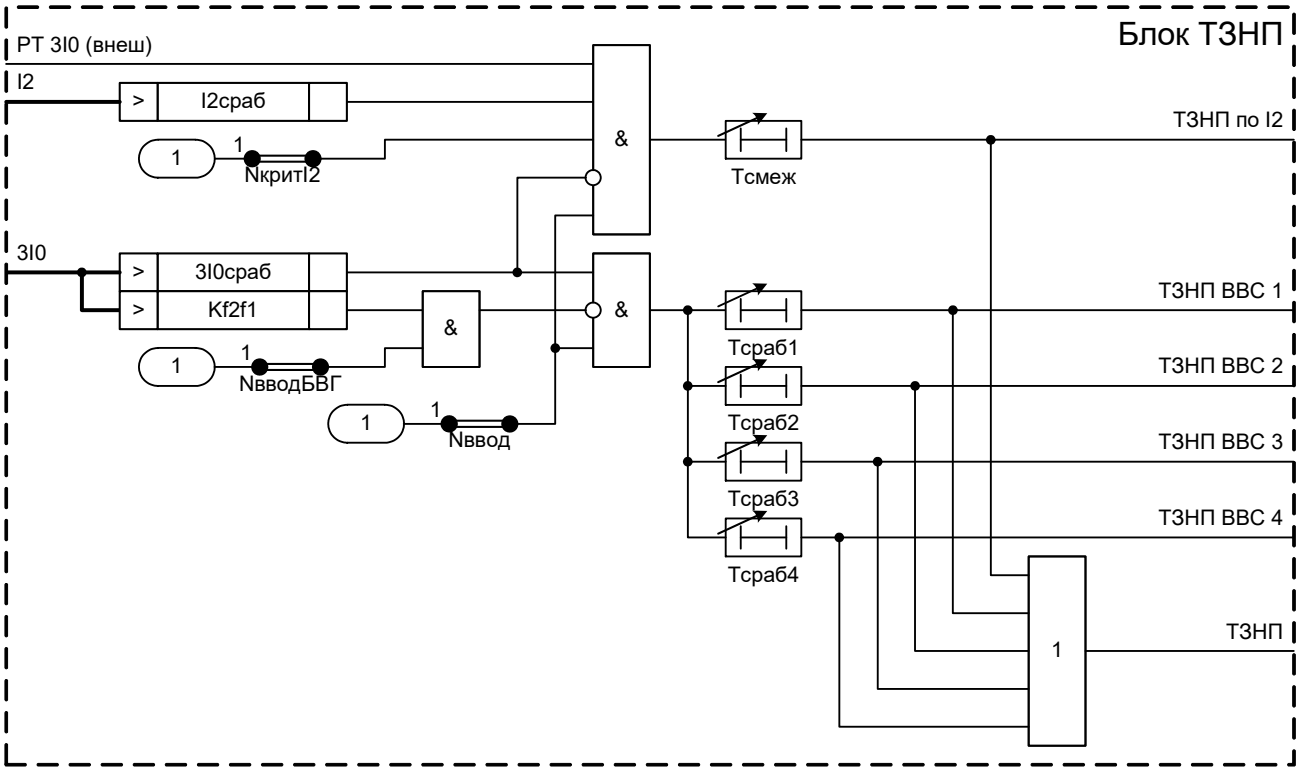


Рисунок 6 – Реализация программного модуля ТЗНП1

ТЗНП1 предназначена для резервирования защит смежных элементов сети, работающей с глухозаземленной нейтралью. Содержит ИО утроенного тока нулевой последовательности, ИО тока обратной последовательности.

С первой выдержкой времени ТЗНП1 действует на смежный элемент, работающий с разземленной нейтралью, со второй – на деление шин, с третьей – на отключение питающего ввода со стороны сети с глухозаземленной нейтралью, с четвертой – на отключение всех выключателей защищаемого объекта.

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

Программной накладкой «**NкритI2**» осуществляется выбор использования критерия контроля отключения током обратной последовательности.

ТЗНП1 выполнена с возможностью блокировки по второй гармонике, которая реагирует на отношение уровня тока второй гармоники (100 Гц) к уровню тока основной гармоники (50 Гц) и вводится в работу при уровне основной гармоники выше 15 % от $I_{ном}$. Уровень срабатывания ИО блокировки по второй гармонике регулируется уставкой «**Kf2f1**». Блокировка по второй гармонике может быть выведена программной накладкой «**NвводБВГ**».

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

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

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

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

Таблица 6 – Уставки ТЗНП1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка блокировки по второй гармонике, %	Kf2f1	от 20 до 100 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО утроенного тока нулевой последовательности, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 20 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО тока обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ввод критерия контроля отключения от защит смежного элемента с контролем тока обратной последовательности (0 – нет, 1 – да)	NкритI2	–	0
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Ввод блокировки по второй гармонике (0 – нет, 1 – да)	NвводБВГ	–	0
ВВС на отключение выключателя смежного трансформатора, мс	Тсраб1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на деление шин, мс	Тсраб2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на отключение выключателя, мс	Тсраб3	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на отключение трансформатора, мс	Тсраб4	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС логики критерия отключения от защита смежного элемента с контролем тока обратной последовательности, мс	Тсмеж	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.3.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.2.2-1.2.2.5, 1.2.2.7-1.2.2.9.

1.2.4 Токовая защита нулевой последовательности 2 (ТЗНП2)

1.2.4.1 Принцип работы

Функциональный блок ТЗНП2 приведен на рисунке 7, его реализация приведена на рисунке 8.

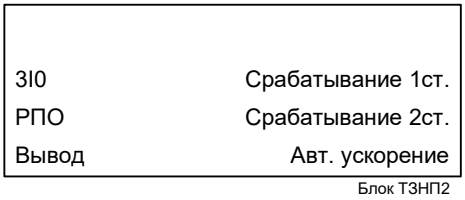


Рисунок 7 – Функциональный блок ТЗНП2

Таблица 7 – Входы и выходы функционального блока ТЗНП2

Аналоговые входы	
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного состояния выключателя
Вывод	Вывод защиты в целом
Логические выходы	
Срабатывание 1ст.	Срабатывание 1 ступени
Срабатывание 2ст.	Срабатывание 2 ступени
Авт. ускорение	Автоматическое ускорение

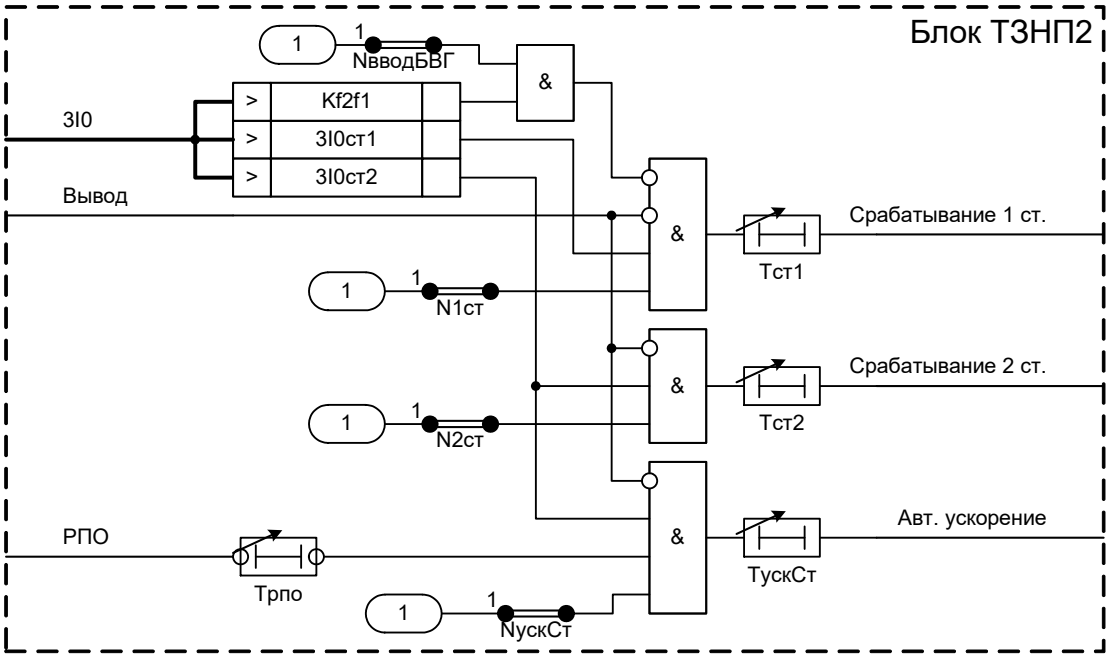


Рисунок 8 – Реализация программного модуля ТЗНП2

ТЗНП2 предназначена для защиты от замыканий на землю и несимметричных повреждений, а также для резервирования действия быстродействующих защит, выполнена двумя ступенями. Содержит ИО утроенного тока нулевой последовательности.

Ступени ТЗНП2 действуют на отключение выключателя с запретом АПВ и пуском УРОВ.

Первая ступень ТЗНП2 выполнена с возможностью блокировки по второй гармонике, которая реагирует на отношение уровня тока второй гармоники (100 Гц) к уровню тока основной гармоники (50 Гц) и вводится в работу при уровне основной гармоники выше 15 % от $I_{ном}$. Уровень срабатывания ИО блокировки по второй гармонике регулируется уставкой «**Kf2f1**». Блокировка по второй гармонике может быть выведена программной накладкой «**NвводБВГ**».

Ступени вводятся в работу программными накладками «**Nст1**», «**Nст2**».

Уровни срабатывания ИО тока первой, второй ступени регулируются уставками «**3I0ст1**», «**3I0ст2**» соответственно.

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

Вторая ступень выполнена с автоматическим ускорением, время ввода которого регулирует уставка «**ТускСт**».

Таблица 8 – Уставки ТЗНП2

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка блокировки по второй гармонике, %	Kf2f1	от 20 до 100 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО утроенного тока нулевой последовательности первой ступени, % от $3I0_{ном}$	3I0ст1	от 20 до 3000 (шаг 1)	100
Ток срабатывания ИО утроенного тока нулевой последовательности второй ступени, % от $3I0_{ном}$	3I0ст2	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ввод первой ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст1	–	0
Ввод блокировки по второй гармонике (0 – нет, 1 – да)	NвводБВГ	–	0
Ввод второй ступени (0 – нет, 1 – да)	Nст2	–	0
Ввод второй ступени с автоматическим ускорением (0 – нет, 1 – да)	NускСт	–	0
ВВС первой ступени, мс	Тст1	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС второй ступени, мс	Тст2	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
ВВС на автоматическое ускорение, мс	ТускСт	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Время ввода автоматического ускорения, мс	Трпо	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.4.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.2.2-1.2.2.5, 1.2.2.7-1.2.2.9.

1.2.5 Токовая защита обратной последовательности (ТЗОП)

1.2.5.1 Принцип работы

Функциональный блок ТЗОП приведен на рисунке 9, его реализация приведена на рисунке 10.

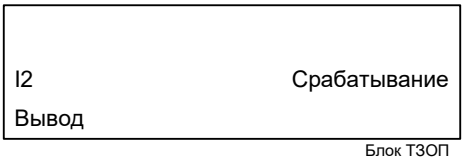


Рисунок 9 – Функциональный блок ТЗОП

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока ТЗОП

Аналоговые входы	
I2	Ток обратной последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Вывод	Вывод функции
Логические выходы	
Срабатывание	Срабатывание

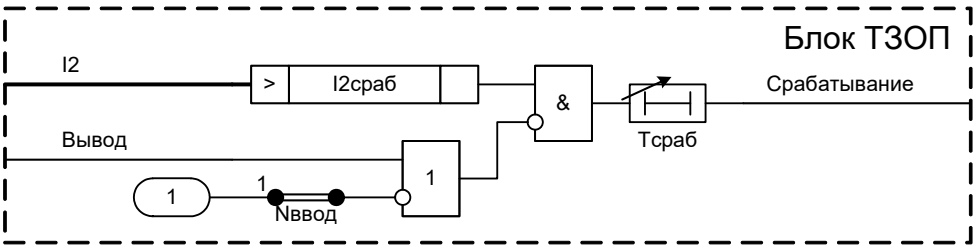


Рисунок 10 – Реализация программного модуля ТЗОП

ТЗОП предназначена для защиты от несимметричных КЗ, а также для резервирования действия быстродействующих защит. Содержит ИО тока обратной последовательности.

Срабатывание ТЗОП действует на отключение выключателя с запретом АПВ и пуском УРОВ.

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

Время срабатывания регулируется уставкой «**Тсраб**».

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

Таблица 10 – Уставки ТЗОП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ИО тока обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС защиты, мс	Тсраб	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000

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

1.2.5.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

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

1.2.5.6 Время срабатывания ИО тока не превышает 30 мс при подаче двукратного тока срабатывания 2 $I_{сраб}$.

1.2.5.7 Время возврата ИО тока при сбросе тока от 10 $I_{сраб}$ до нуля составляет не более 35 мс.

1.2.6 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)

1.2.6.1 Принцип работы

Функциональный блок УРОВ приведен на рисунке 11, его реализация приведена на рисунке 12.

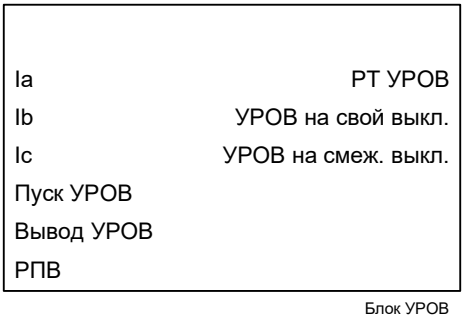


Рисунок 11 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока УРОВ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск УРОВ	Пуск УРОВ
Вывод УРОВ	Вывод УРОВ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
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

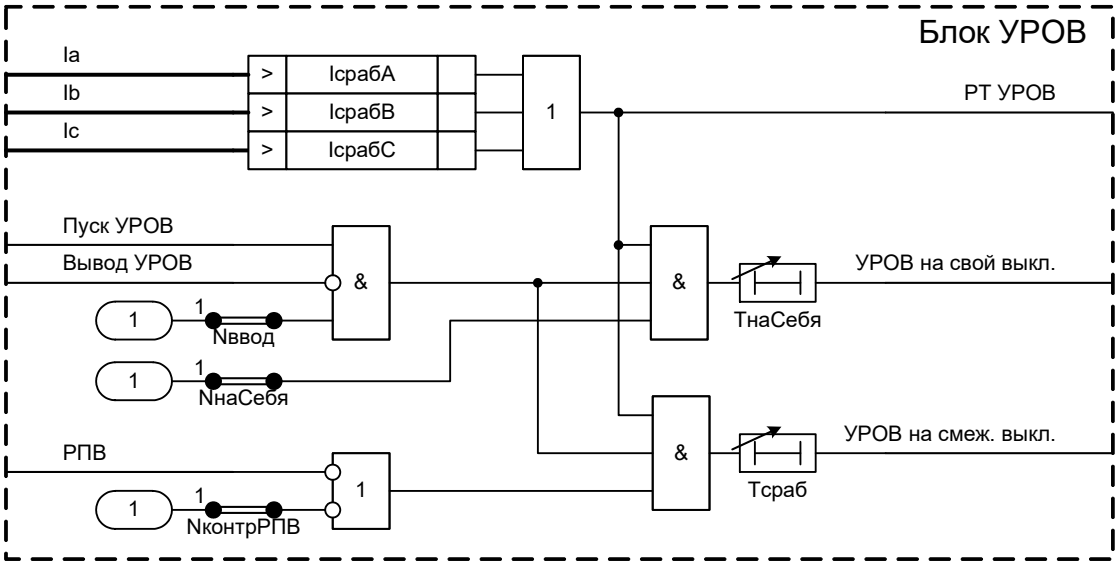


Рисунок 12 – Реализация программного модуля УРОВ

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

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

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

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

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

УРОВ формирует сигнал на повторное отключение своего выключателя, если то через выключатель протекает в течение времени, превышающего уставку «**ТнаСебя**».

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

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

Таблица 12 – Уставки УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Фазный ток УРОВ, % от $I_{ном}$	Iсраб	от 4 до 100 (шаг 1)	10
Работа УРОВ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПВ	–	1
Действие УРОВ на свой выключатель (0 – нет, 1 – да)	NнаСебя	–	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

1.2.6.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока УРОВ не превышает ±3 % от уставки.

1.2.6.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока УРОВ при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

1.2.6.5 Коэффициент возврата ИО тока УРОВ не менее 0,9.

1.2.6.6 Время срабатывания ИО тока УРОВ не превышает 25 мс при подаче двукратного тока срабатывания 2 $I_{сраб}$.

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

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

1.2.7 Комбинированный пуск по напряжению (КПН)

1.2.7.1 Принцип работы

Функциональный блок КПН приведен на рисунке 13, его реализация приведена на рисунке 14.

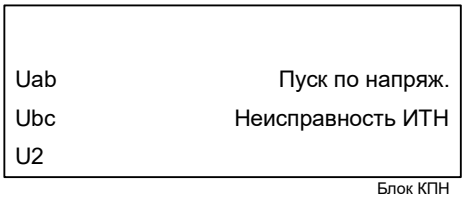


Рисунок 13 – Функциональный блок КПН

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока КПН

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

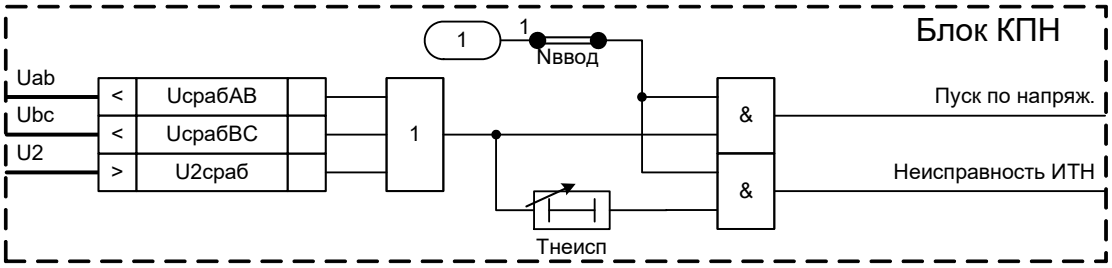


Рисунок 14 – Реализация программного модуля КПН

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

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

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

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

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

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

Таблица 14 – Уставки КПН

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

1.2.7.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального и минимального напряжения составляет ±3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

1.2.7.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО максимального и минимального напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

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

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

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

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

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

1.2.8 Защита от перегрузки (ЗП)

1.2.8.1 Принцип работы

Функциональный блок ЗП приведен на рисунке 15, его реализация приведена на рисунке 16.

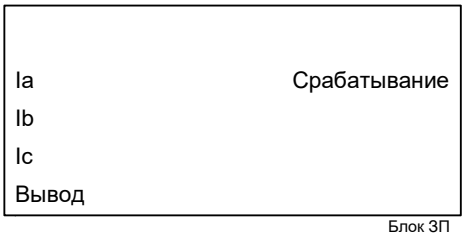


Рисунок 15 – Функциональный блок ЗП

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока ЗП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Вывод	Вывод функции
Логические выходы	
Срабатывание	Срабатывание защиты

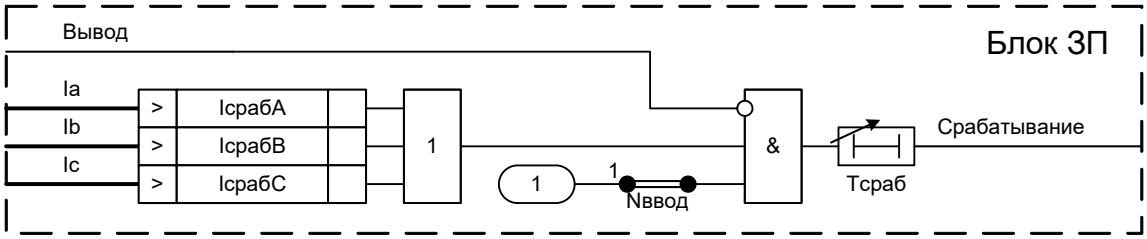


Рисунок 16 – Реализация программного модуля ЗП

ЗП предназначена для предотвращения перегрузки токами, включающими, в том числе, высшие гармоники. ЗП реагирует на действующие значения токов трех фаз.

Срабатывание ЗП действует на отключение выключателя с запретом АПВ.

Уровень срабатывания ИО действующего тока регулируется уставкой «**Iсраб**».

Время срабатывания ЗП регулируется уставкой «**Тсраб**».

Предусмотрена возможность вывода из работы модуля ЗП с помощью программной накладки «**Nввод**» или внешнего сигнала «Вывод».

Таблица 16 – Уставки ЗП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания, % от $I_{ном}$	Iсраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	100
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС защиты, мс	Тсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	3000

1.2.8.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.2.2-1.2.2.5, 1.2.2.7-1.2.2.9.

1.2.9 Защита минимального напряжения (ЗМН)

1.2.9.1 Принцип работы

Функциональный блок ЗМН приведен на рисунке 17, его реализация приведена на рисунке 18.

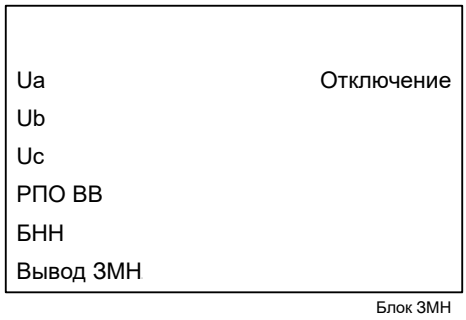


Рисунок 17 – Функциональный блок ЗМН

Таблица 17 – Входы и выходы функционального блока ЗМН

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО ВВ	Сигнал отключенного состояния выключателя ввода
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Вывод ЗМН	Вывод функции
Логические выходы	
Отключение	Отключение выключателя ввода

В терминале может быть выполнена одноступенчатая защита от понижения напряжения, содержащая три ИО минимального напряжения («**UсрабA**», «**UсрабB**», «**UсрабC**»), включенных на фазное напряжение и объединенных по схеме «И». При снижении напряжения на секции (системе) шин защита формирует сигнал на отключение выключателя ввода.

Уровень срабатывания ИО напряжения задается уставкой «**Uсраб**».

Выдержка времени на срабатывание ЗМН определяется уставкой «**Тоткл**». Длительность отключающего сигнала определяется уставкой «**ТдлитОткл**».

Во избежание излишнего срабатывания может осуществляться блокировка ЗМН при неисправности ИТН (сигнал «БНН»). Контроль исправности цепей напряжения при пуске ЗМН может быть введен при помощи накладки «**NконтрИТН**».

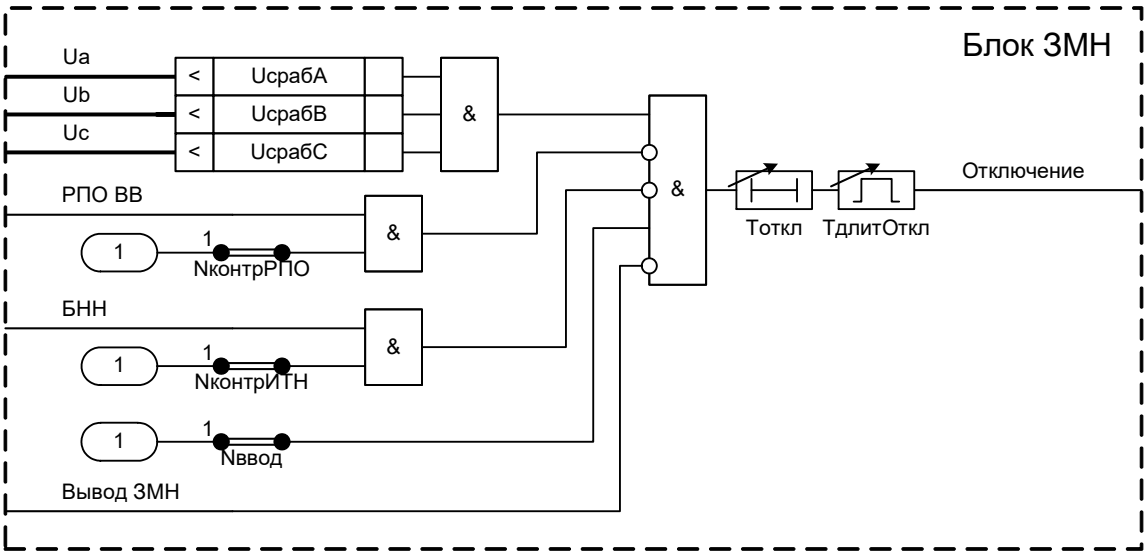


Рисунок 18 – Реализация программного модуля ЗМН

Во избежание излишнего срабатывания может осуществляться блокировка ЗМН при появлении сигнала отключенного состояния выключателя ввода (сигнал «РПО ВВ»). Контроль отключенного положения выключателя ввода при пуске ЗМН может быть введен при помощи накладки «**NконтрРПО**».

Предусмотрена возможность вывода из работы модуля ЗМН с помощью программной накладки «**Nввод**» или внешнего сигнала «Вывод».

ЗМН действует на отключение выключателя и пуск УРОВ.

Таблица 18 – Уставки ЗМН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, % от $U_{ф.\ ном}$	Uсраб	от 10 до 100 (шаг 1)	30
Контроль исправности ИТН (0 – нет, 1 – да)	NконтрИТН	–	1
Контроль РПО выключателя ввода (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПО	–	1
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС защиты, мс	Тоткл	от 1 до 30000 (шаг 1)	100
Длительность отключающего сигнала, мс	ТдлитОткл	от 1 до 30000 (шаг 1)	500

1.2.9.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения не превышает ±3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

1.2.9.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения при изменении температуры окружающего вздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

1.2.9.5 Коэффициент возврата ИО напряжения минимального действия не более 1,1.

1.2.9.6 Время срабатывания ИО напряжения при сбросе напряжения от 2 $U_{сраб}$ до нуля не превышает 30 мс.

1.2.9.7 Время возврата ИО напряжения при подаче напряжения 2 $U_{сраб}$ не превышает 35 мс.

1.2.10 Защита от повышения напряжения (ЗПН)

1.2.10.1 Принцип работы

Функциональный блок ЗПН приведен на рисунке 19, его реализация приведена на рисунке 20.

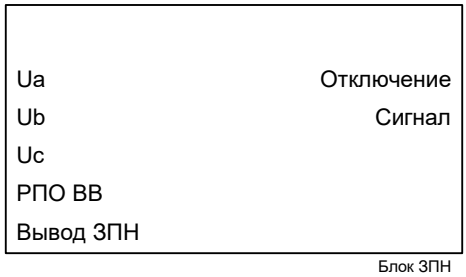


Рисунок 19 – Функциональный блок ЗПН

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока ЗПН

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО ВВ	Сигнал отключенного состояния выключателя ввода
Вывод ЗПН	Вывод функции
Логические выходы	
Отключение	Срабатывание отключающей ступени
Сигнал	Срабатывание сигнальной ступени

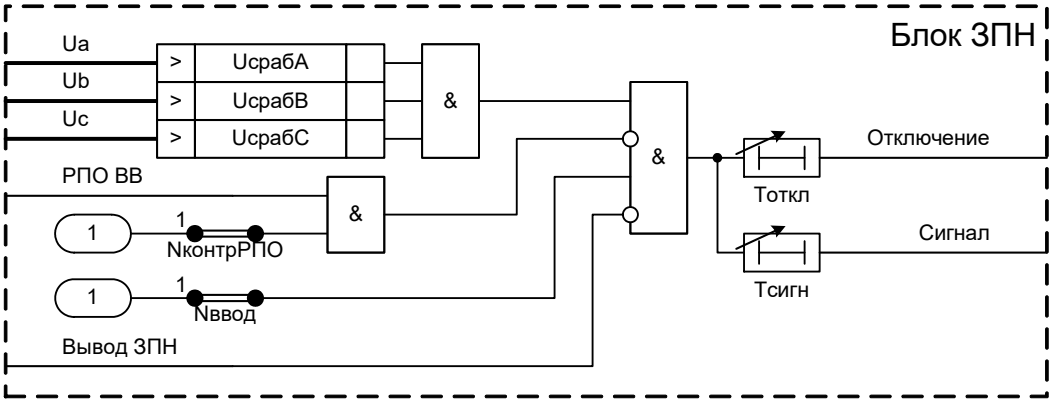


Рисунок 20 – Реализация программного модуля ЗПН

В устройстве может быть выполнена двухступенчатая защита от повышения напряжения, содержащая три ИО максимального напряжения («**UсрабА**», «**UсрабВ**», «**UсрабС**»), включенных на фазное напряжение и объединенных по схеме «И». При повышении напряжения на секции (системе) шин защита формирует сигнал на отключение выключателя ввода.

Уровень срабатывания ИО напряжения задается уставкой «**Uсраб**».

При срабатывании сигнальной ступени ЗПН через выдержку времени «**Тсигн**» действует на светодиодную сигнализацию, при срабатывании отключающей ступени через выдержку времени «**Тоткл**» – на отключение выключателя, пуск УРОВ и формирует пуск АПВ.

Во избежание излишнего срабатывания может осуществляться блокировка ЗПН при появлении сигнала отключенного состояния выключателя ввода (сигнал «РПО ВВ»). Контроль отключенного положения выключателя ввода при пуске ЗПН может быть введен при помощи накладки «**NконтрРПО**».

Предусмотрена возможность вывода из работы модуля ЗПН с помощью программной накладки «**Nввод**» или внешнего сигнала «Вывод».

Таблица 20 – Уставки ЗПН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, % от $U_{ф.\ ном}$	Uсраб	от 10 до 160 (шаг 1)	120
Контроль РПО выключателя ввода (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПО	–	1
Ввод защиты (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС отключающей ступени, мс	Тоткл	от 0 до 300000 (шаг 1)	1000
ВВС сигнальной ступени, мс	Тсигн	от 0 до 300000 (шаг 1)	100

1.2.10.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения не превышает ±3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

1.2.10.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС.

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

1.2.10.5 Коэффициент возврата ИО напряжения максимального действия не менее 0,95.

1.2.10.6 Время срабатывания всех ИО напряжения при сбросе напряжения от 2 $U_{сраб}$ до нуля не превышает 30 мс.

1.2.10.7 Время возврата всех ИО напряжения при подаче напряжения 2 $U_{сраб}$ не превышает 35 мс.

1.2.11 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН)

1.2.11.1 Принцип работы

В устройстве может быть реализована БНН, 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 приведен на рисунке 21.

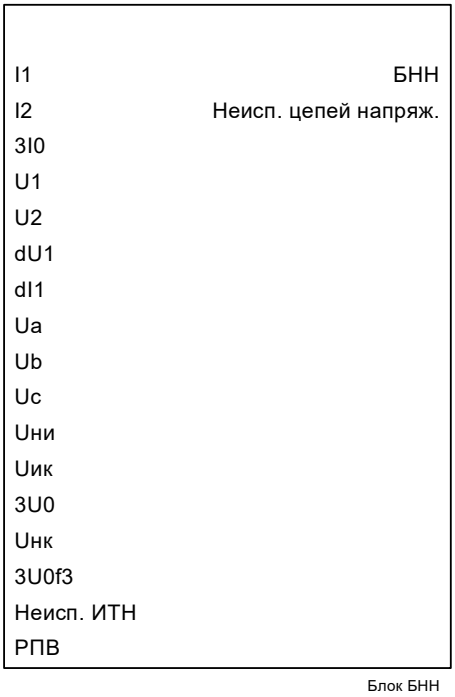


Рисунок 21 – Функциональный блок БНН

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока БНН

Аналоговые входы	
I1	Ток прямой последовательности
I2	Ток обратной последовательности
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
U1	Напряжение прямой последовательности
U2	Напряжение обратной последовательности
dU1	Приращение напряжения прямой последовательности
dI1	Приращение тока прямой последовательности
Ua, Ub, Uc	Напряжение фаз A, B, C
Uни	Напряжение Uни «разомкнутого треугольника»
Uик	Напряжение Uик «разомкнутого треугольника»
3U0	Расчетное утроенное напряжение нулевой последовательности
Uнк	Напряжение между зажимами НК «разомкнутого треугольника»
3U0f3	Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Неисп. ИТН	Неисправность ИТН
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Логические выходы	
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Неисп. цепей напряж.	Сигнализации о неисправности цепей напряжения

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

1.2.11.2 Если на терминал заведены два напряжения с «разомкнутого треугольника» ИТН, 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 «**NособФ**», значения которой представлены в таблице 22, задается особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 22 показана логика работы для особой фазы А. Два ИО («**Uзв-Uни**» и «**Uзв-Uик**») работают с одной уставкой – «**3U0-Uнк**». Значение уставки «**NособФ**» = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 22 – Особая фаза для ИО БНН

Значение уставки «**NособФ**»	Особая фаза	Напряжение $U_{ни}$	Напряжение $U_{ик}$
0	–	–	–
1	A	$\underline{U}_A$	$\underline{U}_B+\underline{U}_C$
2	B	$\underline{U}_B$	$\underline{U}_C+\underline{U}_A$
3	C	$\underline{U}_C$	$\underline{U}_A+\underline{U}_B$

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» ИТН не совпадают, соответствующие напряжения «разомкнутого треугольника» должны подаваться на клеммы терминала с обратной полярностью.

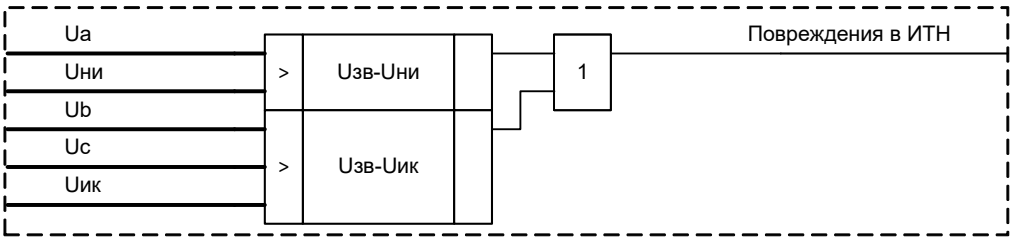


Рисунок 22 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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

1.2.11.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 23) используются ИО тока «**I2**» и напряжения обратной последовательности «**U2**». При междуфазных замыканиях во вторичных цепях ИТН происходит повышение уровня напряжения обратной последовательности, тогда как ток обратной последовательности находится на низком (нормальном) уровне. Значение уставок ИО «**I2**» и «**U2**» фиксированы и составляют 12 % от $I_{ном}$ и 15 % от $U_{ном}$ соответственно.

Время срабатывания БНН при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях определяется уставкой «**ТсрабФФ**», равной 10 мс.

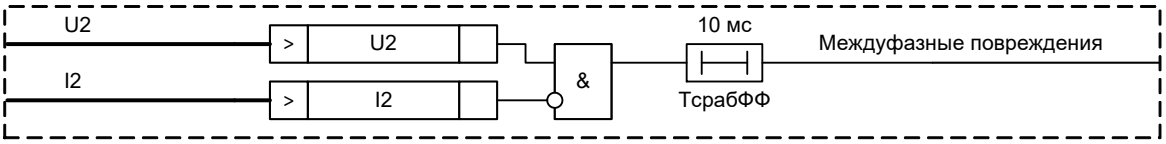


Рисунок 23 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.11.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 24. ИО «**U1**» показывает высокий уровень напряжения прямой последовательности, ИО «**dU1**» реагирует на приращение напряжения прямой последовательности, а ИО «**dI1**» – на приращение тока прямой последовательности. ИО «**I1мин**» осуществляет контроль протекания тока через выключатель. Значения уставок ИО «**U1**», «**dU1**», «**dI1**» и «**I1мин**» фиксированы и приведены в таблице 23.

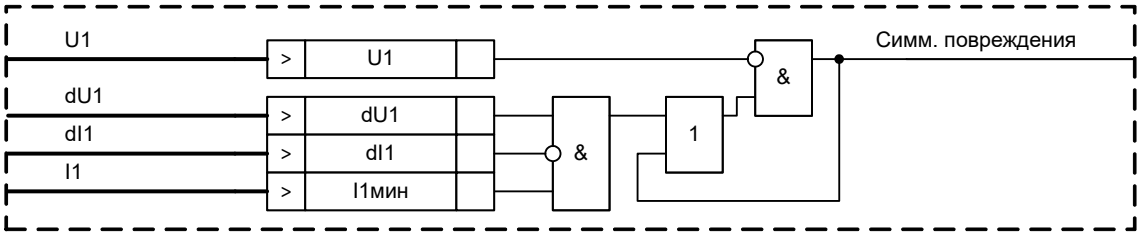


Рисунок 24 – Выявление симметричных повреждений

1.2.11.5 Дополнительно для выявления несимметричных обрывов и земляных замыканий в цепях «звезды», а также межвитковых замыканий в обмотках «разомкнутого треугольника» (рисунок 25) вводится ИО «**3U0-Uнк**», реагирующий на разность расчетного напряжения нулевой последовательности (по фазным напряжениям «звезды») и напряжения, снятого с выводов цепей «разомкнутого треугольника».

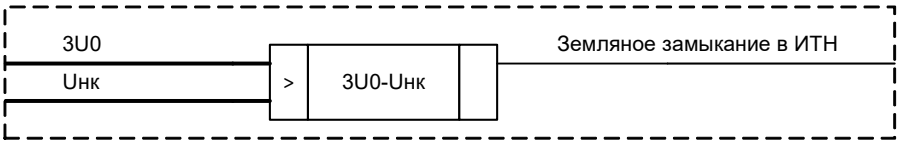


Рисунок 25 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.11.6 На рисунке 26 приведена логическая схема для отслеживания обрывов в цепях «разомкнутого треугольника». Данная ветвь алгоритма необходима, когда на терминал с ИТН

заводится только напряжение $U_{нк}$. Срабатывание определяется сигналом ИО «**3U0f3**», реагирующим на уровень напряжения третьей гармоники в цепях «разомкнутого треугольника». Здесь используется тот факт, что даже в нормальном режиме из-за нелинейности ИТН 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 «**U1**»).

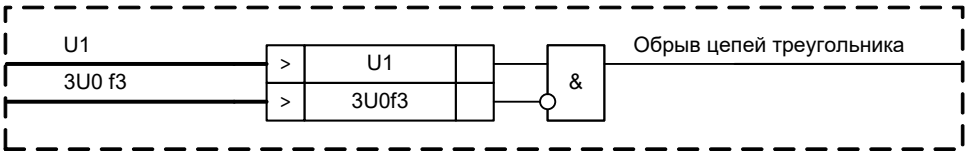


Рисунок 26 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

Режим работы логики фиксации обрывов определяется программной накладкой «**NобрывUнк**»:

- «**NобрывUнк**» = 0 – логика фиксация обрывов в цепях «разомкнутого треугольника» выводится из работы;
- «**NобрывUнк**» = 1 – логика фиксация обрывов формирует сигналы как неисправности, так и блокировки соответствующих функций терминала при повреждении цепей «разомкнутого треугольника»;
- «**NобрывUнк**» = 2 – логика фиксация обрывов действует только на сигнализацию.

Рекомендованное значение уставки ИО «**3U0f3**» составляет 0,2 % от $U_{ном}$. 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.

1.2.11.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 27.

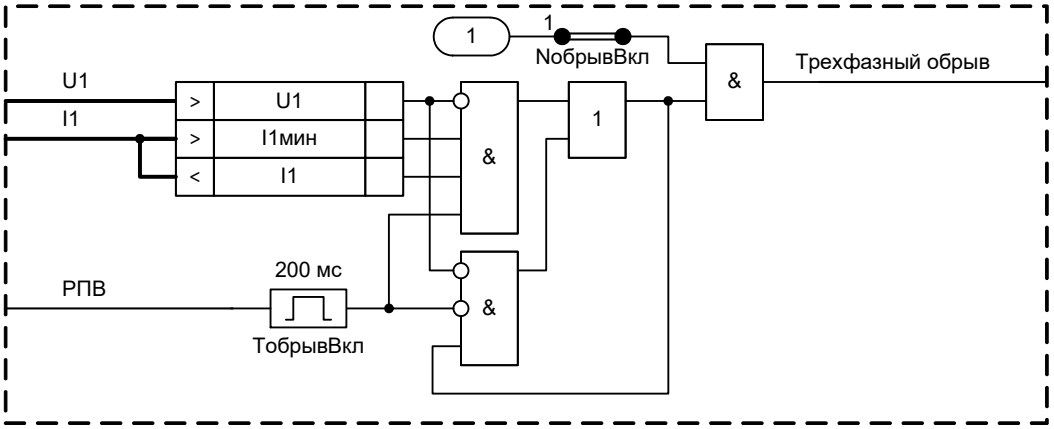


Рисунок 27 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

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**», равной 200 мс. Логика определения обрывов при включении введена постоянно (программная накладка зафиксирована в положении «**NобрывВкл**» = 1).

1.2.11.8 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. Значение уставки ИО «**3I0**» фиксировано и составляет 400 % от $I_{ном}$.

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

БНН срабатывает при получении внешнего сигнала о неисправности ИТН от блок-контакта автомата ИТН, от защиты ИТН или иного быстродействующего устройства. Для отстройки от кратковременных несимметрий, возникающих при неодновременном замыкании силовых контактов автомата предусмотрено продление блокировки при получении сигнала о неисправности ИТН. Продление сигнала блокировки определяется уставкой «**ТвнешНеисп**», равной 200 мс.

1.2.11.9 Режим работы БНН задается программной накладкой «**NвводБНН**»:

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

Таблица 23 – Уставки БНН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Разность напряжений нулевой последовательности «звезды» и «разомкнутого треугольника», % от $U_{ф.ном}$	3U0-Uнк	от 6 до 120 (шаг 1)	6
Утроенный ток нулевой последовательности блокирования БНН, % от $I_{ном}$	3I0	–	400
Напряжение обратной последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U2	–	15
Ток обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2	–	12
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U1	–	70
Приращение напряжения прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	dU1	–	15
Приращение тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	dI1	–	10
Минимальный ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1мин	–	2
Ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1	от 60 до 120 (шаг 1)	60
Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники, % от $3U0_{ном}$	3U0f3	от 0 до 3 (шаг 0,1)	0
Особая фаза цепей напряжения (0 – вывод функции сравнения, 1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	NособФ	–	0
Работа БНН (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NвводБНН	–	1
Обнаружение обрывов при включении (0 – нет, 1 – да)	NобрывВкл	–	1
Обнаружение обрывов в «разомкнутом треугольнике» (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NобрывUнк	–	0
Продление внешнего сигнала о неисправности ИТН, мс	ТвнешНеисп	–	200

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000
ВВС при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях, мс	ТсрабФФ	–	10
Время ввода логики фиксации обрывов при включении, мс	ТобрывВкл	–	200

1.2.11.10 Средняя основная погрешность по току (напряжению) срабатывания ИО тока (напряжения, кроме ИО напряжения третьей гармоники) не превышает ±3 % от уставки или ±5 % от номинальной величины, а реагирующих на приращения тока (напряжения) – ±10 % от уставки.

1.2.11.11 Средняя основная погрешность ИО напряжения третьей гармоники не превышает ±5 % от значения уставки или ±0,1 % от $U_{ном}$.

1.2.11.12 Дополнительная погрешность по току (напряжению) срабатывания ИО тока (напряжения) при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при температуре (20±5) °С, а реагирующих на приращения тока (напряжения) – ±10 % от уставки.

1.2.11.13 Дополнительная погрешность по току (напряжению) срабатывания ИО тока (напряжения) при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при номинальной частоте, а реагирующих на приращения тока (напряжения) – ±10 % от уставки.

1.2.11.14 Коэффициент возврата ИО тока (напряжения) не менее 0,9 для максимальных ИО и не более 1,1 для минимальных ИО.

1.2.11.15 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО тока 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 $I_{сраб}$).

1.2.11.16 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО напряжения не превышает 15 мс при подаче соответствующего трехкратного напряжения срабатывания 3 $U_{сраб}$.

1.2.11.17 Время возврата (срабатывания) максимальных (минимальных) ИО тока (напряжения) не превышает 30 мс при сбросе тока от 10 $I_{сраб}$ до нуля (напряжения от 3 $U_{сраб}$ до нуля).

1.2.11.18 Время срабатывания ИО приращения тока (напряжения) не превышает 15 мс, время возврата – 30 мс при скачкообразном изменении тока (напряжения) от нуля до 3 $I_{сраб}$ (3 $U_{сраб}$) и от 3 $I_{сраб}$ (3 $U_{сраб}$) до нуля.

1.2.12 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН)

1.2.12.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция блокировки при длительном отсутствии напряжения. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей. Функциональный блок БДОН приведен на рисунке 28, его реализация приведена на рисунке 29.

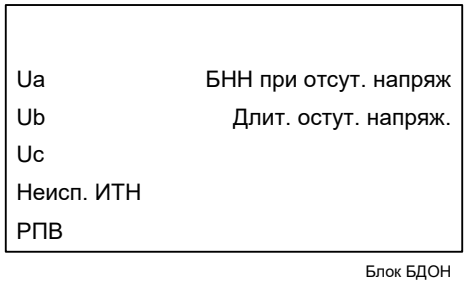


Рисунок 28 – Функциональный блок БДОН

Таблица 24 – Входы и выходы функционального блока БДОН

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжение фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Неисп. ИТН	Неисправность ИТН
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Логические выходы	
БНН при отсут. напряж.	Срабатывание блокировки при длительном отсутствии напряжения
Длит. отсут. напряж.	Сигнализация о длительном отсутствии напряжения

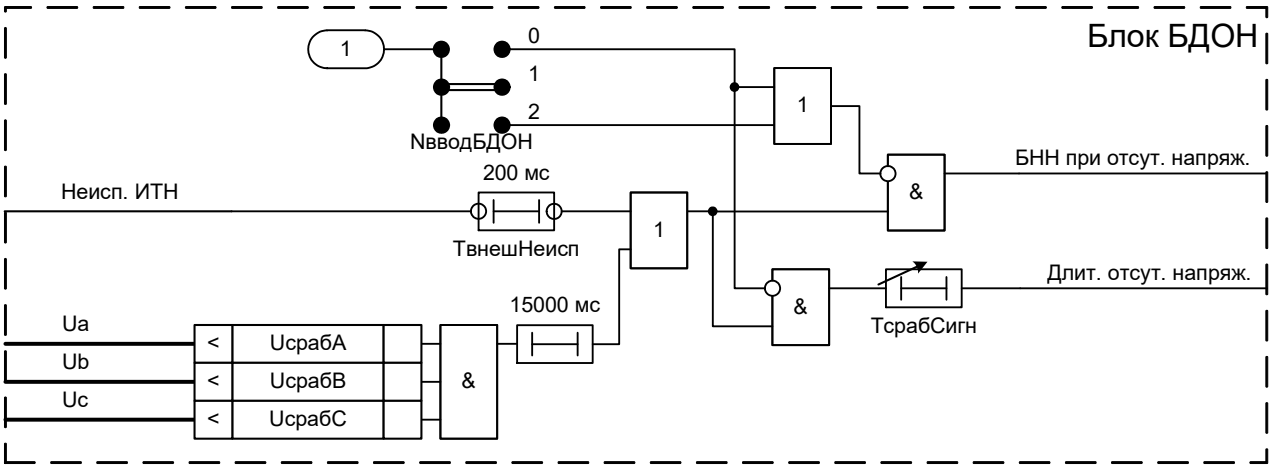


Рисунок 29 – Реализация программного модуля БДОН

Принцип работы БДОН основан на контроле величин фазных напряжений. При длительном (более 15 с) отсутствии фазных напряжений на входе устройства после включения (сигнал «РПВ») выдается блокирующий сигнал на ДЗ, общий критерий повреждения и других модулей, использующих эти цепи напряжения.

Уставка срабатывания ИО минимального фазного напряжения «**UсрабА**», «**UсрабВ**» и «**UсрабС**» равна 30 % от $U_{ф.ном}$.

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

БДОН срабатывает при получении внешнего сигнала о неисправности ИТН от блок-контакта автомата ИТН, от защиты ИТН или иного быстродействующего устройства. Выдержка времени на срабатывание «**ТвнешНеисп**» определяет продление сигнала внешней блокировки. Фиксированное значение уставки «**ТвнешНеисп**» составляет 200 мс.

Режим работы БДОН задается программной накладкой «**NвводБДОН**»:

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

Таблица 25 – Уставки БДОН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа БДОН (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NвводБДОН	–	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Продление внешнего сигнала о неисправности ИТН, мс	ТвнешНеисп	–	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000

1.2.12.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения не превышает ±3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

1.2.12.3 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при температуре (20±5) °С.

1.2.12.4 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при номинальной частоте.

1.2.12.5 Коэффициент возврата ИО напряжения не более 1,1 для минимальных ИО.

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

1.2.12.7 Время возврата минимальных ИО напряжения не превышает 15 мс при подаче соответствующего трехкратного напряжения срабатывания 3 $U_{сраб}$.

1.2.13 Защиты выключателя

1.2.13.1 Принцип работы

Блок защиты выключателя предназначен для выявления неисправностей в цепях управления и в самом выключателе. Реализованы следующие функции защит выключателя:

- контроль целостности цепей управления;
- защита от непереключения фаз (ЗНФ) и от неполнофазного режима (ЗНР);
- защита электромагнитов включения и отключения от длительного протекания тока;
- контроль затягивания включения и отключения выключателя.

Функциональный блок защиты выключателя приведен на рисунке 30, его реализация приведена на рисунке 31.

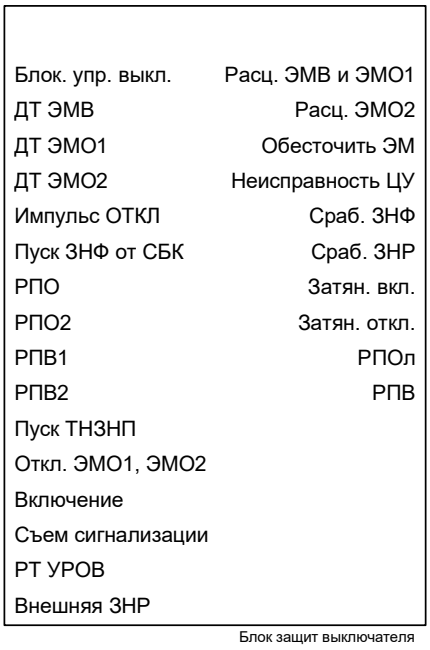


Рисунок 30 – Функциональный блок защит выключателя

Таблица 26 – Входы и выходы функционального блока защит выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
ДТ ЭМВ	Сигнал датчика тока ЭМВ
ДТ ЭМО1	Сигнал датчика тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Сигнал датчика тока ЭМО2
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Пуск ЗНФ от СБК	Пуск защиты от непереключения фаз от сборки блок-контактов
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя через последовательно соединенные блок-контакты выключателя
РПО2	Сигнал 2 отключенного положения выключателя через параллельно соединенные блок-контакты или ЭМВ всех трех фаз
РПВ1	Сигнал включенного положения выключателя (ЭМО1)
РПВ2	Сигнал включенного положения выключателя (ЭМО2)
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Включение	Включение выключателя
Съем сигнализации	Съем сигнализации
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
Внешняя ЗНР	Работа внешней ЗНР
Логические выходы	
Расц. ЭМВ и ЭМО1	Действие на расцепитель ЭМВ и ЭМО1
Расц. ЭМО2	Действие на расцепитель ЭМО2
Обесточить ЭМ	Обесточить все ЭМ
Неисправность ЦУ	Неисправность цепей управления выключателем
Сраб. ЗНФ	Срабатывание защиты от непереключения фаз
Сраб. ЗНР	Срабатывание защиты от неполнофазного режима
Затян. откл.	Затянутое отключение выключателя
Затян. вкл.	Затянутое включение выключателя
РПОл	РПО для контроля ЦУ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя

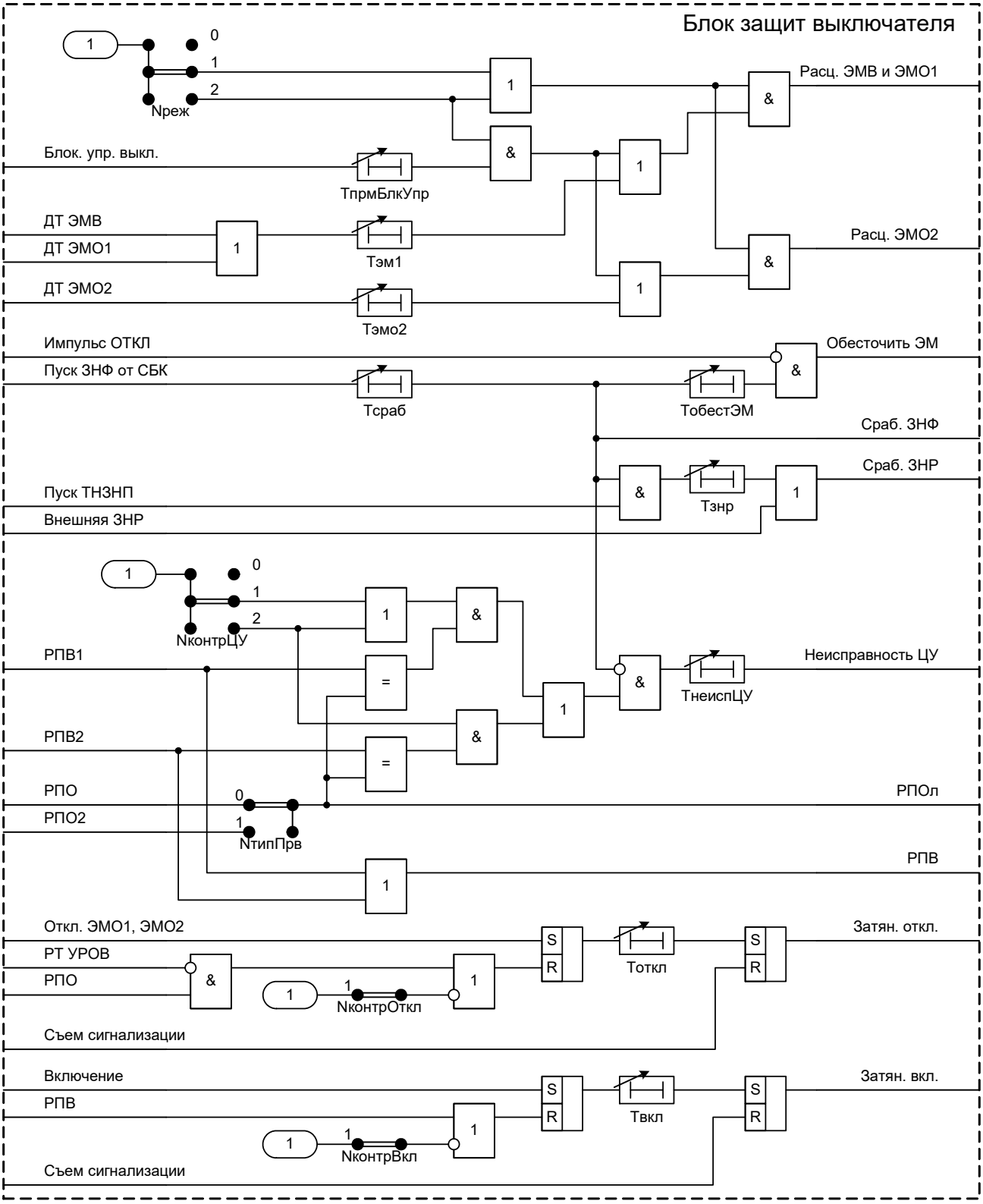


Рисунок 31 – Реализация программного модуля защит выключателя

1.2.13.2 Контроль целостности цепей управления (Контроль ЦУ)

Терминал получает информацию о включенном положении выключателя (сигналы «РПВ1» и «РПВ2») через дискретные входы, подключаемые непосредственно к соответствующим электромагнитам отключения (ЭМО1 и ЭМО2). Дискретные входы шунтируются резисторами, которые выбираются таким образом, чтобы обеспечить достаточный уровень тока через контакт расцепителя в цепи ЭМО, препятствующий его окислению, и недостаточный уровень для срабатывания.

Формирование сигнала отключенного положения «РПО» для выключателя с трехфазным приводом производится аналогично сигналу «РПВ1». В некоторых случаях

сопротивление электромагнита включения сопоставимо с сопротивлением дискретного входа. Тогда дискретный сигнал «РПО» может заводиться через блок-контакт выключателя.

При пофазном управлении выключателем предпочтительно заводить на терминал два сигнала: «РПО» и «РПО2». В этом случае сигнал «РПО» необходимо формировать через последовательно соединенные блок-контакты выключателя, а сигнал «РПО2» – через параллельно соединенные блок-контакты или ЭМВ всех трех фаз.

Программная накладка «**NтипПрв**» определяет тип привода выключателя и формирование специального логического сигнала «РПОл»:

- «**NтипПрв**» = 0 – трехфазный привод (контроль ЦУ осуществляется по сигналу «РПО», «РПОл» соответствует «РПО»);
- «**NтипПрв**» = 1 – пофазное управление (контроль ЦУ осуществляется по сигналу «РПО2», «РПОл» соответствует «РПО2»).

При одновременном отсутствии или наличии сигналов «РПОл» (отключенное состояние выключателя) и «РПВ» (включенное состояние выключателя) и отсутствии сигнала «Пуск ЗНФ от СБК» с выдержкой времени «**ТнеиспЦУ**» формируется сигнал о неисправности цепей управления «Неисправность ЦУ». Программная накладка «**NконтрЦУ**» задает режим контроля целостности цепей управления и режим контроля напряжений постоянного тока:

- «**NконтрЦУ**» = 0 – контроль напряжений и целостности цепей управления выведен. Этот режим вводится, если функции АУВ в терминале не используется;
- «**NконтрЦУ**» = 1 – осуществляется контроль объединенных цепей ЭМВ и ЭМО1. Режим используется для выключателей с одним электромагнитом отключения;
- «**NконтрЦУ**» = 2 – осуществляется контроль цепей ЭМВ, ЭМО1 и ЭМО2. Режим используется для выключателей с двумя электромагнитами отключения.

1.2.13.3 Защита от непереключения фаз и от неполнофазного режима (ЗНФ и ЗНР)

Защита построена с использованием входного дискретного сигнала «Пуск ЗНФ от СБК» (пуск защиты неполнофазного режима от сборки блок-контаков выключателя), который появляется при неполнофазном включении выключателя.

ЗНФ и ЗНР выполняются только для выключателей с пофазным управлением электромагнитами.

По сигналу «Пуск ЗНФ от СБК» с выдержкой времени «**Тсраб**» формируется сигнал «Сраб. ЗНФ», действующий на отключение включившихся фаз. Если отключение выключателя не ликвидирует неполнофазный режим, то при отсутствии сигнала «Импульс ОТКЛ» схема формирует сигнал «Обесточить ЭМ» в цепи управления электромагнитами выключателя с выдержкой времени «**ТобестЭМ**».

При фиксации сигнала «Пуск ЗНФ от СБК» и одновременном пуске ТНЗНП формируется сигнал срабатывания защиты от неполнофазного режима «Сраб. ЗНР», действующий на пуск УРОВ с выдержкой времени «**Тзнр**».

Для работы защиты в схемах с двумя выключателями на присоединение предусмотрено срабатывание ЗНР от входного дискретного сигнала «Внешняя ЗНР».

1.2.13.4 Защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока

При помощи внешних датчиков тока (сигналы «ДТ ЭМВ», «ДТ ЭМО1», «ДТ ЭМО2») терминал контролирует наличие токов через электромагниты выключателя (ЭМВ, ЭМО1, ЭМО2).

Если длительность протекания токов через электромагниты ЭМВ и ЭМО1 (ЭМО2) превышает уставку «**Тэм1**» («**Тэмо2**») или фиксируется сигнал «Блок. упр. выкл.» о блокировании управления выключателем в течение времени, большего уставки «**ТпрмБлкУпр**», то формируется сигнал во внешние цепи на обесточение электромагнитов («Расц. ЭМВ и ЭМО1» или «Расц. ЭМО2» на рисунке 31).

Программная накладка «**Nреж**» определяет режим работы защиты электромагнитов от длительного протекания тока:

- «**Nреж**» = 0 – защита электромагнитов отсутствует;

- «**Nреж**» = 1 – защита срабатывает при длительном протекании тока в электромагнитах выключателя;
- «**Nреж**» = 2 – защита срабатывает при получении сигналов о блокировании управления выключателем либо при длительном протекании тока по электромагнитам выключателя. Здесь при наличии входного сигнала блокирования управления выключателем «Блок. упр. выкл.» происходит обесточение ЭМО1 и ЭМО2. Это может понадобиться в том случае, если действие на выключатель может привести к повреждению первичного оборудования.

1.2.13.5 Контроль затягивания отключения и включения выключателя (Контроль затягивания)

Терминал контролирует время от момента подачи команды на отключение выключателя до момента отключения выключателя, который фиксируется по пропаданию тока (сигнал от ИО фазных токов УРОВ) и появлению сигнала «РПО». Максимальное время отключения выключателя определяется уставкой «**Тоткл**».

Функция контроля затягивания отключения выключателя может вводиться в работу программной накладкой «**NконтрОткл**».

Терминал контролирует время от момента подачи команды на включение выключателя до момента появления сигнала «РПВ». При затягивании включения выключателя формируется сигнал, который в зависимости от проекта может действовать в цепи сигнализации. Максимальное время включения выключателя определяется уставкой «**Твкл**».

Функция контроля затягивания включения выключателя может вводиться в работу программной накладкой «**NконтрВкл**».

Сброс сигналов «Затян. вкл.» и «Затян. откл.» осуществляется сигналом «Съем сигнализации».

Таблица 27 – Уставки защит выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль целостности цепей управления (Контроль ЦУ)			
Контроль целостности цепей управления (0 – вывод, 1 – РПВ1, 2 – РПВ1 и РПВ2)	NконтрЦУ	–	1
Тип привода управления выключателем (0 – трёхфазный, 1 –пофазный)	NтипПрв	–	0
Выдержка времени для фиксации неисправности цепей управления выключателем, мс	ТнеиспЦУ	от 200 до 20000 (шаг 1)	2000
Защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока (Защита ЭМО и ЭМВ)			
Режим работы защиты ЭМ от длительного протекания тока (0 – вывод, 1 – контроль тока, 2 – внешние сигналы и контроль тока)	Nреж	–	1
Выдержка времени на прием сигнала о блокировании управления выключателем, мс	ТпрмБлкУпр	от 700 до 20000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени защиты от длительного протекания тока в ЭМО1 и ЭМВ, мс	Тэм1	от 700 до 20000 (шаг 1)	1500
Выдержка времени защиты от длительного протекания тока в ЭМО2, мс	Тэмо2	от 700 до 20000 (шаг 1)	1500
Защита от непереключения фаз и от неполнофазного режима (ЗНФ и ЗНР)			
Выдержка времени защиты от непереключения фаз, мс	Тсраб	от 100 до 20000 (шаг 1)	300
Выдержка времени на посыл сигнала «Обесточить цепи ЭМ выключателя», мс	ТобестЭМ	от 700 до 20000 (шаг 1)	1000

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на запуск функции УРОВ от защиты от неполнофазного режима, мс	Тзнр	от 100 до 20000 (шаг 1)	300
Контроль затягивания отключения и включения выключателя (Контроль затягивания)			
Контроль затягивания отключения (0 – нет, 1 – да)	NконтрОткл	–	0
Контроль затягивания включения (0 – нет, 1 – да)	NконтрВкл	–	0
Время отключения выключателя, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	1000
Время включения выключателя, мс	Твкл	от 50 до 5000 (шаг 1)	1000
Формирование сигналов о неисправности выключателя (Неисп. выключателя)			
Выдержка времени сигнализации неисправности при потере оперативного тока, мс	ТнеиспОТ	от 1000 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 1, 2, 3 выключателя, мс	Тнеисп123	от 500 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 4, 5, 6 выключателя, мс	Тнеисп456	от 500 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 7, 8, 9 выключателя, мс	Тнеисп789	от 500 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправности при блокировке включения	ТнеиспБлк	от 500 до 30000 (шаг 1)	

1.2.14 Автоматика управления выключателем (АУВ)

1.2.14.1 Трехфазное автоматическое повторное включение (ТАПВ)

1.2.14.1.1 Принцип работы

Устройство защиты реализует функцию ТАПВ. Логика работы ТАПВ позволяет выполнять двукратное ТАПВ присоединения, однократное ТАПВ шин.

Модуль фиксации несоответствия (УФН), логика работы которого представлена на рисунке 32, обнаруживает и запоминает несоответствие между ключом управления и истинным состоянием выключателя. Команда «отключить», поступающая от оперативного переключателя, сбрасывает состояние УФН, пуск ТАПВ не разрешается.

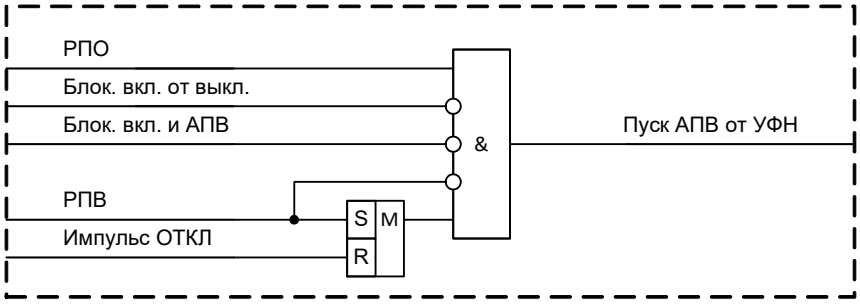


Рисунок 32 – Узел фиксации положения выключателя и фиксации несоответствия

Дополнительно предусмотрена блокировка ТАПВ по внешним входным сигналам «Блок. вкл. и АПВ» и «Блок. вкл. от выкл.». Данная блокировка ТАПВ может понадобиться, например, при подключении силовых трансформаторов к шинам подстанции со схемой «мостик» через разъединители. В этом случае при работе защиты трансформатора происходит отключение линейного и секционного выключателей. ТАПВ данных выключателей должно блокироваться до момента отключения разъединителя. При снятии входных сигналов блокирования происходит пуск АПВ.

Внутренний сигнал «Запрет АПВ» формируется из матрицы воздействий. Условия появления сигнала «Запрет АПВ» могут быть сконфигурированы с помощью уставок матрицы воздействий. Этот сигнал действует на блокирование логики ТАПВ присоединения и шин.

Длительность импульсного сигнала на включение выключателя от АПВ присоединения и шин определяется уставкой «**ТдлитВкл**».

1.2.14.1.2 ТАПВ присоединения

1.2.14.1.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ присоедения приведен на рисунке 33.

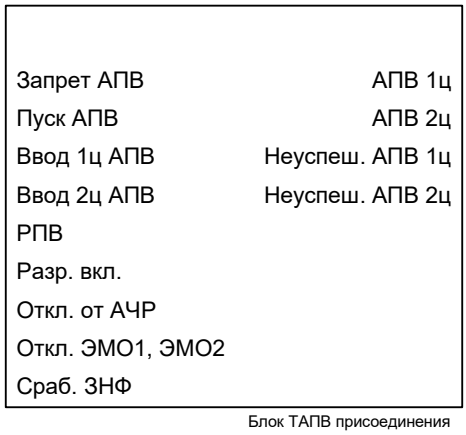


Рисунок 33 – Функциональный блок ТАПВ присоединения

Таблица 28 – Входы и выходы функционального блока ТАПВ присоединения

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Пуск АПВ	Пуск АПВ от УФН
Ввод 1ц АПВ	Ввод первого цикла АПВ
Ввод 2ц АПВ	Ввод второго цикла АПВ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Разр. вкл.	Разрешение включения
Откл. от АЧР	Отключение выключателя от АЧР
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Сраб. ЗНФ	Срабатывание защиты от неполнофазного режима
Логические выходы	
АПВ 1ц	Включение выключателя от первого цикла АПВ
АПВ 2ц	Включение выключателя от второго цикла АПВ
Неуспеш. АПВ 1ц	Неуспешное АПВ первого цикла
Неуспеш. АПВ 2ц	Неуспешное АПВ второго цикла

Пуск АПВ присоединения происходит при несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя (сигнал «Пуск АПВ»). Схема ТАПВ автоматически блокируется при первом (оперативном) включении на КЗ, при отключении выключателя оперативным персоналом, при приеме запрета от внешних защит (сигнал «Запрет АПВ»).

ТАПВ разрешается после нахождения выключателя во включенном положении (сигнал «РПВ») в течение времени готовности привода выключателя к следующему включению. Время готовности ТАПВ присоединения определяется уставкой «**Тгот**».

Длительность первого цикла ТАПВ присоединения определяется уставкой «**Тцикл1**». Длительность второго цикла ТАПВ присоединения определяется уставкой «**Тцикл2**».

В том случае, если при проведении ТАПВ присоединения в течение времени «**Тгот**» после первого и второго циклов АПВ происходит отключение выключателя (сигнал «Откл. ЭМО1, ЭМО2») формируются сигналы неуспешного АПВ присоединения «Неуспеш. АПВ 1ц» и «Неуспеш. АПВ 2ц» соответственно. При отключении от ЗНФ сигнализация не срабатывает.

Таблица 29 – Уставки ТАПВ присоединения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Время готовности ТАПВ присоединения, мс	Тгот	от 500 до 32000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени первого цикла ТАПВ, мс	Тцикл1	от 200 до 30000 (шаг 1)	500
Выдержка времени второго цикла ТАПВ, мс	Тцикл2	от 200 до 30000 (шаг 1)	10000

1.2.14.1.3 ТАПВ шин

1.2.14.1.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ шин приведен на рисунке 34.

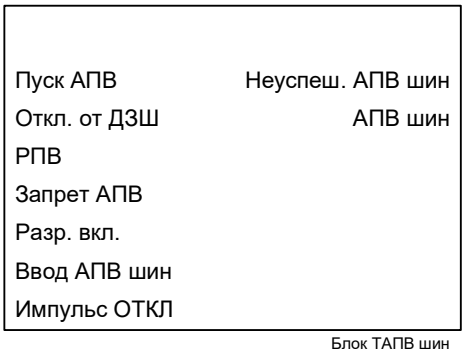


Рисунок 34 – Функциональный блок ТАПВ шин

Таблица 30 – Входы и выходы функционального блока ТАПВ шин

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск АПВ	Пуск АПВ от УФН
Откл. от ДЗШ	Отключение выключателя от ДЗШ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Ввод АПВ шин	Ввод АПВ шин
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Логические выходы	
Неуспеш. АПВ шин	Неуспешное АПВ шин
АПВ шин	Включение выключателя от АПВ шин

Пуск АПВ шин происходит при срабатывании ДЗШ и при несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя (сигнал «Пуск АПВ»). При этом ТАПВ присоединения запрещается. В том случае, если при проведении ТАПВ шин ДЗШ сработает повторно, формируется сигнал «Неуспеш. АПВ шин» и происходит блокирование АПВ шин.

ТАПВ разрешается после нахождения выключателя во включенном положении (сигнал «РПВ») в течение времени готовности привода выключателя к следующему включению. Время готовности ТАПВ шин определяется уставкой «**Тгот**».

Длительность цикла ТАПВ шин определяется уставкой «**Тсраб**».

Длительность импульсного сигнала «Откл. от ДЗШ» определяется уставкой «**ТоткклДЗШ**».

Длительность сигнала запрета АПВ шин определяется уставкой «**ТзапрАПВш**».

ТАПВ шин может быть введено в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

Таблица 31– Уставки ТАПВ шин

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа модуля ТАПВ шин (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Время готовности ТАПВ шин, мс	Тгот	от 200 до 30000 (шаг 1)	1000
Длительность сигнала «Отключение от ДЗШ», мс	ТоткклДЗШ	от 50 до 5000 (шаг 1)	50
Выдержка времени на проведение ТАПВ шин, мс	Тсраб	от 200 до 30000 (шаг 1)	500
Длительность контроля сигналов на запрет ТАПВ шин (неуспешное ТАПВ), мс	ТзапрАПВш	от 100 до 30000 (шаг 1)	2000

1.2.14.2 Модуль включения выключателя (Модуль включения)

1.2.14.2.1 Принцип работы

Модуль включения выключателя формирует сигналы на электромагниты включения выключателя при появлении команд оперативного включения «Команда ВКЛ», «Включение от ТУ» или сигналов включения «Вкл. от АПВ», «Включение без КС» и контролируется сигналом разрешения включения «Разр. вкл.», реализующимся по логической цепочке, представленной на рисунке 36.

Функциональный блок модуля включения выключателя приведен на рисунке 35, его реализация приведена на рисунке 37.

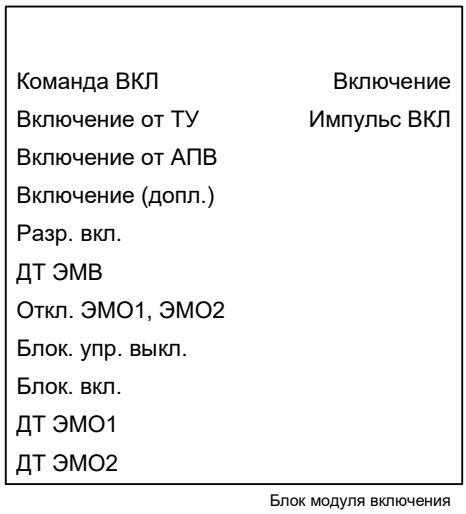


Рисунок 35 – Функциональный блок модуля включения выключателя

Таблица 32 – Входы и выходы функционального блока модуля включения выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Команда ВКЛ	Включение выключателя от ключа управления
Включение от ТУ	Включение выключателя от телеуправления
Включение от АПВ	Включение выключателя от АПВ
Включение (допл.)	Дополнительный сигнал включения выключателя
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
ДТ ЭМВ	Сигнал датчика тока ЭМВ

Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
Блок. вкл.	Блокировка включения выключателя
ДТ ЭМО1	Сигнал датчика тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Сигнал датчика тока ЭМО2
Логические выходы	
Включение	Включение выключателя
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления

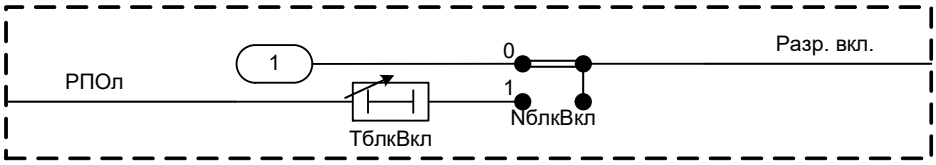


Рисунок 36 – Формирование сигнала разрешения включения

Модуль включения блокирует оперативное включение выключателя после отключения на время, задаваемое уставкой «**ТблкВкл**». Программная накладка «**NблкВкл**» позволяет вывести данную блокировку.

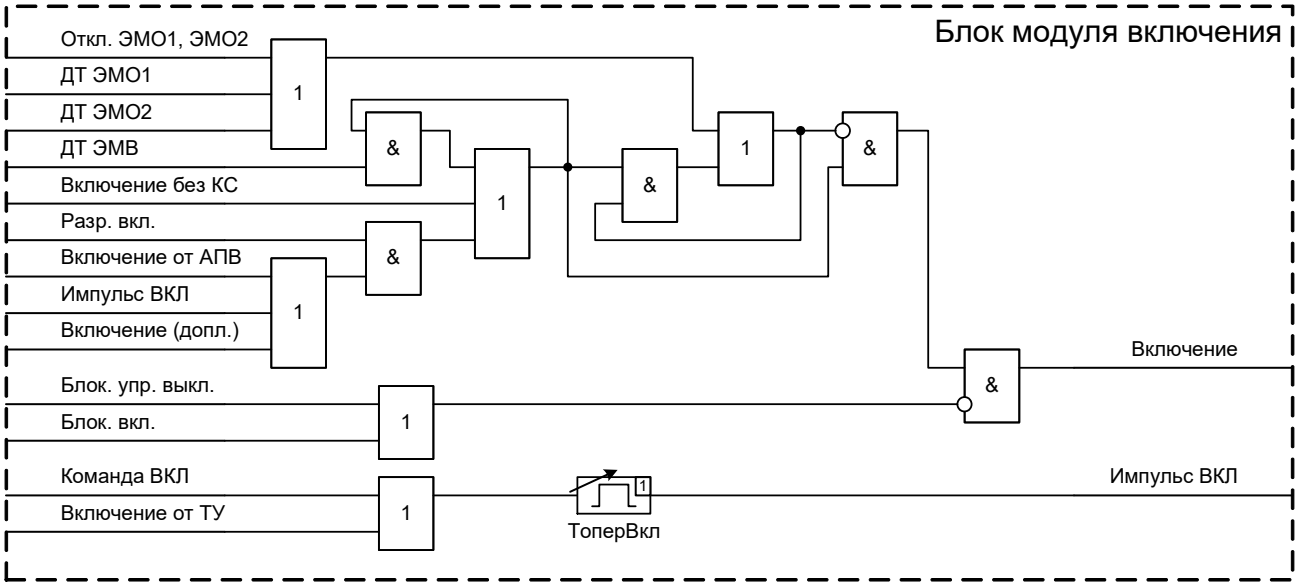


Рисунок 37 – Реализация программного модуля включения выключателя

Реализована «Блокировка от прыганья», когда при действии на отключение выключателя происходит запрет формирования команды «Включение». Узел включения выключателя может быть заблокирован сигналом блокирования управления выключателем «Блок. упр. выкл» и сигналом блокирования включения «Блок. вкл.».

Обеспечивается подхват воздействия на электромагниты включения на время протекания тока по электромагнитам (сигнал «ДТ ЭМВ»).

Если одновременно с сигналом «Включение» фиксируется отключение выключателя, то включение выключателя блокируется до тех пор, пока не прекратится сигнал включения. Узел включения выключателя может быть заблокирован сигналом блокирования управления выключателем «Блок. упр. выкл» и сигналом блокирования включения «Блок. вкл.».

Подача команды на включение выключателя прекращается при появлении сигнала «Блок. вкл.».

Минимальная длительность команды включения от оперативного ключа и по канал телеуправления определяется уставкой «**ТоперВкл**».

Таблица 33 – Уставки модуля включения выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ввод блокировки команды на включение выключателя на время ТблкВкл (0 – нет, 1 – да)	NблкВкл	–	0
Длительность команды на включение выключателя от ключа управления (телеуправления), мс	ТоперВкл	от 100 до 1000 (шаг 1)	150
Длительность блокировки команды на включение выключателя, с	ТблкВкл	от 300 до 1800 (шаг 1)	300

1.2.15 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения)

1.2.15.1 Принцип работы

Модуль 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, резервной защиты объекта);
- защита от непереключения фаз («ЗНФ»).

Функциональный блок модуля отключения выключателя приведен на рисунке 38, его реализация приведена на рисунке 39.

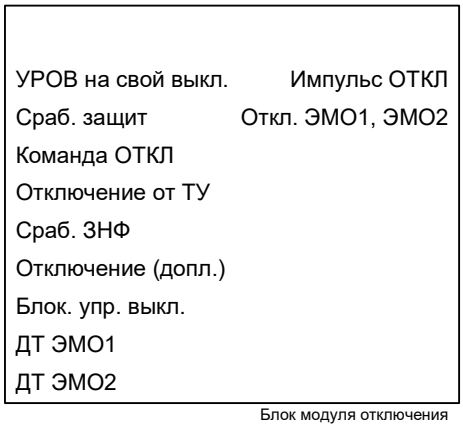


Рисунок 38 – Функциональный блок модуля отключения выключателя

Таблица 34 – Входы и выходы функционального блока модуля отключения выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
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
Сраб. ЗНФ	Срабатывание защиты от непереключения фаз
Отключение (допл.)	Дополнительный сигнал отключения выключателя
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
ДТ ЭМО1	Сигнал датчика тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Сигнал датчика тока ЭМО2
Логические выходы	
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя

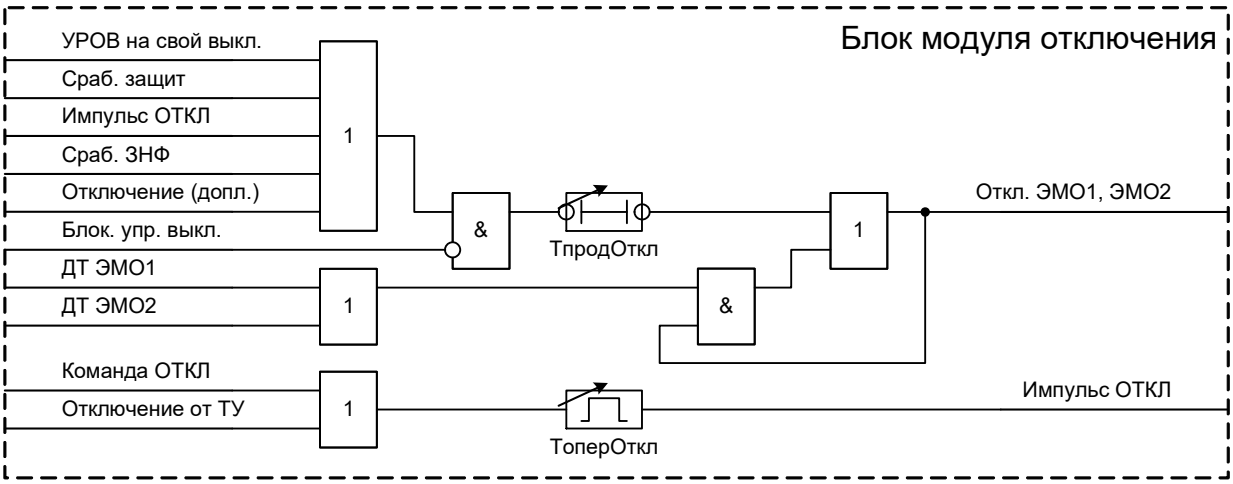


Рисунок 39 – Реализация программного модуля отключения выключателя

Предусмотрен подхват действия на электромагниты отключения выключателя при срабатывании ИО датчиков тока «ДТ ЭМО1», «ДТ ЭМО2».

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

Длительность команды отключения от оперативного ключа и от сигналов телеуправления определяется уставкой «**ТоперОткл**».

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

Таблица 35 – Уставки модуля отключения выключателя

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

1.2.16 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ)

1.2.16.1 Принцип работы

Функциональный блок УФПВ приведен на рисунке 40, его реализация приведена на рисунке 41.

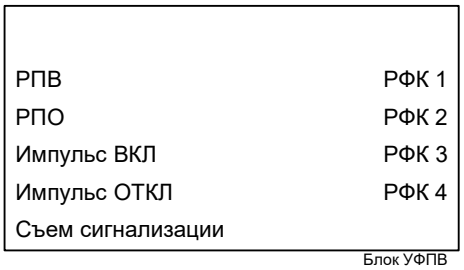


Рисунок 40 – Функциональный блок УФПВ

Таблица 36 – Входы и выходы функционального блока УФПВ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления

Импульс ОТКЛ	Отключение 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».

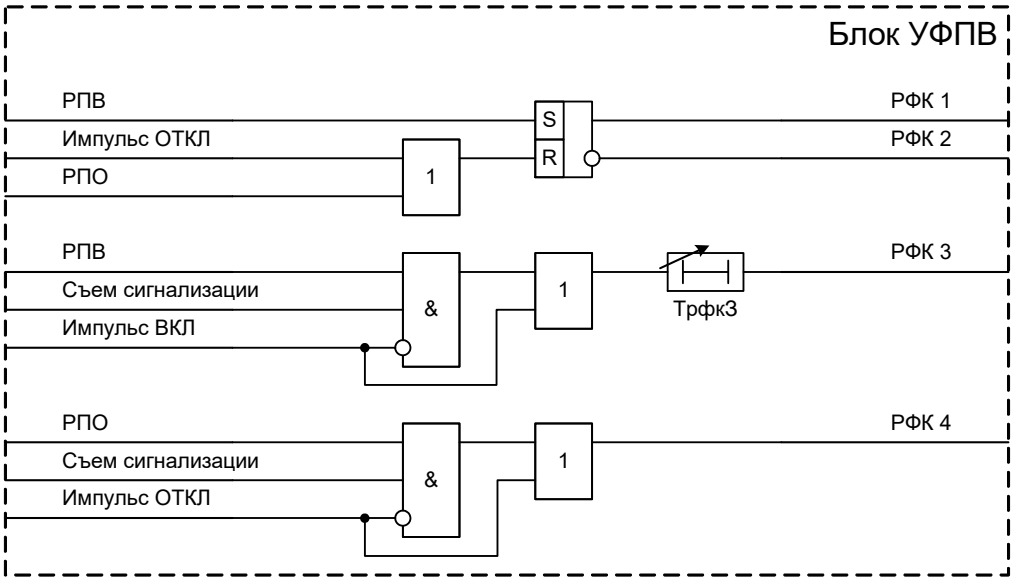


Рисунок 41 – Реализация программного модуля УФПВ

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

Сигналы «РФК3» и «РФК4» используются для выполнения сигнализации команд оперативного управления выключателем.

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

Таблица 37 – Уставки УФПВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на формирование сигнала «РФК3», мс	Трфк3	от 5 до 500 (шаг 1)	500

1.2.17 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ)

1.2.17.1 Принцип работы

Функциональный блок МКРВ приведен на рисунке 42.

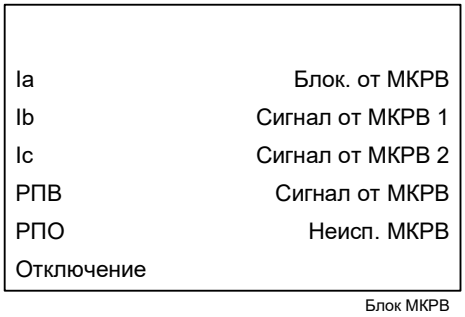


Рисунок 42 – Функциональный блок МКРВ

Таблица 38 – Входы и выходы функционального блока МКРВ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Отключение	Отключение выключателя
Логические выходы	
Блок. от МКРВ	Блокировка включения от МКРВ
Сигнал от МКРВ 1	Сигнал от МКРВ 1
Сигнал от МКРВ 2	Сигнал от МКРВ 2
Сигнал от МКРВ	Сигнал от МКРВ
Неисп. МКРВ	Неисправность МКРВ

Для выключателей коммутационный и механический ресурсы (ГОСТ 18397-86 и ГОСТ Р 52565-2006) регламентируются как показатели надежности. Устройство позволяет контролировать оба параметра выключателя:

- остаточный механический ресурс выключателя (МРВ) оценивается по числу произведенных коммутаций выключателя;
- остаточный коммутационный ресурс выключателя (КРВ) дополнительно учитывает величину отключаемых токов.

Диагностика выключателя производится по результатам длительного наблюдения циклов включения и отключения выключателя. Устройство отображает текущий остаточный ресурс выключателя (убывающая во времени величина), который является оценочной величиной, зависит от исходных параметров и может отличаться от истинного состояния конкретного оборудования.

В соответствии с ГОСТ 18397-86:

- срок службы до первого среднего ремонта и между средними ремонтами определяют состоянием выключателя после выработки им ресурса по коммутационной стойкости;
- срок службы до капитального ремонта выключателя определяют состоянием выключателя после выработки им ресурса по механической стойкости.

Остаточный ресурс выключателя оценивается при каждом отключении. Цикл Включение-Отключение (В-О) определяется сменой сигналов «РПВ» и «РПО». Ложная фиксация циклов при кратковременном снижении напряжения оперативного тока и различных помехах исключается контролем подачи команд на отключение выключателя (оперативных или автоматических).

Счетчики МКРВ должны быть сброшены после проведения ремонта выключателя, а также при установке устройства защиты.

В случае снижения ресурса выключателя ниже заранее определенных уровней формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2». Сигналы имеют активное состояние все время, пока наблюдается пониженный ресурс выключателя (до ремонта

выключателя и сброса счетчиков). Сигналы используются для светодиодной индикации на панели терминала.

«Сигнал от МКРВ» является фиксируемым сигналом и означает пересечение одного из пороговых уровней. Сигнал может быть снят при помощи кнопки «Съем сигнализации» на панели устройства. Сигнал используется для действия в цепи центральной сигнализации.

Сигнал «Блок. от МКРВ» может быть сформирован, если остаточный коммутационный или механический ресурс выключателя снижается до нуля. Сигнал блокирует включение выключателя.

1.2.17.2 Контроль механического ресурса выключателя (Контроль МРВ)

Ресурс по механической стойкости выключателей регламентирует число циклов В-О, производимых без тока в главной цепи при номинальном напряжении на выводах цепей управления. Функция контроля МРВ содержит две сигнальные ступени, каждая из которых реагируют на снижение остаточного ресурса ниже заранее заданных значений. При достижении нулевого значения остаточного ресурса выключателя может производиться блокирование включения выключателя с целью предотвращения его разрушения.

Пороговое число циклов определяется документацией на конкретный выключатель. Для масляных выключателей 110-220 кВ количество циклов механической стойкости составляет не менее 10000.

Уставкой «**МдопОткл**» задается допустимое число циклов В-О, соответствующих износу выключателя (паспортные данные).

Уставками «**МсрабМРВ1**» и «**МсрабМРВ2**» задаются пороговые уровни срабатывания первой и второй ступеней контроля МРВ. При этом формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2» соответственно.

Режим работы контроля механического ресурса задается программной накладкой «**NрабМРВ**»:

- «**NрабМРВ**» = 0 – контроль МРВ выведен из работы;
- «**NрабМРВ**» = 1 – осуществляется контроль МРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2»;
- «**NрабМРВ**» = 2 – осуществляется контроль МРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2». При достижении нулевого уровня остаточного ресурса включение выключателя блокируется.

Примечание – Пример для исходных данных «**МдопОткл**» = 3000, «**МсрабМРВ1**» = 60 %, «**МсрабМРВ2**» = 30 %. После 1200 коммутаций сработает первая сигнальная ступень контроля механического ресурса, означающая необходимость первого планового ремонта; после 2100 коммутаций – второго планового ремонта, после 3000 коммутаций – очередного ремонта и блокировании управления.

Устройство фиксирует и отображает на ИЧМ остаточный ресурс выключателя в процентах от допустимого числа циклов В-О, а также число проведенных отключений.

Пользователю предоставляется возможность установки текущего значения МРВ (например, восстановление работоспособности при замене или капитальном ремонте выключателя) при помощи локального пользовательского интерфейса.

Устройство фиксирует циклы В-О по последовательности смены сигналов положения выключателя. Возможна избыточная фиксация или несрабатывание счетчика циклов В-О при нарушении обмена сигналами между комплектом АУВ и выключателем. Погрешность работы пороговых элементов модуля контроля МРВ не превышает 0,1 %.

1.2.17.3 Контроль коммутационного ресурса выключателя (Контроль КРВ)

Ресурс по коммутационной стойкости выключателя определяет число производимых отключений при заданных уровнях токов. Для масляных выключателей ВМТ-220 количество циклов В-О при номинальном токе выключателя составляет 400, а при номинальном токе отключения – 8. Усредненных параметров по КРВ не существует. Уставки модуля контроля КРВ задаются для каждого конкретного выключателя в соответствии с его паспортными данными.

Функция контроля КРВ содержит две сигнальные ступени, каждая из которых реагируют на снижение остаточного ресурса ниже заранее заданных значений. При достижении нулевого значения остаточного ресурса выключателя может производиться блокирование включения выключателя с целью предотвращения его разрушения.

Расчет остаточного КРВ производится в момент отключения выключателя для каждой фазы (полюса) отдельно. Остаточный коммутационный ресурс уменьшается на величину, определяемую зависимостью числа циклов В-О от уровня коммутируемого тока $M = f(I_{откл})$.

Характеристика $M = f(I_{откл})$ может быть задана как одиннадцатью (рисунок 43), так и двумя точками (рисунок 44) в виде пар чисел: число коммутаций – отключаемый ток (уставки «**Моткл1**» – «**Моткл11**» и «**Iоткл1**» – «**Iоткл11**» – для характеристики, задаваемой одиннадцатью точками). Выбор характеристики производится при помощи накладки «**Nреж**». При «**Nреж**» = 1 расчет производится по двум точкам, при «**Nреж**» = 2 – по одиннадцати точкам.

Характеристика, изображенная на рисунке 44, задается следующими уставками: «**Iоткл1**» – номинальный ток отключения выключателя, кА; «**Iоткл2**» – номинальный ток выключателя, кА; «**Моткл1**» – допустимое количество циклов при номинальном токе отключения; «**Моткл2**» – количество циклов при номинальном токе выключателя.

Уставками «**МсрабКРВ1**» и «**МсрабКРВ2**» задаются пороговые уровни срабатывания первой и второй ступеней контроля КРВ. При этом формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2» соответственно. Снижение остаточного ресурса ниже порогового значения хотя бы для одной фазы (полюса) выключателя приводит к срабатыванию соответствующей ступени.

Режим работы контроля коммутационного ресурса выключателя задается программной накладкой «**NрабКРВ**»:

- «**NрабКРВ**» = 0 – контроль КРВ выведен из работы;
- «**NрабКРВ**» = 1 – осуществляется контроль КРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2»;
- «**NрабКРВ**» = 2 – осуществляется контроль КРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ 1» и «Сигнал от МКРВ 2». При достижении нулевого уровня остаточного ресурса включение выключателя блокируется.

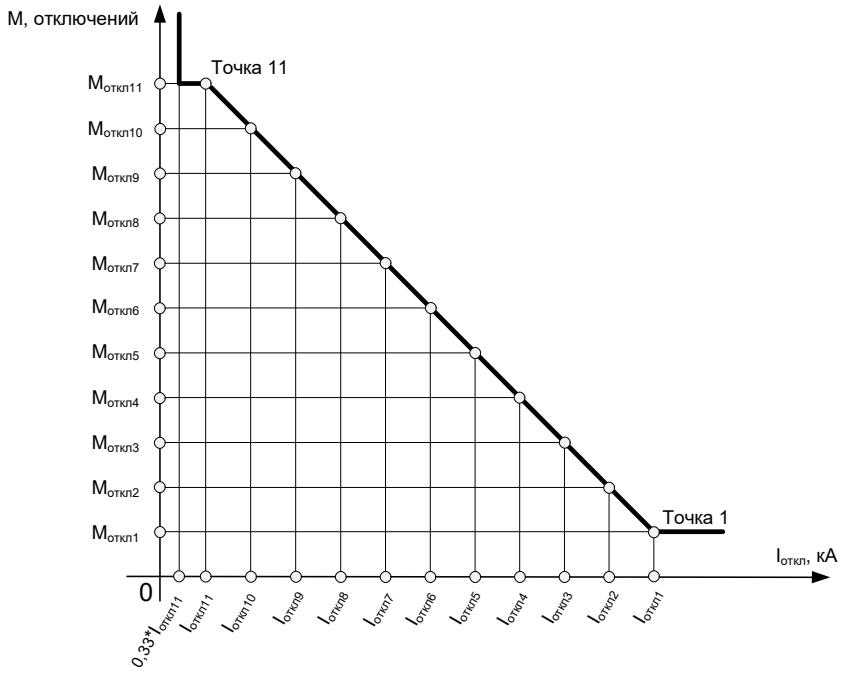


Рисунок 43 – Характеристика КРВ, задаваемая одиннадцатью точками

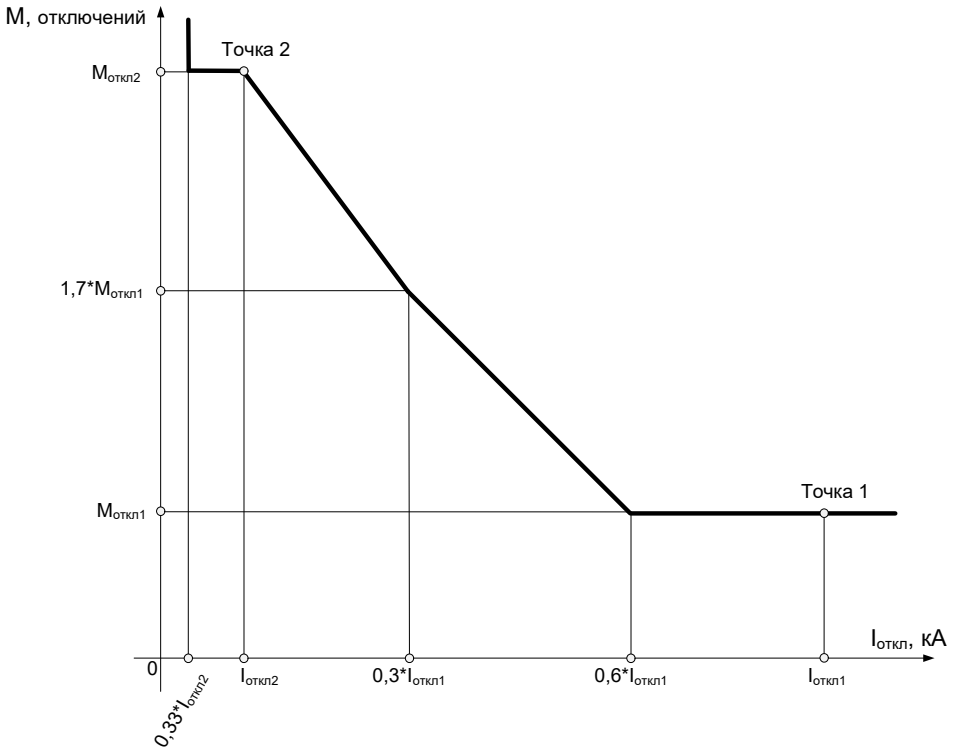


Рисунок 44 – Характеристика КРВ, задаваемая двумя точками

Пользователю предоставляется возможность установки значения КРВ для каждой фазы в отдельности (например, восстановление работоспособности при замене или ремонте выключателя) при помощи локального пользовательского интерфейса.

В меню ИЧМ Диагн. выключателя/Токи отключения отображаются токи последнего отключения выключателя для каждой фазы выключателя.

В меню ИЧМ Диагн. выключателя/Время отключения отображается время отключения каждой фазы выключателя. Расчет ведется с использованием сигналов положения выключателя и токов фаз, а потому является ориентировочным. Максимальная длительность отключения ограничена 1 с.

Устройство фиксирует циклы В-О по последовательности смены сигналов положения выключателя и изменению уровня токов фаз. Возможна избыточная фиксация или несрабатывание счетчика циклов В-О при нарушении обмена сигналами между комплектом АУВ и выключателем. В связи с тем, что ток, как правило, изменяет свое значение в цикле отключения, зафиксированный ток отключения может отличаться от реального тока отключения. Погрешность работы пороговых элементов модуля контроля КРВ не превышает 0,1 %.

Если уставки блока будут неправильно заданы, то сформируется сигнал «Неисп. МКРВ», который может быть выведен на светодиодную сигнализацию.

Таблица 39 – Уставки МКРВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Допустимое число отключений	МдопОткл	от 1 до 60000 (шаг 1)	10000
Порог первой ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (механический ресурс), %	МсрабМРВ1	от 0 до 100 (шаг 0,01)	60
Порог второй ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (механический ресурс), %	МсрабМРВ2	от 0 до 100 (шаг 0,01)	30
Число отключений для профилактического ремонта	Мрем	от 1 до 1000 (шаг 1)	300

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа сигнализации неисправности от модуля ресурса контроля выключателя (0 – нет, 1 – да)	Nнеисп	–	0
Работа контроля механического ресурса выключателя (0 – нет, 1 – на сигнал, 2 – да)	NрабМРВ	–	0
Уставка сигнализации времени включения выключателя, мс	Твкл	от 1 до 1000 (шаг 1)	1000
Уставка сигнализации времени отключения выключателя, мс	Тоткл	от 1 до 1000 (шаг 1)	1000
Характеристика КРВ			
Ток точки 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл1	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	60
Ток точки 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл2	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	55
Ток точки 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл3	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	50
Ток точки 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл4	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	45
Ток точки 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл5	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	40
Ток точки 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл6	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	35
Ток точки 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл7	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	30
Ток точки 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл8	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	25
Ток точки 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл9	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	20
Ток точки 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл10	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	15
Ток точки 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл11	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	10
Допустимое количество отключений в точке 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл1	от 5 до 60000 (шаг 1)	200
Допустимое количество отключений в точке 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл2	от 5 до 60000 (шаг 1)	300
Допустимое количество отключений в точке 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл3	от 5 до 60000 (шаг 1)	400
Допустимое количество отключений в точке 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл4	от 5 до 60000 (шаг 1)	500
Допустимое количество отключений в точке 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл5	от 5 до 60000 (шаг 1)	600
Допустимое количество отключений в точке 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл6	от 5 до 60000 (шаг 1)	700

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Допустимое количество отключений в точке 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл7	от 5 до 60000 (шаг 1)	800
Допустимое количество отключений в точке 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл8	от 5 до 60000 (шаг 1)	900
Допустимое количество отключений в точке 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл9	от 5 до 60000 (шаг 1)	1000
Допустимое количество отключений в точке 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл10	от 5 до 60000 (шаг 1)	1100
Допустимое количество отключений в точке 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл11	от 5 до 60000 (шаг 1)	1200
Порог первой ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (коммутационный ресурс), %	МсрабКРВ1	от 0 до 100 (шаг 0,01)	60
Порог второй ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (коммутационный ресурс), %	МсрабКРВ2	от 0 до 100 (шаг 0,01)	30
Выбор алгоритма расчета ресурса по коммутационной стойкости (1 – по двум точкам, 2 – по одиннадцати точкам)	Nреж	–	2
Работа контроля коммутационного ресурса выключателя (0 – нет, 1 – на сигнал, 2 – да)	NрабКРВ	–	0

1.2.18 Расчет аналоговых сигналов

1.2.18.1 Фильтр симметричных составляющих (ФСС)

Функциональный блок ФСС приведен на рисунке 45.

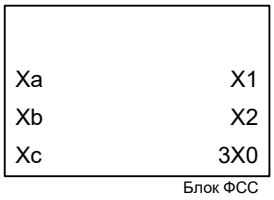


Рисунок 45 – Функциональный блок ФСС

Таблица 40 – Входы и выходы функционального блока ФСС

Аналоговые входы	
Xa, Xb, Xc	Величины фаз A, B, C
Аналоговые выходы	
X1	Величина прямой последовательности
X2	Величина обратной последовательности
3X0	Утроенное значение величины нулевой последовательности
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок предназначен для расчета симметричных составляющих фазных величин по формулам

$$\underline{X}_1 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_a + \underline{X}_b\, e^{-j2\pi/3} + \underline{X}_c\, e^{-j4\pi/3}\right),$$

$$\underline{X}_2 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_a + \underline{X}_b\, e^{-j4\pi/3} + \underline{X}_c\, e^{-j2\pi/3}\right),$$

$$3\underline{X}_0 = \underline{X}_a + \underline{X}_b + \underline{X}_c\,.$$

1.2.18.2 Фильтр напряжения обратной последовательности (ФНОП)

Функциональный блок ФНОП приведен на рисунке 46.

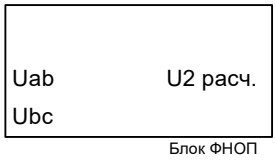


Рисунок 46 – Функциональный блок ФНОП

Таблица 41 – Входы и выходы функционального блока ФНОП

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

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

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

1.2.18.3 Расчет напряжений «разомкнутого треугольника» (Расчет Uнк)

Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника» приведен на рисунке 47.

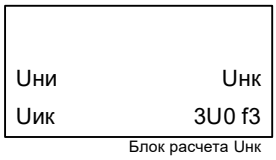


Рисунок 47 – Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Таблица 42 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Аналоговые входы	
Uни	Напряжение между зажимами НИ «разомкнутого треугольника»
Uик	Напряжение между зажимами ИК «разомкнутого треугольника»
Аналоговые выходы	
Uнк	Напряжение между зажимами НК «разомкнутого треугольника»
3U0 f3	Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Напряжение между зажимами НК «разомкнутого треугольника» рассчитываются по формуле

$$\underline{U}_{НК} = \underline{U}_{НИ} + \underline{U}_{ИК}.$$

Утроенное напряжение третьей гармоники выделяется из напряжения НК «разомкнутого треугольника» с помощью фильтра Фурье, настроенного на частоту 150 Гц.

1.2.18.4 Расчет аварийных составляющих для БНН (Расчет авар. сост. БНН)

Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН приведен на рисунке 48.

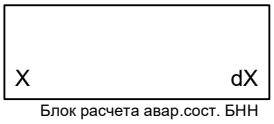


Рисунок 48 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН

Таблица 43 – Входы и выходы функционального блока расчета аварийных составляющих для БНН

Аналоговые входы	
X	Входная величина
Аналоговые выходы	
dX	Аварийная составляющая входной величины
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок осуществляет расчет аварийных составляющих для БНН по формуле

$$d\underline{X}(t) = \underline{X}(t) - \underline{X}(t - \frac{3T}{2}),$$

где t – текущее время;

T – период промышленной частоты, равный 20 мс.

1.2.18.5 Расчет действующего значения тока (RMS)

Функциональный блок RMS приведен на рисунке 49.

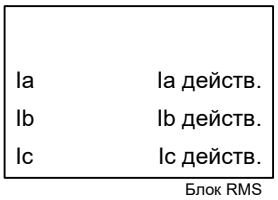


Рисунок 49 – Функциональный блок RMS

Таблица 44 – Входы и выходы функционального блока RMS

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	
Ia действ., Ib действ., Ic действ.	Действующие значения токов фаз A, B, C
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок предназначен для расчета действующих значений токов по токам фаз по формуле

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt}.$$

2 Рекомендации по проверке

2.1 Общие указания

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

2.2 Меры по безопасности

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

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

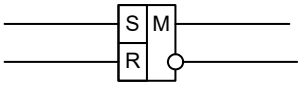
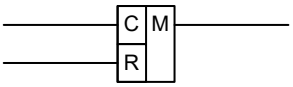
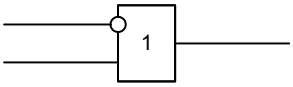
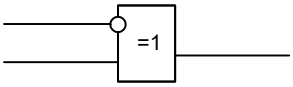
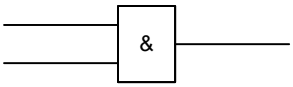
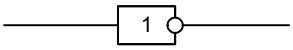
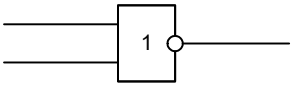
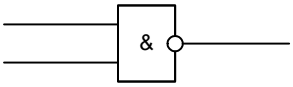
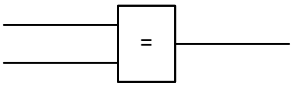
2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

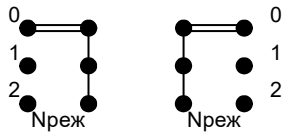
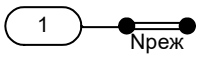
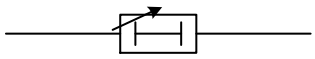
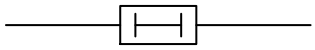
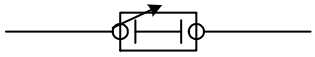
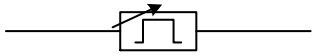
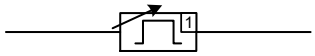
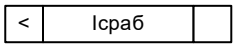
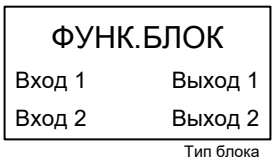
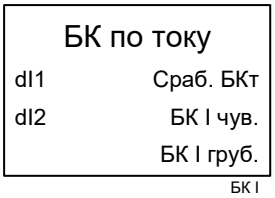
2.2.4 Перед включением и во время работы терминал должен быть надежно заземлен через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм^2 наиболее коротким путем.

2.3 Проверка функций защит

Проверка функций защиты терминала выполняется в соответствии с АИПБ.656467.966 ПМ2.

Приложение А
(обязательное)
Элементы функциональных логических схем

Обозначение	Полное название
 а)	«**Триггер**», в котором: S – вход установки; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный). Пример: а) RS-триггер с запоминанием и двумя выходами
 а)	«**Счетчик**», в котором: C – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика. Пример: а) счетчик с запоминанием
 а)  б)  в)  г)  д)  е)  ж)	«**Логический элемент**» имеет от 1 до 16 входов и один выход, каждый из которых может быть инвертирован. Обозначения логических операций: – логическое «И» (&); – 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

Обозначение	Полное название
 а) б)  в)	Программная накладка выбора режима работы. Применяются три варианта условного графического изображения элемента: 1) на рисунках а) и б) положение накладки определяет путь прохождения сигнала; 2) на рисунке в) значение накладки логическая единица определяет ввод сигнала. При выводе накладки на схему подается логический нуль. Буквенное обозначение накладки – N. Примечание – Обозначения положений накладок: 0 – вывод (нет), 1 – ввод (да)
 а) 200 мс  б)  в)  г)  д)	«**Выдержка времени**» 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 формирования импульса. Примеры: а) элемент времени[1)] с регулируемой выдержкой времени на срабатывание «**Тоткл**»; б) элемент времени с фиксированной выдержкой времени на срабатывание 200 мс; в) элемент времени на возврат с регулируемой выдержкой времени «**Тоткл**»; г) элемент формирования импульса с регулируемой длительностью «**Тоткл**»; д) элемент ограничения минимальной длительности сигнала. Выдержка «**Тоткл**» регулируется. Буквенное обозначение элемента времени – Т. Примечание – Над элементом **«Выдержка времени»** указывается значение выдержки времени, под элементом – позиционное обозначение
[1)] элемент времени, выдержка времени, таймер	
	«**Измерительный орган**» по типу может быть максимального (>), минимального (<) действия. Для ИО с однозначным или неопределенным типом действия (РНМ) тип действия может не задаваться. Пример: ИО минимального действия, где «**Iсраб**» – наименование ИО
 а)  б)	«**Функциональный блок**» используется для обозначения на схеме блоков (рисунок а), функциональность которых пояснена в сопроводительной эксплуатационной документации. Пример: на рисунке б) приведен функциональный блок БК по току

Приложение Б
(обязательное)
Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника»

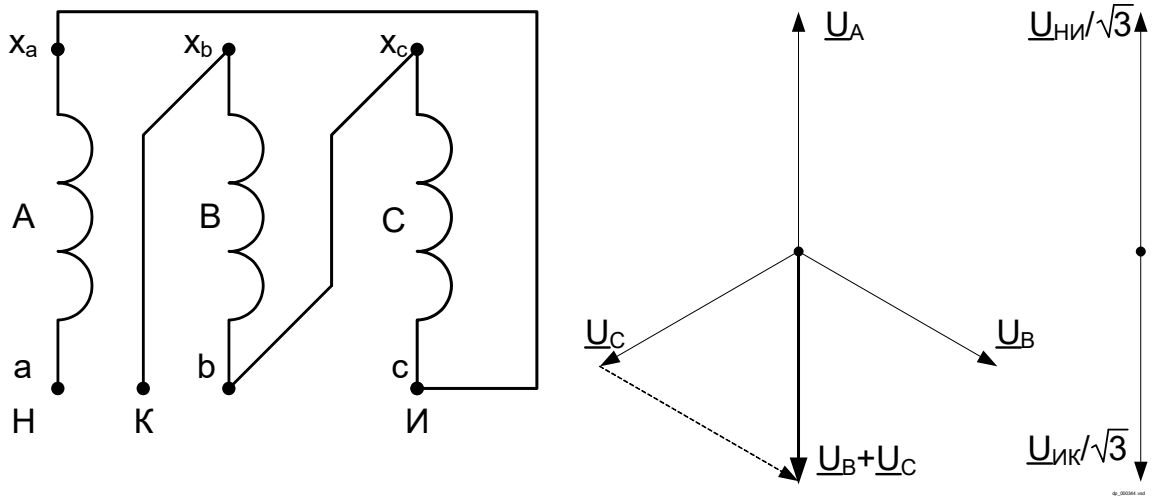


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

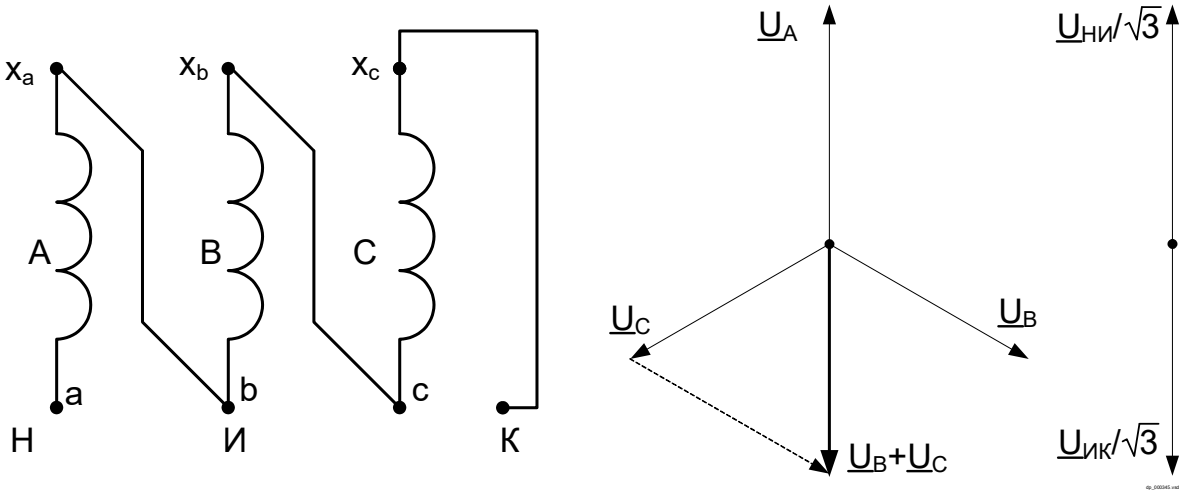


Рисунок Б.2 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

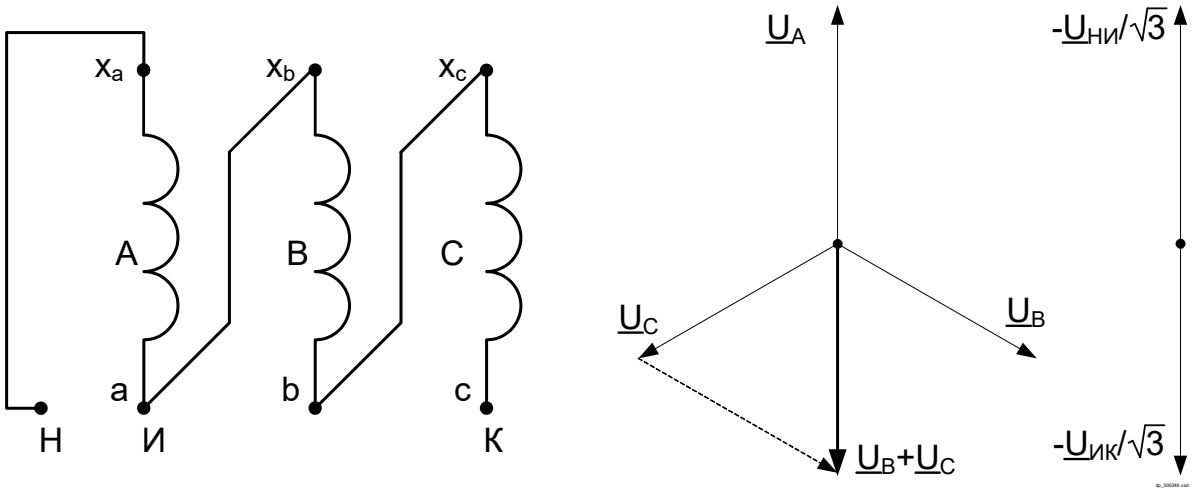


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

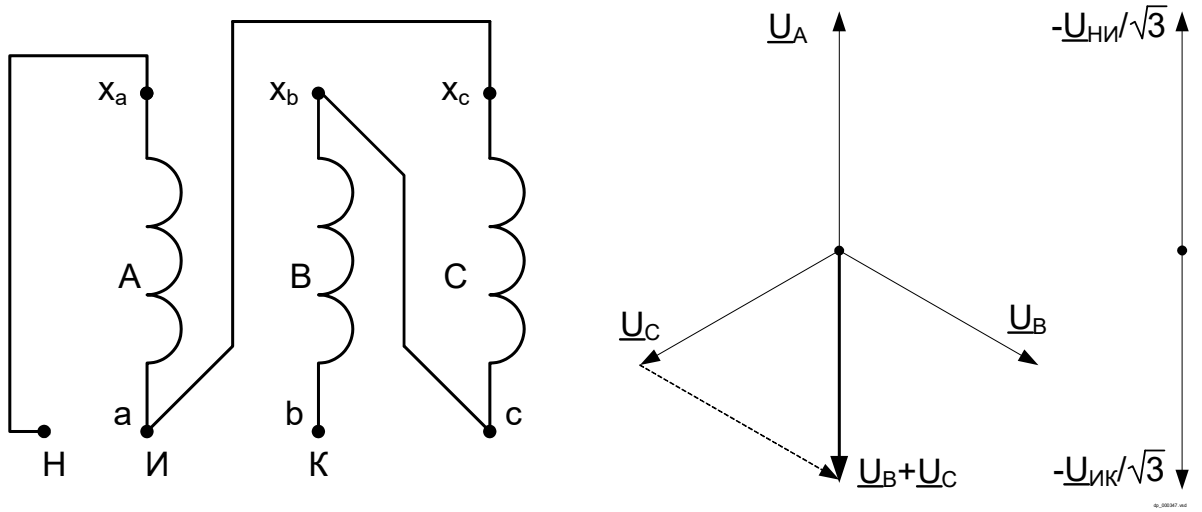


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

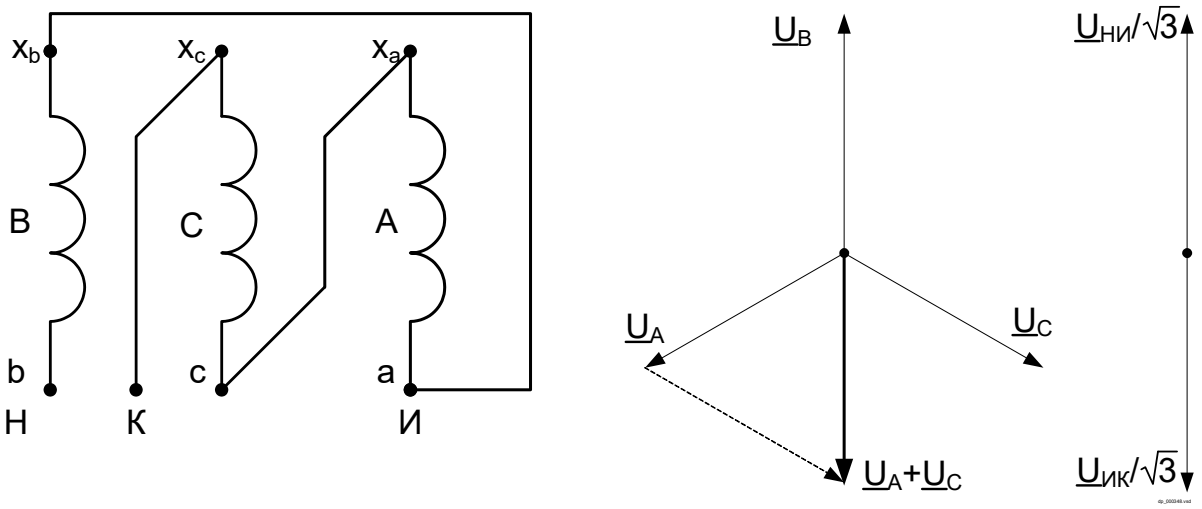


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

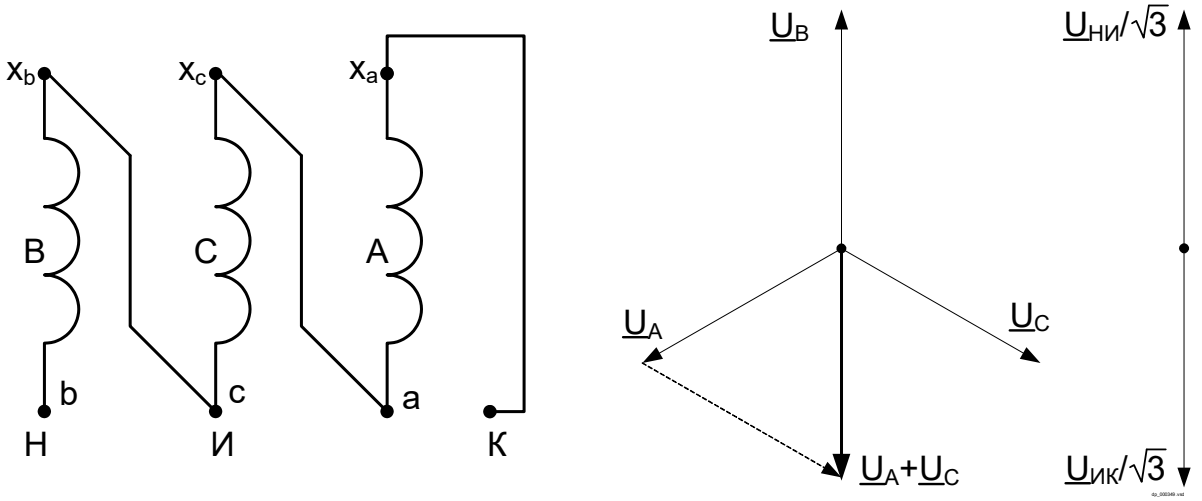


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

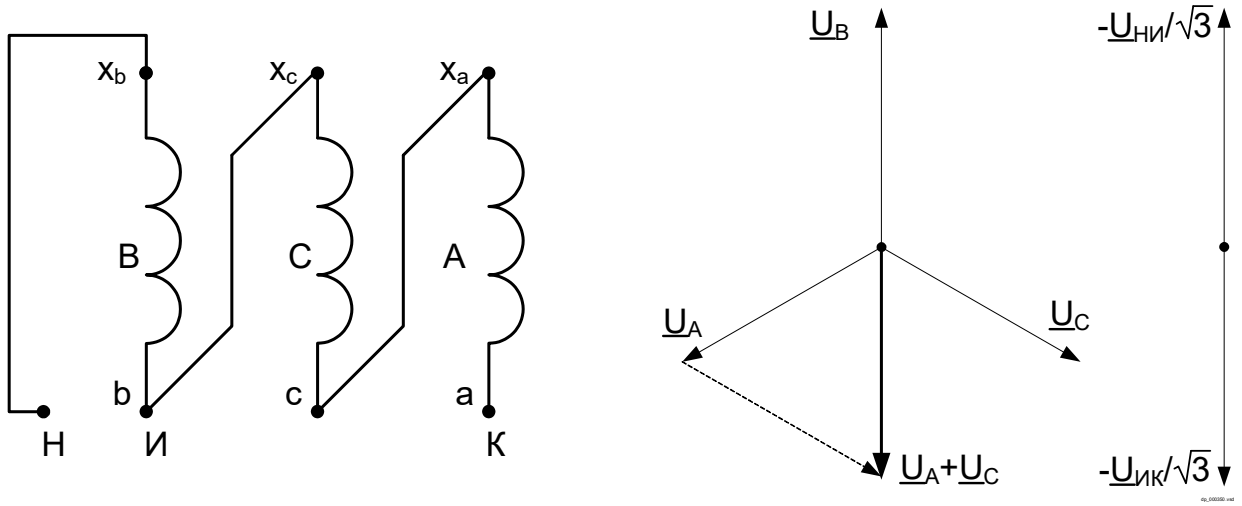


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

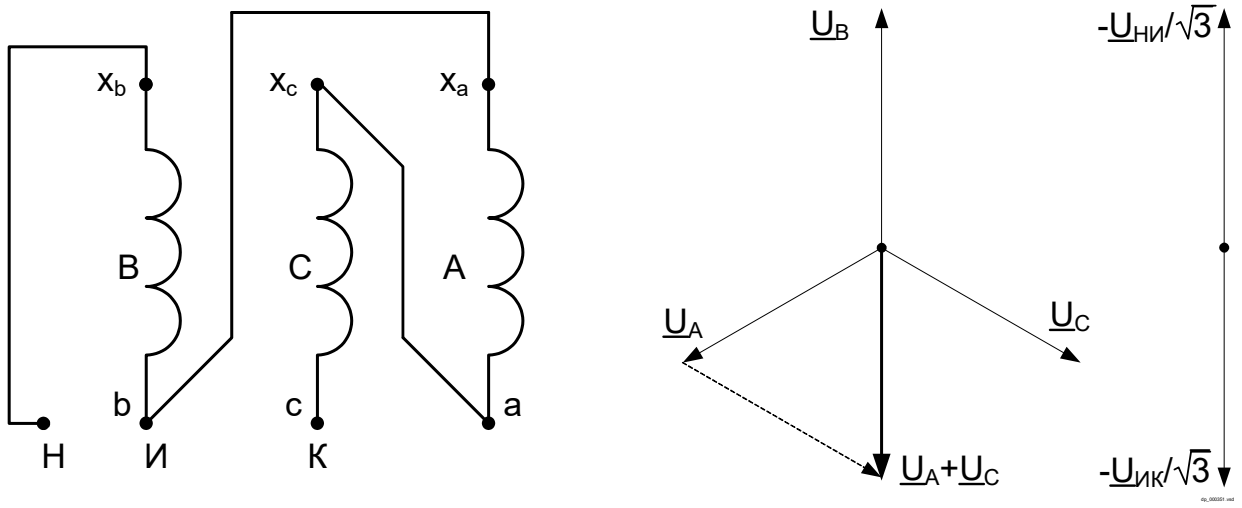


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

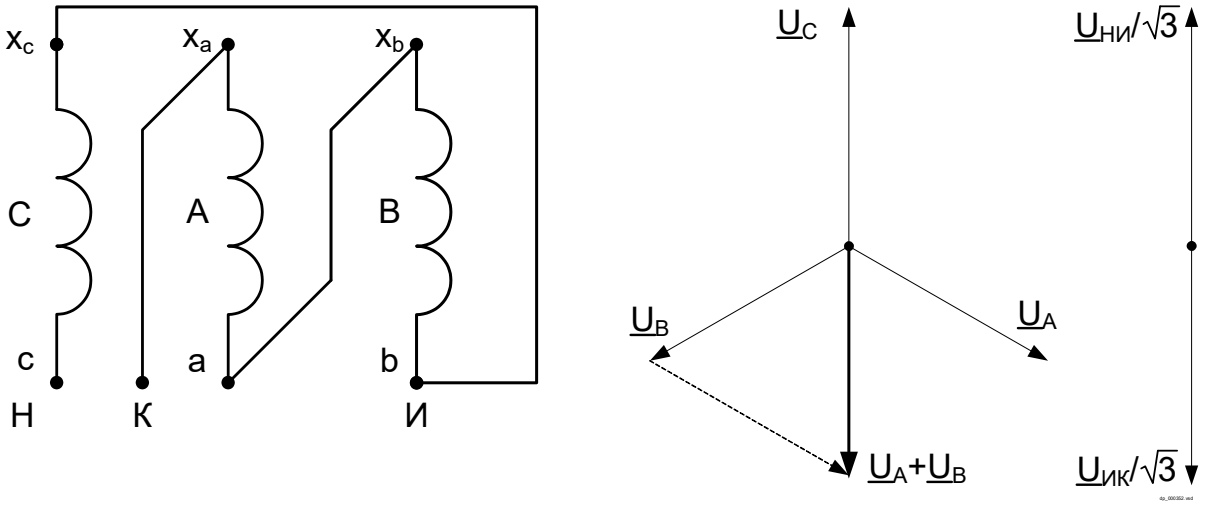


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

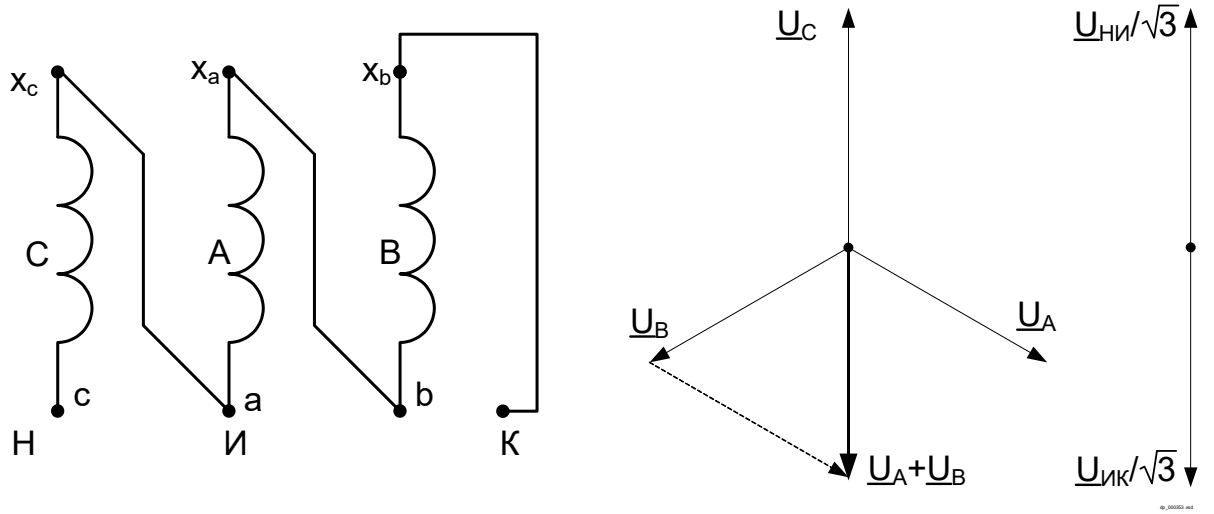


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

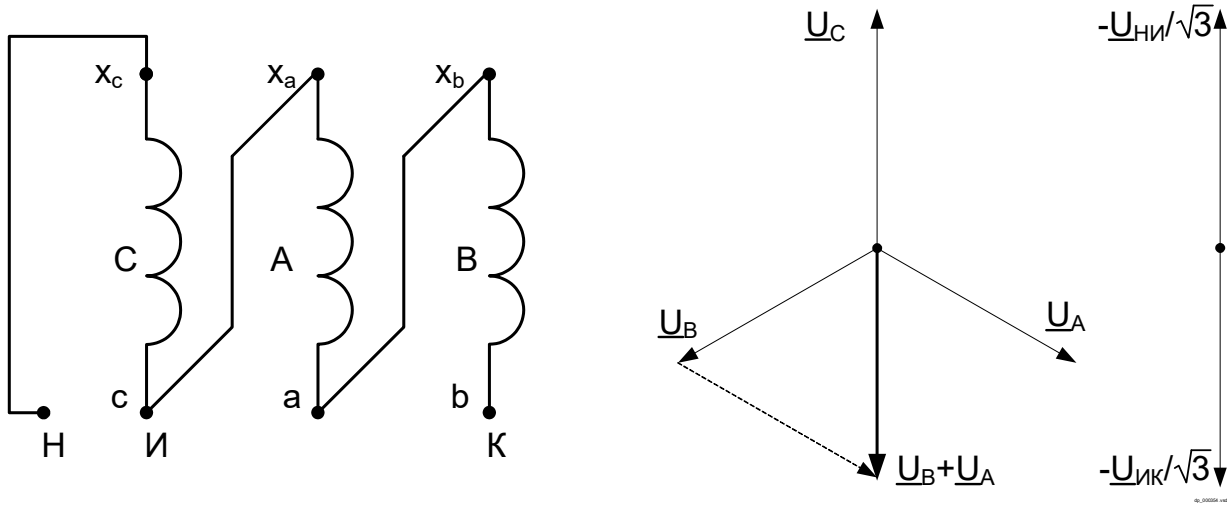


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

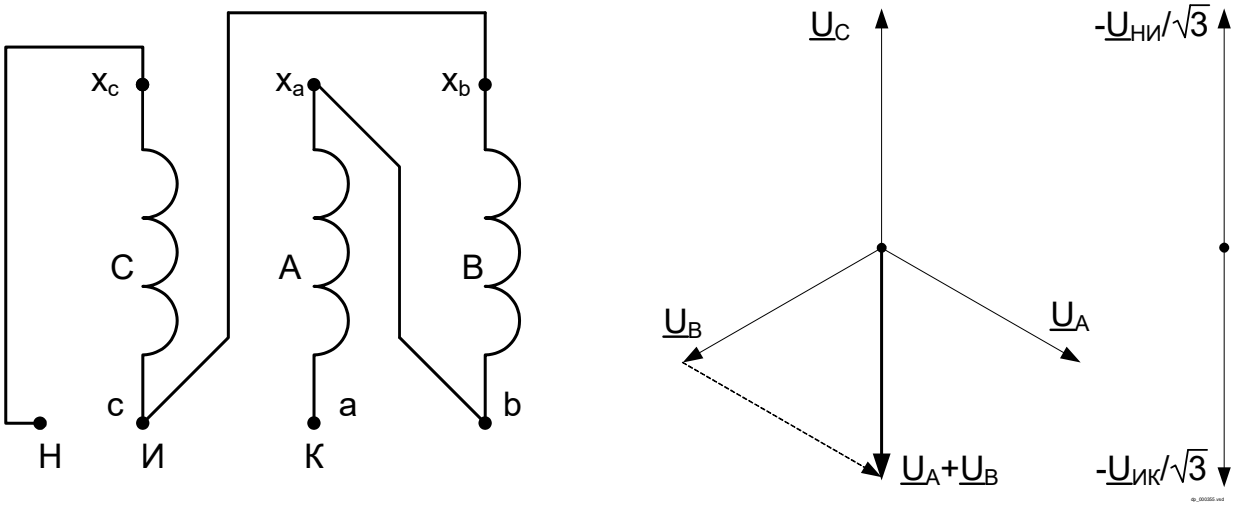


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

Список сокращений

АВР	– автоматический ввод резерва;
АПВ	– автоматическое повторное включение;
АУВ	– автоматика управления выключателем;
ГЗ	– газовая зашита;
ГОСТ	– национальный стандарт;
ДЗШ	– дифференциальная защита шин;
ЗНР	– защита от неполнофазного режима;
ЗНФ	– защита от непереключения фаз;
ИО	– измерительный орган;
ИТН	– измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ	– измерительный трансформатор тока;
ИЧМ	– интерфейс «человек-машина»;
КЗ	– короткое замыкание;
КПН	– комбинированный пуск по напряжению;
КРВ	– коммутационный ресурс выключателя;
КЦПТ	– контроль цепей постоянного тока;
МКРВ	– модуль контроля ресурса выключателя;
МРВ	– механический ресурс выключателя;
МТЗ	– максимальная токовая защита;
НН	– низшее напряжение;
ОТ	– оперативный ток;
ПМИ	– программа и методика испытаний;
РЗА	– релейная защита и автоматика;
РКТУ	– реле контроля тока утечки;
РПВ	– реле положения «Включено»;
РПО	– реле положения «Отключено»;
РТ	– реле тока;
РФК	– реле фиксации команд;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
СБК	– блок-контакты;
СН	– снижение напряжения;
ТАПВ	– трехфазное автоматическое повторное включение;
ТЗНП	– токовая защита нулевой последовательности;
ТЛ	– терминал линейный;
ТУ	– технические условия;
УРОВ	– устройство резервирования отказа выключателя;
УФН	– узел фиксации неисправности;
УФПВ	– узел фиксации положения выключателя;
ЦУ	– цепи управления;
ФНОП	– фильтр напряжения обратной последовательности;
ФСС I	– фильтр токов симметричных составляющих;
ФСС U	– фильтр напряжений симметричных составляющих;
ЭМ	– электромагнит;
ЭМВ	– электромагнит включения;
ЭМО	– электромагнит отключения;
RMS	– расчет действующего значения тока.

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	изме-ненных	заме-ненных	новых	аннулиро-ванных					
–			45		45	АИПБ.161-2013			06.2013
1					39	АИПБ.268-2013			12.2013
2		все			39	АИПБ.11-2014			01.2014
3		1			39	АИПБ.33-2014			02.2014
4		14,19, 21,22, 29,32-34			39	АИПБ.48-2014			02.2014
5		12			39	АИПБ.94-2014			05.2014
6		все			59	АИПБ.109-2015			06.2015
7		все			59	АИПБ.185-2015			10.2015
8		1			59	АИПБ.217-2015			10.2015
9		все			61	АИПБ.275-2015			01.2016
10		все			58	АИПБ.342-2016			11.2016
11		все			57	АИПБ.183-2016			05.2017
12		1-57	58, 59		59	АИПБ.193-2018			08.2018
13		1, 7-9, 11-14	60		60	АИПБ.271-2018			11.2018
14		7, 24-30			59	АИПБ.10-2019			01.2019
15		1-6, 39			-	АИПБ.106-2020			05.2020
15		1			-	АИПБ.161-2021			04.2021