Утвержден
АИПБ.656122.011-016 РЭ2-ЛУ

ТЕРМИНАЛ СТУПЕНЧАТЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЙ 6-35-110 кВ ТИПА «ТОР 300 Л 51Х»

Руководство по эксплуатации. Описание функций защит
АИПБ.656122.011-016 РЭ2 v21.1

Авторские права на данный документ принадлежат ООО «Релематика», 2012.
Данный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, скопирован, распространен без разрешения ООО «Релематика».

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 Дистанционная защита (ДЗ) 5
1.2.2 Орган направленности (ОНМ) 22
1.2.3 Токовая отсечка (ТО) 24
1.2.4 Максимальная токовая защита (МТЗ) 25
1.2.5 Автоматическое ускорение (АУ) 30
1.2.6 Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ) 31
1.2.7 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току (АРПТ) 32
1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН) 34
1.2.9 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН) 39
1.2.10 Защита от обрыва проводника (ЗОП) 41
1.2.11 Защиты выключателя 42
1.2.12 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) 46
1.2.13 Автоматика управления выключателем (АУВ) 48
1.2.14 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения) 65
1.2.15 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ) 67
1.2.16 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ) 68
1.2.17 Модуль определения места повреждения (ОМП) 74
1.2.18 Расчет аналоговых сигналов 85
2 Рекомендации по проверке 89
2.1 Общие указания 89
2.2 Меры по безопасности 89
2.3 Проверка функций защит 89
Приложение А (справочное) Элементы функциональных логических схем 90
Приложение Б (справочное) Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника» 92
Список сокращений 96

Настоящее РЭ распространяется на терминалы защиты и автоматики управления выключателем присоединений 6-35-110 кВ типа «ТОР 300 Л 51Х» (далее – 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 Л 51Х» реализованы ступенчатые защиты и автоматика управления выключателем присоединений 6-35-110 кВ.

Полнофункциональное устройство может содержать:

- трехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ) от междуфазных и земляных замыканий с логикой автоматического (АУ) и оперативного ускорения (ОУ);
- дополнительную ступень дистанционной защиты (ДЗ) от междуфазных замыканий;
- токовую блокировку при качаниях (БК I);
- пусковые ИО по току и напряжению (ИПФ U/I);
- токовую отсечку (ТО);
- максимальную токовую защиту (МТЗ) с логикой АУ и ОУ;
- автоматическую разгрузку при перегрузке по току (АРПТ);
- функцию резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту от обрыва проводника (ЗОП);
- функцию двукратного трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) с контролем наличия и отсутствия напряжения на присоединении и шинах, а также с контролем синхронизма (КС);
- автоматику управления выключателем (АУВ);
- защиты выключателя;
- модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ);
- функцию определения места повреждения (ОМП).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

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

АУВ формирует сигналы на включение и отключение выключателя по командам, приходящим от защит и устройств телемеханики или ключа дистанционного управления.

1.2 Функции устройства

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

1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ)

ДЗ селективно срабатывает при всех замыканиях в защищаемой линии электропередачи и на резервируемых элементах; не срабатывает при всех внешних замыканиях, реверсе мощности, качаниях, асинхронном режиме, несинхронных включениях и при оперативных переключениях, а также правильно функционирует в режиме опробования линии. Блок ДЗ в терминале, помимо самой ДЗ, включает в себя логику ускорения, блокировку при качаниях по току, логику ускоренного отключения слабого конца, подробное описание которых приведено ниже.

1.2.1.1 Принцип работы

Функциональный блок ДЗ приведен на рисунке 1.

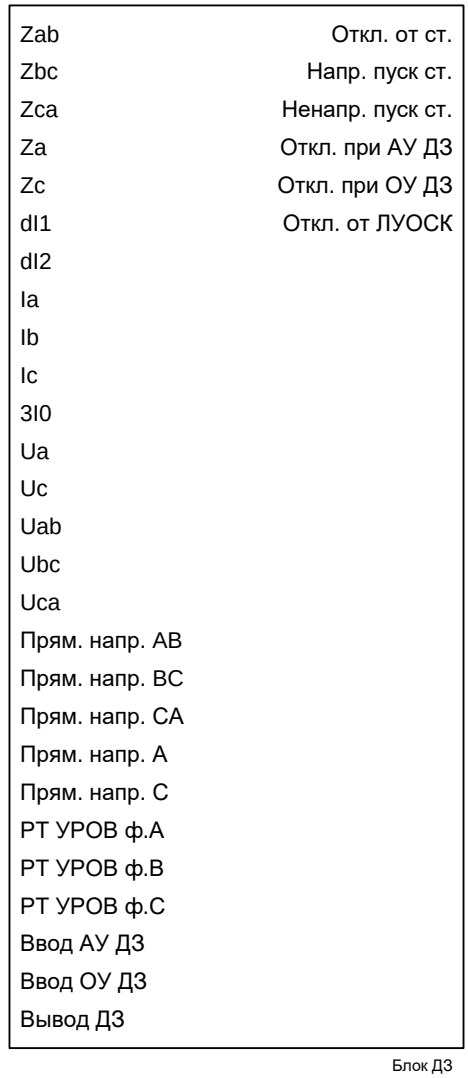


Рисунок 1 – Функциональный блок ДЗ

ДЗ реализует следующие основные блоки:

- четыре ступени ДЗ;
- орган общего критерия повреждения;
- блокировку при качаниях по замеру тока;
- логику ускорения ДЗ;
- логику ускоренного отключения слабого конца (ЛУОСК).

ДЗ используется для защиты линий от междуфазных замыканий и двойных замыканий на землю. Защита срабатывает при снижении замера сопротивления сети, т.е. по принципу действия является минимальной.

Селективность защиты смежных линий обеспечивается введением ступенчатых выдержек времени: все замыкания в пределах первой зоны (зона действия первой ступени) отключаются с минимальным временем; замыкания в пределах II-IV зоны – с большими временами.

ИО защиты являются реле полного сопротивления. Функция ДЗ в терминале состоит из четырех ступеней дистанционной защиты. Три ступени (первая, вторая и четвёртая) содержат ИО сопротивления для замыканий на землю (канал «фаза-земля»). Каждая ступень ДЗ имеет полностью независимые параметры настройки ИО «фаза-земля» и «фаза-фаза». Третья ступень содержит только ИО сопротивления для междуфазных замыканий (канал «фаза-фаза»).

Характеристики ступеней ДЗ независимы друг от друга. Ступени могут иметь направленность, задаваемую независимыми уставками.

ДЗ может выводиться из работы сигналом «Вывод ДЗ».

1.2.1.2 Принцип формирования замера сопротивления ДЗ

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

- для защиты от междуфазных замыканий

$$\underline{Z}_{AB} = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_B}{\underline{I}_A - \underline{I}_B},$$

$$\underline{Z}_{BC} = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_C}{\underline{I}_B - \underline{I}_C},$$

$$\underline{Z}_{CA} = \frac{\underline{U}_C - \underline{U}_A}{\underline{I}_C - \underline{I}_A};$$

- для защиты от замыканий на землю

$$\underline{Z}_{A0} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{I}_A + 3\underline{I}_0\underline{k}_0},$$

$$\underline{Z}_{C0} = \frac{\underline{U}_C}{\underline{I}_C + 3\underline{I}_0\underline{k}_0}.$$

Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации $\underline{k}_0$ = $K0re+j{\cdot}K0im$, что позволяет получать одинаковый замер сопротивления при земляных, междуфазных и трехфазных металлических КЗ (сопротивление дуги $R_f = 0$). В общем случае для однородной линии коэффициент компенсации определяется по формуле $k_0 = (Z_0 - Z_1) / (3Z_1)$, где Z_1 и Z_0 – суммарные сопротивления прямой и нулевой последовательностей защищаемой линии.

Таблица 1 – Общие уставки ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Действительная часть коэффициента компенсации током нулевой последовательности, о.е.	K0re	от -3 до 3 (шаг 0,001)	0
Мнимая часть коэффициента компенсации током нулевой последовательности, о.е.	K0im	от -3 до 3 (шаг 0,001)	0

1.2.1.3 Принцип работы ИО сопротивления ДЗ

ИО сопротивления ДЗ имеют круговые характеристики срабатывания. Вид характеристик и уставки приведены на рисунке 2.

В стандартном исполнении терминала предусмотрено четыре ступени срабатывания. Однако в зависимости от требования заказчика и необходимости в том или ином проекте есть возможность расширения количества ступеней. Логика первой, второй и четвертой ступеней одинакова, поэтому в настоящем РЭ описывается только логика работы одной ступени. В терминале обозначения уставок для каждой ступени одинаковы.

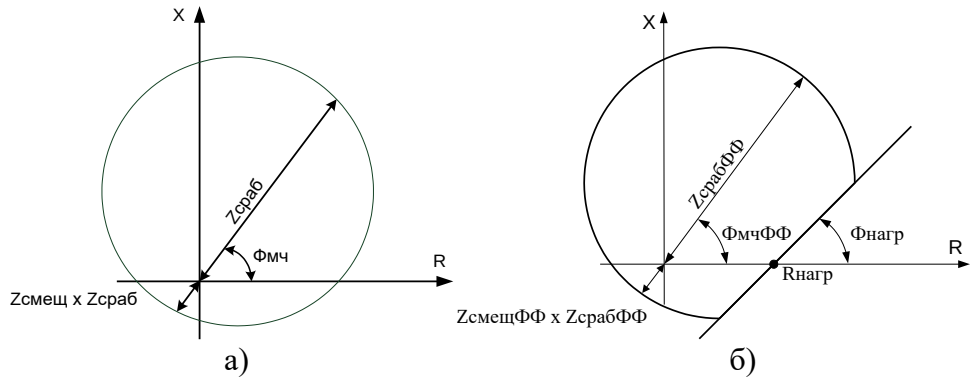
Третья ступень ДЗ в первую очередь предусмотрена для выполнения функции защиты дальнего резервирования. Отстройка от нагрузочного режима ИО третьей ступени ДЗ осуществляется при помощи прямой, которая задается точкой на оси абсцисс $R_{нагр}$ (уставка «**Rнагр**») и углом наклона $\varphi_{нагр}$ (уставка «**Фнагр**»).

Четвертая ступень предусмотрена для выполнения автоматического и оперативного ускорения ступеней ДЗ.

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

Для выполнения защиты линий 6-35 кВ уставку «**Zсмещ**» (уставку смещения в третий квадрант) рекомендуется выбирать равной 100 %.

1.2.1.3.1 Диапазон изменения параметров ненаправленного ИО сопротивления, определяется максимально возможными координатами характеристики срабатывания. Все координаты точек, находящиеся внутри характеристики срабатывания, должны находиться в диапазоне от 0,5 до 500 Ом/фазу для $I_{ном}$ = 1 А и от 0,1 до 100 Ом/фазу для $I_{ном}$ = 5 А.



а) б)

а) первая, вторая и четвертая ступень, б) третья ступень

Рисунок 2 – Характеристики срабатывания ступеней ДЗ

1.2.1.3.2 Ток точной работы $I_{тр}$ ИО сопротивления при работе на угле линии электропередачи не превышает 0,05 $I_{ном}$ во всем диапазоне уставок.

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

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

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

1.2.1.3.6 Дополнительная абсолютная погрешность ИО сопротивления по углам наклона характеристики срабатывания «**Фмч**», «**Фнагр**» при изменении тока КЗ в диапазоне от 2 $I_{тр}$ до 30 $I_{ном}$ не превышает ±7° относительно значений, измеренных при $I_{ном}$.

1.2.1.3.7 Дополнительная погрешность ИО сопротивления по величине сопротивления срабатывания «**Zсраб**» при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определенного при температуре (20±5)° С.

1.2.1.3.8 Дополнительная погрешность ИО сопротивления по величине сопротивления срабатывания «**Zсраб**» при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при номинальной частоте.

1.2.1.3.9 Коэффициент возврата ИО сопротивления не превышает 1,1.

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

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

1.2.1.3.12 Работа ИО сопротивления блокируется при значениях тока, представленного знаменателем дроби сопротивления (1.2.1.2), меньших 0,02 $I_{ном}$.

1.2.1.4 Ступень ДЗ

1.2.1.4.1 Принцип работы

Логика работы всех ступеней ДЗ выполнена аналогично. Функциональный блок ступени ДЗ приведен на рисунке 3, на рисунке 5а) приведена схема формирования сигналов пуска ступени ДЗ для каналов «фаза-фаза», а на рисунке 5б) – для канала «фаза-земля».

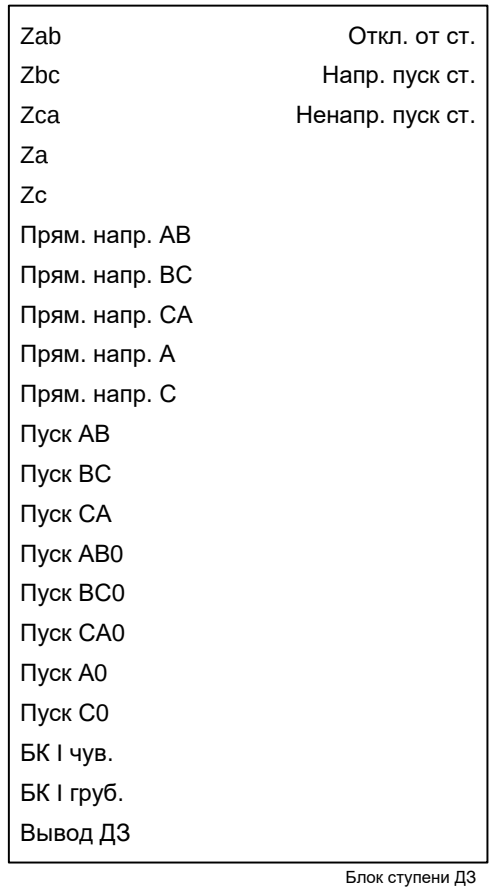


Рисунок 3 – Функциональный блок ступени ДЗ

Таблица 2 – Входы и выходы функционального блока ступени ДЗ

Аналоговые входы	
Zab, Zbc, Zca	Сопротивления каналов «фаза-фаза» AB, BC, CA
Za, Zc	Сопротивления каналов «фаза-земля» AN, CN
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Прям. напр. AB	Прямое направление мощности канала «фаза-фаза» AB
Прям. напр. BC	Прямое направление мощности канала «фаза-фаза» BC
Прям. напр. CA	Прямое направление мощности канала «фаза-фаза» CA
Прям. напр. A	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» A
Прям. напр. C	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» C
Логические входы	
Пуск AB	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» AB
Пуск BC	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» BC
Пуск CA	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» CA
Пуск AB0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» AB с контролем тока нулевой последовательности
Пуск BC0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» BC с контролем тока нулевой последовательности
Пуск CA0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» CA с контролем тока нулевой последовательности

Пуск А0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» А с контролем тока нулевой последовательности
Пуск С0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» С с контролем тока нулевой последовательности
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
Вывод ДЗ	Вывод ДЗ из работы
Логические выходы	
Откл. от ст.	Отключение от ступени ДЗ
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ДЗ
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ДЗ

Накладкой «**Nреж**» задаются пусковые условия ступени. В таблице 5 приведено функциональное описание положений накладки.

Накладкой «**Nнапр**» задается режим направленности ступеней. Ступень может быть, как прямонаправленной («**Nнапр**» = 1), так и ненаправленной («**Nнапр**» = 0).

Накладкой «**Nсмпдх**» разрешается подхват направленного пуска соответствующих ступеней ДЗ от пусковых сигналов. Накладка сделана для совместимости уставок с защитой ПЗ-152, где предусмотрена фиксация срабатывания ступеней ДЗ от пусковых ИО. В этом существовала необходимость при нечёткой фиксации направленности в случае близких трехфазных КЗ. В данной защите эта проблема решена полностью. Поэтому рекомендуется накладку «**Nсмпдх**» выставлять равной нулю. Тем не менее, если фиксация срабатывания ступеней ДЗ от пусковых ИО требуется, то необходимо выставить накладку «**Nреж**» в положения «2 – ИПФ 0» или «5 – ИПФ», а «**Nнапр**» – в положение «1 – прямонапр.».

Функциональные блоки междуфазного и фазного каналов пуска ступени ДЗ приведены на рисунке 4.

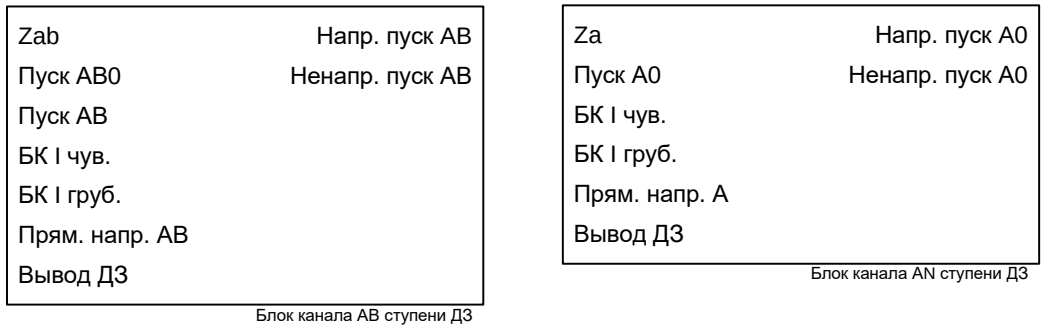


Рисунок 4 – Функциональные блоки модулей пуска ступени ДЗ

Входы и выходы функциональных блоков пуска каналов «фаза-фаза» и «фаза-земля» ступени ДЗ приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока пуска ступени ДЗ на примере канала «фаза-фаза» АВ

Аналоговые входы	
Zab	Сопротивление канала «фаза-фаза» АВ
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск АВ0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» АВ с контролем тока нулевой последовательности
Пуск АВ	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» АВ
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока

БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
Прям. напр. АВ	Срабатывание канала «фаза-фаза» АВ модуля направленности в прямом направлении
Вывод ДЗ	Вывод ДЗ из работы
Логические выходы	
Напр. пуск АВ	Направленный пуск канала «фаза-фаза» АВ ступени ДЗ в прямом направлении при междуфазном замыкании
Ненапр. пуск АВ	Ненаправленный пуск канала «фаза-фаза» АВ ступени ДЗ при междуфазном замыкании

Таблица 4 – Входы и выходы функционального блока пуска ступени ДЗ на примере канала «фаза-земля» AN

Аналоговые входы	
Za	Сопротивление канала «фаза-земля» AN
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск А0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» AN с контролем тока нулевой последовательности
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
Прям. напр. А	Срабатывание канала «фаза-земля» AN модуля направленности в прямом направлении
Вывод ДЗ	Вывод ДЗ из работы
Логические выходы	
Напр. пуск А0	Срабатывание направленного пускового модуля канала «фаза-земля» AN с контролем тока нулевой последовательности ступени ДЗ при замыкании на землю
Ненапр. пуск А0	Срабатывание ненаправленного пускового модуля канала «фаза-земля» AN с контролем тока нулевой последовательности ступени ДЗ при замыкании на землю

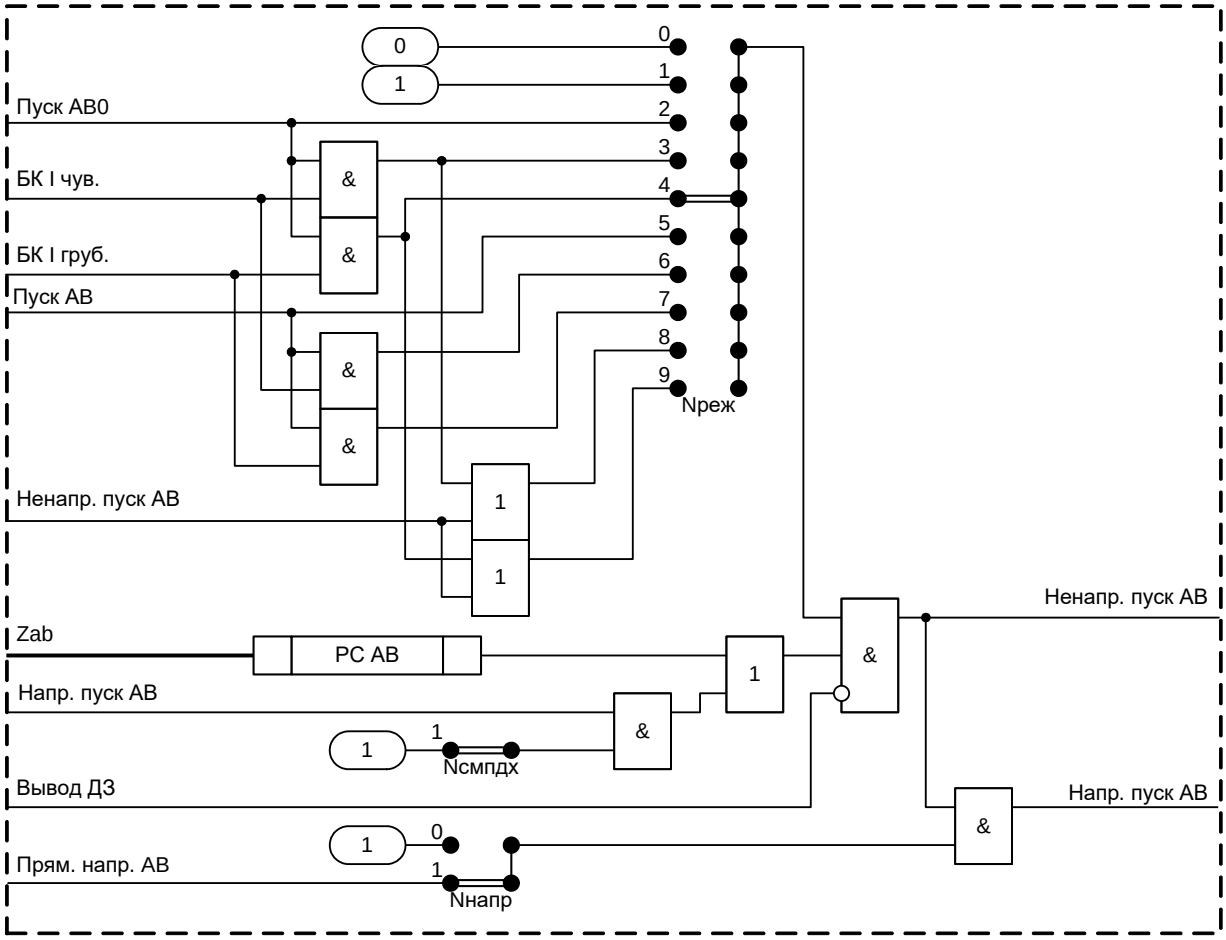
Логика формирования пусковых и отключающего сигналов отключения ступени приведена на рисунке 6. Таймеры «**ТотклФФ**» и «**ТотклФЗ**» задают выдержку времени ступени ДЗ на срабатывание по каналам «фаза-фаза» и «фаза-земля» соответственно.

Накладка «**NотклФЗ**» разрешает отключение от каналов «фаза-земля» ступени ДЗ.

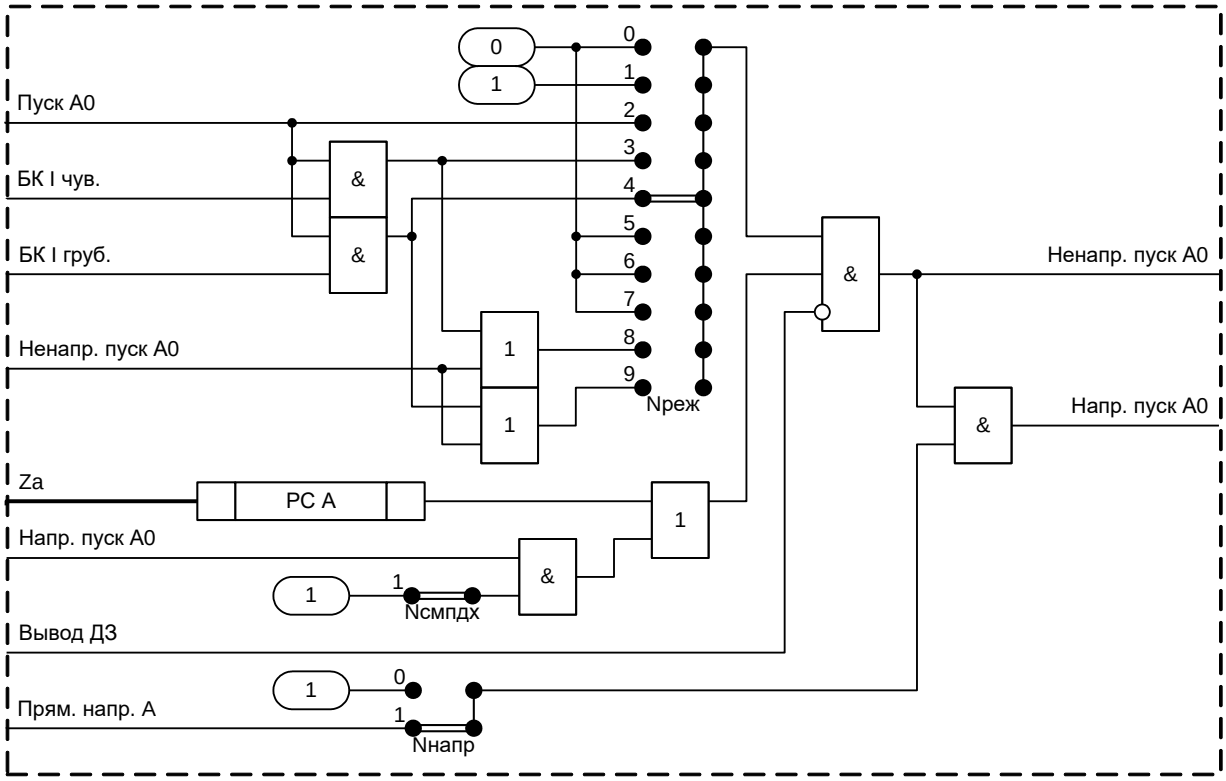
Накладка «**NотклФФ**» разрешает отключение от каналов «фаза-фаза» ступени ДЗ.

Выбор пусковых условий ДЗ должен быть согласован с выдержками времени ступеней. В том случае, если накладки «**Nреж**» ступеней выставлены в положение «3 – ИПФ 0 и БК I(чув)» (пуск от чувствительного канала БК I) или в положение «4 – ИПФ 0 и БК I(груб)» (пуск от грубого канала БК I), то соответствующие им таймеры «**ТотклФФ**», «**ТотклФЗ**» первой ступени должны быть меньше, чем таймер «**ТдлитЧув**» (импульс чувствительного канала) или чем таймер «**ТдлитГруб**» (импульс грубого канала).

Модуль ДЗ может быть введен в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».



а)



б)

а) междуфазный контур, б) фазный контур

Рисунок 5 – Формирование пусковых сигналов ДЗ

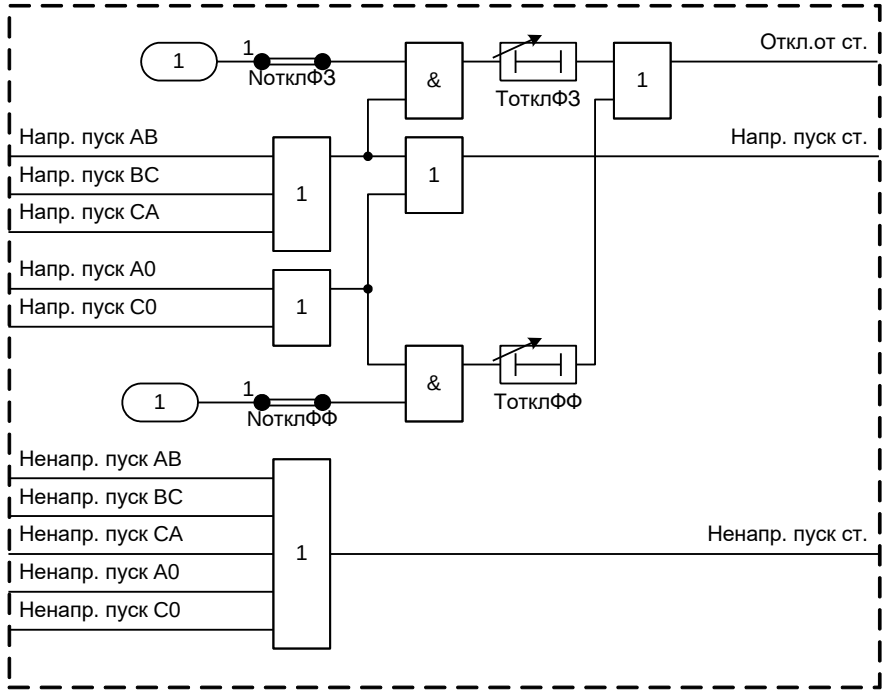


Рисунок 6 – Формирование отключающих и пусковых сигналов ступени ДЗ

Таблица 5 – Уставки ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Первая ступень ДЗ (Ступень 1 ДЗ)			
Сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Угол максимальной чувствительности ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», градус	ФмчФФ	от 0 до 90 (шаг 0,1)	65
Смещение характеристики срабатывания ДЗ по каналу «фаза-фаза», % от ZсрабФФ	ZсмещФФ	от -50 до 100 (шаг 1)	100
Сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-земля», Ом	ZсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Угол максимальной чувствительности ступени ДЗ по каналу «фаза-земля», градус	ФмчФЗ	от 0 до 90 (шаг 0,1)	65
Смещение характеристики срабатывания ДЗ по каналу «фаза-земля», % от ZсрабФЗ	ZсмещФЗ	от -50 до 100 (шаг 1)	100
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – непрерывный, 2 – ИПФ 0, 3 – ИПФ 0 и БК I(чув), 4 – ИПФ 0 и БК I(груб), 5 – ИПФ, 6 – ИПФ и БК I(чув), 7 – ИПФ и БК I(груб), 8 – БК I(чув) и ИПФ 0 с подхватом, 9 – БК I(груб) и ИПФ 0 с подхватом)	Nреж	–	4
Разрешение подхвата работы ДЗ от пусковых условий (0 – нет, 1 – да)	Nсмпдх	–	0
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ненапр., 1 – прямонапр.)	Nнапр	–	1
Разрешение отключения от каналов «фаза-фаза» ДЗ (0 – нет, 1 – да)	NоткклФФ	–	1
Разрешение отключения от каналов «фаза-земля» ДЗ (0 – нет, 1 – да)	NоткклФЗ	–	1
ВВС отключения по каналам «фаза-фаза» ступени ДЗ, мс	ТоткклФФ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
ВВС отключения по каналам «фаза-земля» ступени ДЗ, мс	ТотклФЗ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400
Третья ступень ДЗ (Ступень 3 ДЗ)			
Сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Угол максимальной чувствительности ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», градус	ФмчФФ	от 0 до 90 (шаг 0,1)	65
Смещение характеристики срабатывания ДЗ по каналу «фаза-фаза», % от ZсрабФФ	ZсмещФФ	от -50 до 100 (шаг 1)	100
Сопротивление отстройки от нагрузочного режима, Ом	Rнагр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	3
Угол отстройки от нагрузочного режима, градус	Фнагр	от 0 до 89 (шаг 0,1)	40
Пусковые условия ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – непрерывный, 2 – ИПФ 0, 3 – ИПФ 0 и БК I(чув), 4 – ИПФ 0 и БК I(груб), 5 – ИПФ, 6 – ИПФ и БК I(чув), 7 – ИПФ и БК I(груб), 8 – БК I(чув) и ИПФ 0 с подхватом, 9 – БК I(груб) и ИПФ 0 с подхватом)	Nреж	–	0
Разрешение подхвата работы ДЗ от пусковых условий (0 – нет, 1 – да)	Nсмпдх	–	0
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ненапр., 1 – прямонапр.)	Nнапр	–	1
Разрешение отключения от каналов «фаза-фаза» ДЗ (0 – нет, 1 – да)	NотклФФ	–	1
ВВС отключения по каналам «фаза-фаза» ступени ДЗ, мс	ТотклФФ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400

1.2.1.5 Ускорения ДЗ

1.2.1.5.1 Принцип работы

В терминале защиты предусмотрены два режима ускорения ступеней ДЗ: автоматическое (АУ) и оперативное (ОУ). Выбор ускоряемых ступеней защиты осуществляется из соображений надежного охвата защищаемого энергообъекта.

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

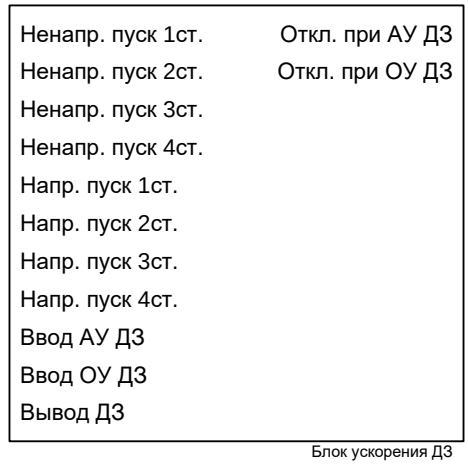


Рисунок 7 – Функциональный блок ускорения ДЗ

Таблица 6 – Входы и выходы функционального блока ускорения ДЗ

Логические входы	
Ненапр. пуск 1ст.	Ненаправленный пуск первой ступени
Ненапр. пуск 2ст.	Ненаправленный пуск второй ступени
Ненапр. пуск 3ст.	Ненаправленный пуск третьей ступени
Ненапр. пуск 4ст.	Ненаправленный пуск четвертой ступени
Напр. пуск 1ст.	Направленный пуск первой ступени
Напр. пуск 2ст.	Направленный пуск второй ступени
Напр. пуск 3ст.	Направленный пуск третьей ступени
Напр. пуск 4ст.	Направленный пуск четвертой ступени
Ввод АУ ДЗ	Ввод автоматического ускорения ДЗ
Ввод ОУ ДЗ	Ввод оперативного ускорения ДЗ
Вывод ДЗ	Вывод ускорения ДЗ из работы
Логические выходы	
Откл. при АУ ДЗ	Отключение при автоматическом ускорении ДЗ
Откл. при ОУ ДЗ	Отключение при оперативном ускорении ДЗ

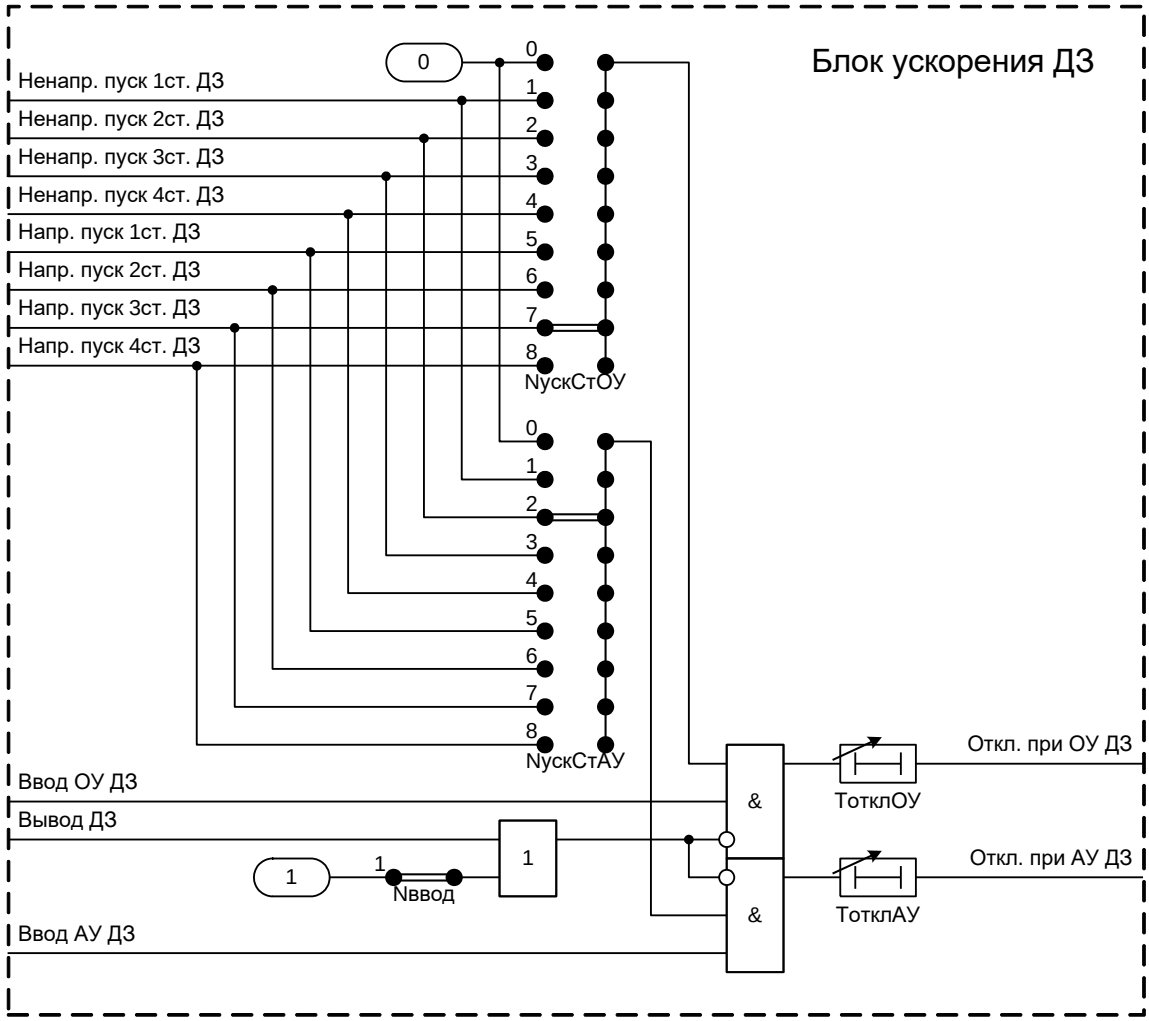


Рисунок 8 – Реализация программного модуля ускорения ДЗ

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

ОУ чаще всего используется при выводе основной защиты присоединения. Пуск ОУ осуществляется переводом ключа «Ввод ОУ ДЗ» в положение «Ввод». Номер ускоряемой

ступени ДЗ выбирается исходя из соображений надежного охвата всего защищаемого объекта. Для предотвращения ложной работы защиты при замыкании «за спиной» ОУ осуществляется с учетом модуля направленности. Выдержка времени на срабатывание ДЗ в режиме ОУ выбирается исходя из соображений отстройки по времени от основной защиты смежного с защищаемым объектом.

Ускоряемая ступень при включении выключателя выбирается программной накладкой «**NускСтАУ**», а при оперативном ускорении – «**NускСтОУ**». При значении накладки от 1 до 5 задается соответствующая ускоряемая ненаправленная ступень, при значении от 5 до 8 – соответствующая направленная ступень, а при значении накладки 0 ускорение выводится из работы.

Время срабатывания ускоряемой ступени при включении выключателя определяется таймером «**ТотклАУ**».

Время срабатывания ускоряемой ступени при ОУ определяется таймером «**ТотклОУ**».

Таблица 7 – Уставки ускорения ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим автоматического ускорения ДЗ (0 – вывод, 1 – ненапр. пуск 1ст., 2 – ненапр. пуск 2ст., 3 – ненапр. пуск 3ст., 4 – ненапр. пуск 4ст., 5 – напр. пуск 1ст., 6 – напр. пуск 2ст., 7 – напр. пуск 3ст., 8 – напр. пуск 4ст.)	NускСтАУ	–	2
Режим оперативного ускорения ДЗ (0 – вывод, 1 – ненапр. пуск 1ст., 2 – ненапр. пуск 2ст., 3 – ненапр. пуск 3ст., 4 – ненапр. пуск 4ст., 5 – напр. пуск 1ст., 6 – напр. пуск 2ст., 7 – напр. пуск 3ст., 8 – напр. пуск 4ст.)	NускСтОУ	–	7
ВВС логики оперативного ускорения ДЗ, мс	ТотклОУ	от 20 до 30000 (шаг 1)	500
ВВС логики автоматического ускорения ДЗ, мс	ТотклАУ	от 20 до 30000 (шаг 1)	500

1.2.1.6 Блокировка при качаниях по замеру тока (БК I)

1.2.1.6.1 Принцип работы

Для предотвращения неправильной работы ДЗ при возникновении качаний в энергосистеме в терминале предусмотрена блокировка ДЗ при качаниях.

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

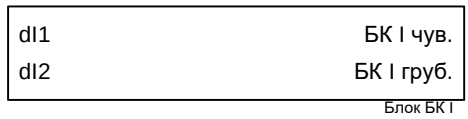


Рисунок 9 – Функциональный блок БК I

Таблица 8 – Входы и выходы функционального блока БК I

Аналоговые входы	
dI1	Приращение тока прямой последовательности
dI2	Приращение тока обратной последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала БК I
БК I груб.	Срабатывание грубого канала БК I

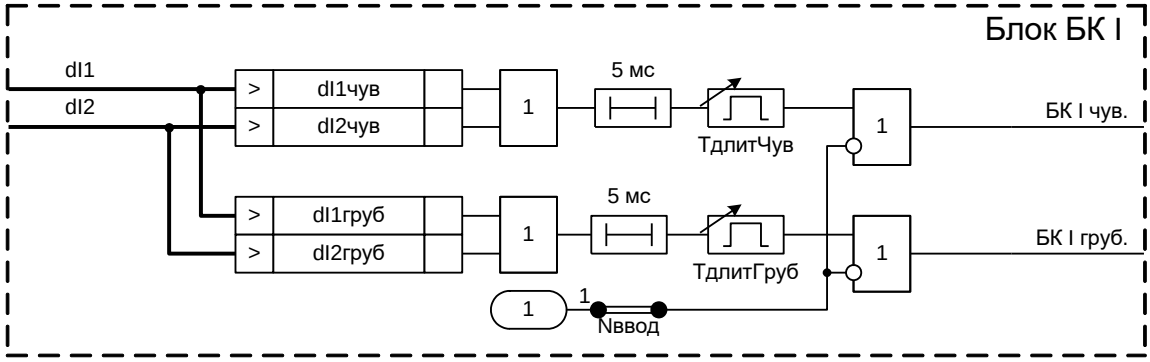


Рисунок 10 – Реализация программного модуля БК I

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

$$\Delta \underline{I}_1(t) = 2 \cdot \left[\underline{I}_1(t) - 3\underline{I}_1(t - T/2) + 3\underline{I}_1(t - T) - \underline{I}_1(t - 3T/2)\right],$$
$$\Delta \underline{I}_2(t) = 2 \cdot \left[\underline{I}_2(t) - 3\underline{I}_2(t - T/2) + 3\underline{I}_2(t - T) - \underline{I}_2(t - 3T/2)\right],$$

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

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

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

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

Логика БК I может быть введена при помощи программной накладки «**Nввод**».

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

Таблица 9 – Уставки БК I

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Приращение тока прямой последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1чув	от 17 до 400 (шаг 1)	17
Приращение тока прямой последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1груб	от 17 до 400 (шаг 1)	25
Приращение тока обратной последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2чув	от 12 до 200 (шаг 1)	12
Приращение тока обратной последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2груб	от 12 до 200 (шаг 1)	20

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа БК I (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Длительность разрешающего сигнала чувствительного канала БК I, мс	ТдлитЧув	от 200 до 12000 (шаг 1)	200
Длительность разрешающего сигнала грубого канала БК I, мс	ТдлитГруб	от 300 до 12000 (шаг 1)	400

1.2.1.6.2 Средняя основная погрешность ИО приращения тока не превышает ±10 % от уставки.

1.2.1.6.3 Дополнительная погрешность ИО приращения тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±10 % от среднего значения, измеренного при температуре (20±5) °С.

1.2.1.6.4 Дополнительная погрешность ИО приращения тока при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±10 % от среднего значения, измеренного при номинальной частоте.

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

1.2.1.7 Модуль пуска ДЗ по току и напряжению (ИПФ U/I)

1.2.1.7.1 Принцип работы

Функциональный блок пуска ДЗ по току и напряжению приведен на рисунке 11.

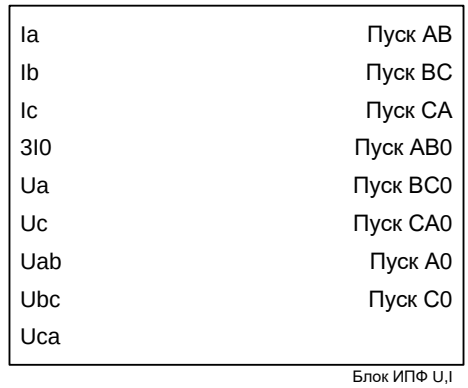


Рисунок 11 – Функциональный блок пуска ДЗ по току и напряжению

Таблица 10 – Входы и выходы функционального блока пуска ДЗ по току и напряжению

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Ua, Uc	Напряжения фаз A, C
Uab, Ubc, Uca	Напряжения между фазами AB, BC, CA
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
Пуск AB	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» AB
Пуск BC	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» BC
Пуск CA	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» CA
Пуск AB0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» AB с контролем тока нулевой последовательности
Пуск BC0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» BC с контролем тока нулевой последовательности
Пуск CA0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» CA с контролем тока нулевой последовательности

Пуск А0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» AN с контролем тока нулевой последовательности
Пуск С0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» CN с контролем тока нулевой последовательности

Терминал контролирует фазные токи, протекающие в линии электропередачи. Если один из них превышает уставку «**IпускДЗ**», то происходит пуск соответствующих реле сопротивления ДЗ.

Дополнительно реализован комбинированный пуск по току и напряжению. Здесь одновременно контролируется увеличение фазного тока (превышение любого из токов уставки «**IпускUI**») и уменьшение фазных и линейных напряжений. Уставкой «**UпускUIфф**» («**UпускUIфз**») задаётся величина междуфазного (фазного) напряжения, достаточного для пуска междуфазных (фазных) каналов ДЗ.

Для пуска ступеней ДЗ должен сработать либо модуль комбинированного пуска по току и напряжению, либо токовый пусковой модуль.

В линиях с изолированной и компенсированной нейтралью отключение междуфазных замыканий должно выполняться междуфазными ИО сопротивления, а двойных замыканий на землю – фазными ИО. Ток нулевой последовательности (3I0) сигнализирует о наличии двойного замыкания на землю в энергосистеме, наличие которого должно приводить к блокированию междуфазных каналов ИО сопротивления ДЗ, и запускать в работу фазные каналы.

Для пуска фазных контуров (сигналы «Пуск А0», «Пуск С0») необходимо наличие тока нулевой последовательности. При отсутствии тока нулевой последовательности происходит пуск междуфазных каналов (сигналы «Пуск АВ0», «Пуск ВС0», «Пуск СА0»).

Уставка «**3I0пускФЗ**» задает уровень тока нулевой последовательности, достаточного для пуска фазных каналов ДЗ.

Контроль тока нулевой последовательности может быть введен программной накладкой «**Nблок3I0**».

Реализована логика предпочтения поврежденной фазы, которая позволяет обеспечить селективное отключение двойных замыканий фаз А и С на землю (рисунок 12). Поскольку однофазное замыкание на землю не является аварийным режимом, то при возникновении двойного замыкания на землю достаточно отключить только одну линию, например, L2 без отключения L1.

Накладка «**Nселект**» определяет режим логики предпочтения поврежденной фазы. При «**Nселект**» = 0 логика предпочтения поврежденной фазы выведена из работы, при «**Nселект**» = 1 при одновременном возникновении замыкании фаз А и С происходит пуск лишь фазы А ДЗ, а при «**Nселект**» = 2 – фазы С.

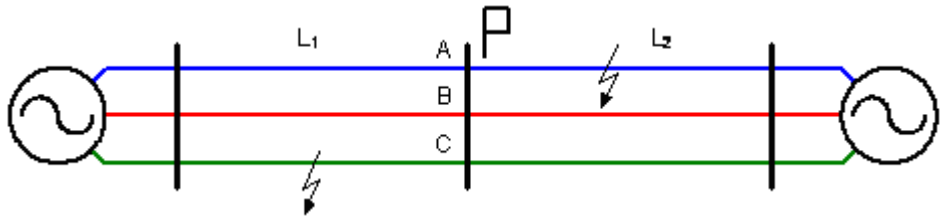


Рисунок 12 – Двойное замыкание $К^{(1,1)}$ АС в линии электропередачи

Для пуска первой, второй и четвертой ступеней ДЗ рекомендуется использовать выходные сигналы ИПФ U/I с контролем наличия и отсутствия тока нулевой последовательности («Пуск АВ0», «Пуск ВС0», «Пуск СА0», «Пуск А0», «Пуск С0»).

Для пуска третьей ступени (ступени дальнего резервирования) ДЗ рекомендуется использовать токовые сигналы пусковых ИО (уставка «**IпускФФ3ст**») ИПФ U/I без контроля тока нулевой последовательности («Пуск АВ», «Пуск ВС», «Пуск СА»).

Модуль пуска по току и напряжению может быть введен при помощи программной накладки «**Nввод**». Рекомендуемое значение уставки «**Nввод**» = 1.

Таблица 11 – Уставки пуска ДЗ по току и напряжению

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Токовый пуск ДЗ, % от $I_{ном}$	Iпуск	от 5 до 1000 (шаг 1)	146
Фазный ток комбинированного пуска по току и напряжению, % от $I_{ном}$	IпускФЗ	от 5 до 1000 (шаг 1)	146
Междуфазное напряжение комбинированного пуска по току и напряжению, % от $U_{ном}$	UпускФФ	от 1 до 100 (шаг 1)	70
Фазное напряжение комбинированного пуска по току и напряжению, % от $U_{ф.ном}$	UпускФЗ	от 1 до 100 (шаг 1)	70
Фазный ток пуска каналов «фаза-фаза» третьей ступени ДЗ, % от $I_{ном}$	IпускФФ3ст	от 5 до 1000 (шаг 1)	146
Утроенный ток нулевой последовательности пуска каналов «фаза-земля» ДЗ, % от $I_{ном}$	3I0пускФЗ	от 15 до 300 (шаг 1)	80
Работа модуля пуска по току и напряжению (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Режим работы логики селективного отключения при двойных замыканиях АС (0 – нет предпочтения, 1 – предпочтение фазы А, 2 – предпочтение фазы С)	Nселект	–	0
Блокирование междуфазных каналов ДЗ при появлении утроенного тока нулевой последовательности (0 – нет, 1 – да)	Nблок3I0	–	1

1.2.1.8 Логика ускоренного отключения слабого конца (ЛУОСК)

1.2.1.8.1 Принцип работы

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

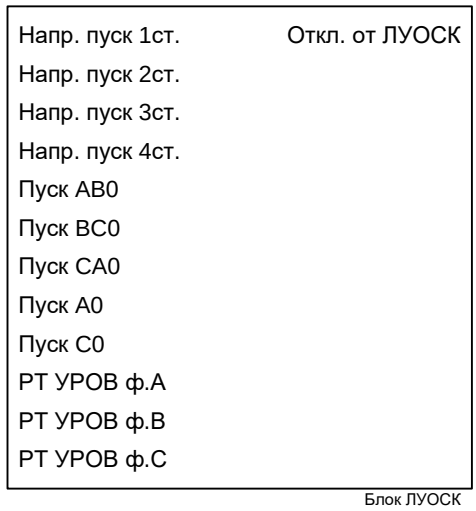


Рисунок 13 – Функциональный блок ЛУОСК

Таблица 12 – Входы и выходы функционального блока ЛУОСК

Логические входы	
Напр. пуск 1ст.	Направленный пуск первой ступени ДЗ
Напр. пуск 2ст.	Направленный пуск второй ступени ДЗ
Напр. пуск 3ст.	Направленный пуск третьей ступени ДЗ
Напр. пуск 4ст.	Направленный пуск четвертой ступени ДЗ
Пуск АВ0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» АВ с контролем тока нулевой последовательности

Пуск ВС0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» ВС с контролем тока нулевой последовательности
Пуск СА0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-фаза» СА с контролем тока нулевой последовательности
Пуск А0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» AN с контролем тока нулевой последовательности
Пуск С0	Срабатывание пускового модуля канала «фаза-земля» CN с контролем тока нулевой последовательности
РТ УРОВ ф.А	Срабатывание токового ИО ф.А УРОВ
РТ УРОВ ф.В	Срабатывание токового ИО ф.В УРОВ
РТ УРОВ ф.С	Срабатывание токового ИО ф.С УРОВ
Логические выходы	
Откл. от ЛУОСК	Отключение от ЛУОСК

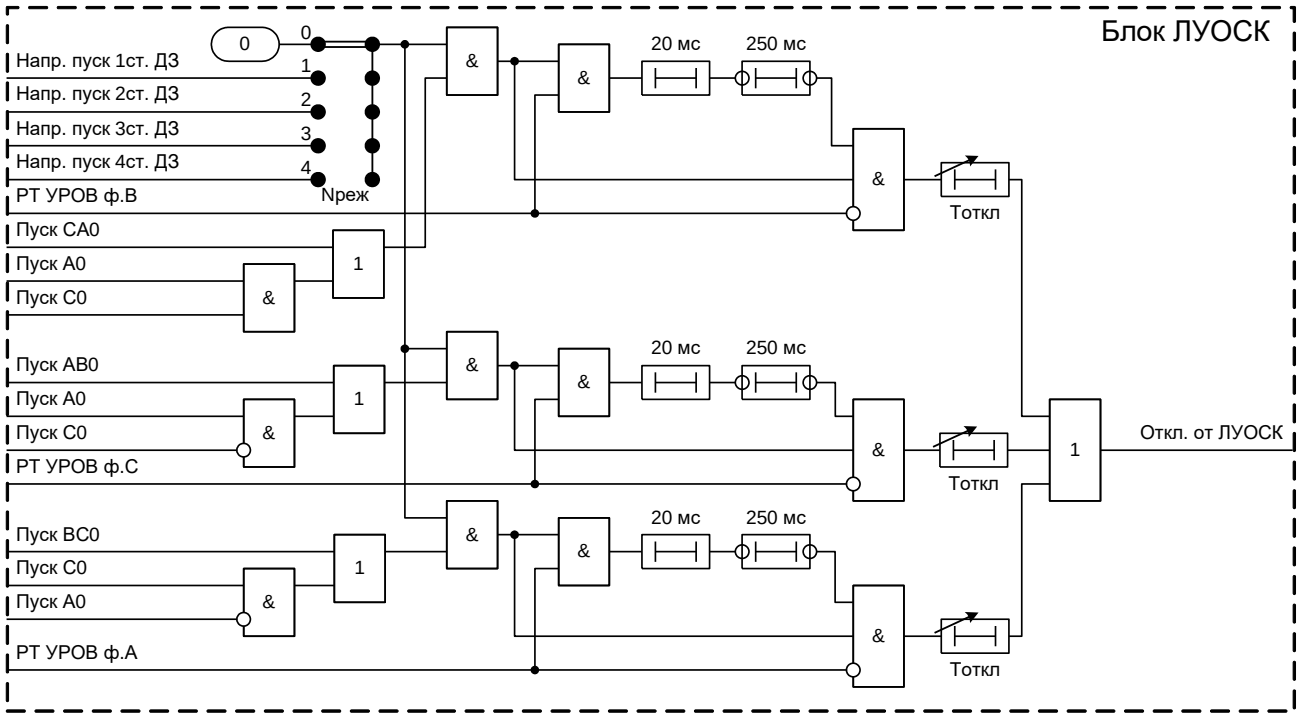


Рисунок 14 – Реализация программного модуля ЛУОСК

Если происходит удаленное КЗ (в зоне действия второй ступени ДЗ), то для его отключения должна пройти выдержка времени на срабатывание второй ступени ДЗ (выдержка может быть довольно большой до 1,5 с). За это время может произойти раздувание дуги и вторая ступень ДЗ может не сработать. Для таких случаев предусмотрена логика ЛУОСК. Если в течение времени 20 мс происходит направленный пуск ступени ДЗ и контура ИПФ U/I и в течение еще 250 мс сохраняются сигналы о направленном пуске и пуске соответствующих контуров ИПФ U/I, то при отключении удаленного конца ЛЭП своей защитой (в неповрежденной фазе пропадет ток, что зафиксирует соответствующее реле УРОВ) произойдет ускоренное отключение ближнего конца через время, заданное таймерами «**Тоткл**».

Таблица 13 – Уставки ЛУОСК

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы ЛУОСК (0 – вывод, 1 – напр. пуск 1ст. ДЗ, 2 – напр. пуск 2ст. ДЗ, 3 – напр. пуск 3ст. ДЗ, 4 – напр. пуск 4ст. ДЗ)	Nреж	–	0
ВВС ускоренного отключения ДЗ, мс	Тоткл	от 10 до 200 (шаг 1)	50

1.2.2 Орган направленности (ОНМ)

1.2.2.1 Принцип работы

ОНМ предназначен для чёткого определения направленности при всех видах замыканий. Функциональный блок ОНМ приведен на рисунке 15, его реализация приведена на рисунке 16.

Рисунок 15 – Функциональный блок ОНМ

Таблица 14 – Входы и выходы функционального блока ОНМ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Uab, Ubc, Uca	Напряжения между фазами AB, BC, CA
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
Прям. напр. A	Определено прямое направление мощности канала «фаза-земля» AN
Обр. напр. A	Определено обратное направление мощности канала «фаза-земля» AN
Прям. напр. B	Определено прямое направление мощности канала «фаза-земля» BN
Обр. напр. B	Определено обратное направление мощности канала «фаза-земля» BN
Прям. напр. C	Определено прямое направление мощности канала «фаза-земля» CN
Обр. напр. C	Определено обратное направление мощности канала «фаза-земля» CN
Прям. напр. AB	Определено прямое направление мощности канала «фаза-фаза» AB
Обр. напр. AB	Определено обратное направление мощности канала «фаза-фаза» AB
Прям. напр. BC	Определено прямое направление мощности канала «фаза-фаза» BC
Обр. напр. BC	Определено обратное направление мощности канала «фаза-фаза» BC
Прям. напр. CA	Определено прямое направление мощности канала «фаза-фаза» CA
Обр. напр. CA	Определено обратное направление мощности канала «фаза-фаза» CA

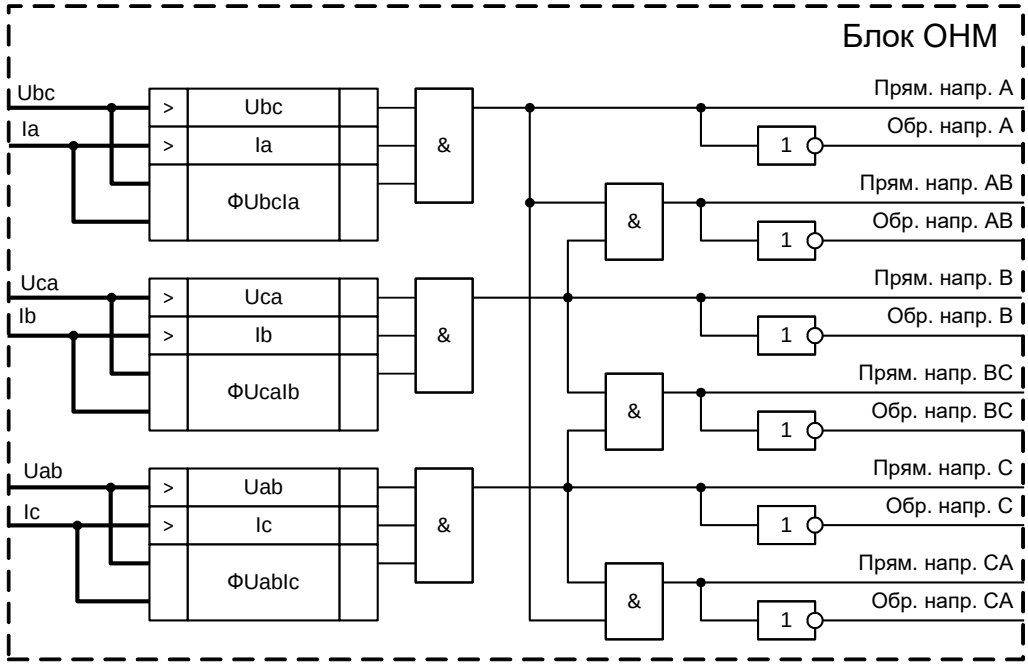


Рисунок 16 – Реализация программного модуля ОНМ

Для фиксации направления КЗ реализованы три ИО направленности (РНМ), использующих 90-градусную схему включения. 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).

На рисунке 17 приведена характеристика срабатывания ОНМ фазы А. Угол максимальной чувствительности РНМ составляет 45º. Направленность определяется по углу между соответствующим фазным током и междуфазным напряжением, который для прямого направления должен находиться в диапазоне от минус 45 до плюс 135º. Все прочие углы относятся к обратной направленности.

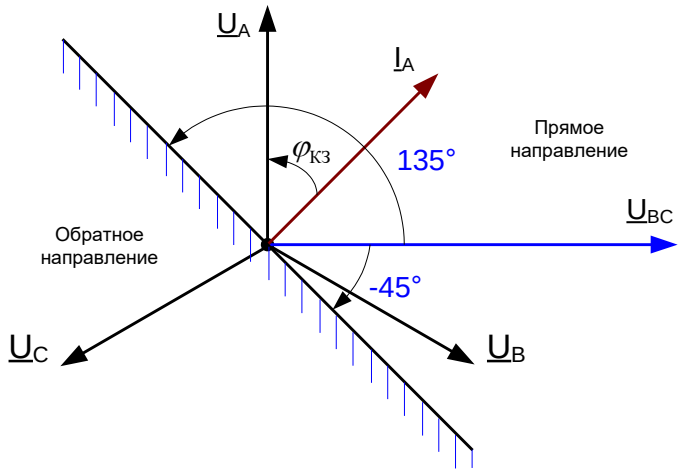


Рисунок 17 – Характеристика срабатывания ОНМ ф. А

Для фиксации прямого направления междуфазных каналов АВ, ВС, СА необходимо одновременное срабатывание прямонаправленных каналов обеих фаз (т.е. для срабатывания прямого направления междуфазного канала АВ нужно одновременное срабатывание РНМ фаз А и В).

Для корректной работы ИО ОНМ осуществляется контроль уровней тока и напряжения.

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

При снижении напряжения ниже уровня, задаваемого уставкой «**UпускUIфф**», в работу включается модуль определения направленности при помощи контура «памяти» ИО сопротивления.

Таблица 15 – Уставки ОНМ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Угол максимальной чувствительности, градус	Фмч	от 40 до 90 (шаг 1)	45

1.2.2.2 Средняя основная погрешность РНМ по току и напряжению срабатывания не превышает ±10 % от уставки.

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

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

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

1.2.2.7 Время срабатывания органов направления мощности при одновременной подаче синусоидального напряжения 3 $U_{раб}$ и тока 3 $I_{раб}$ не превышает 35 мс.

1.2.2.8 Время возврата органов направления мощности при одновременном сбросе входных напряжения 3 $U_{раб}$ и тока 3 $I_{раб}$ до нуля не превышает 40 мс.

1.2.3 Токовая отсечка (ТО)

1.2.3.1 Принцип работы

Устройство может включать ТО, содержащую три токовых ИО, включенных на фазные токи («**IсрабА**», «**IсрабВ**», «**IсрабС**»).

Функциональный блок ТО приведен на рисунке 18, его реализация приведена на рисунке 19.

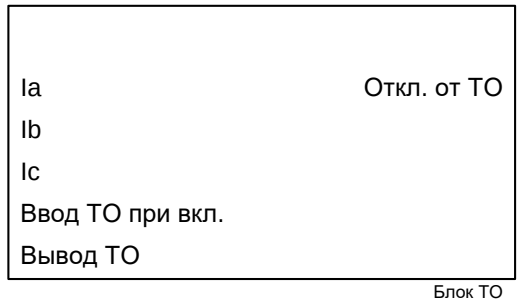


Рисунок 18 – Функциональный блок ТО

Таблица 16 – Входы и выходы функционального блока ТО

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ввод ТО при вкл.	Ввод ТО при включении выключателя
Вывод ТО	Вывод ТО из работы
Логические выходы	
Откл. от ТО	Отключение от ТО

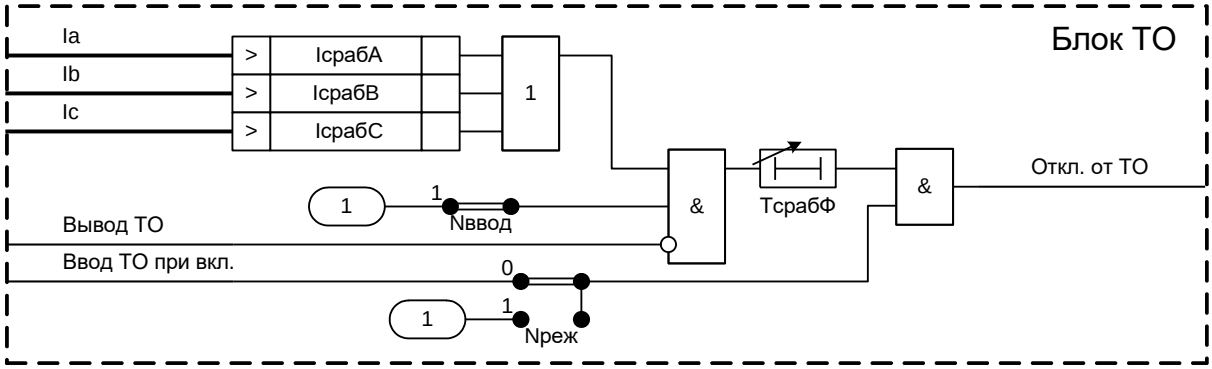


Рисунок 19 – Реализация программного модуля ТО

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

- «**Nреж**» = 0 – ТО вводится сигналом «Ввод ТО при вкл.»;
- «**Nреж**» = 1 – ТО введена постоянно.

ТО может быть выведена из работы сигналом «Вывод ТО».

Уровень срабатывания ИО, включенных на фазные токи, регулируется уставкой «**IсрабФ**».

ТО может быть введена в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

Выдержка времени на срабатывание фазной ТО определяется уставкой «**TсрабФ**».

Таблица 17 – Уставки ТО

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ТО, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	450
Режим работы ТО (0 – при вкл., 1 – непрерывный)	Nреж	–	0
Работа ТО (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
ВВС фазной ТО, мс	TсрабФ	от 1 до 10000 (шаг 1)	20

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

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

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

1.2.3.5 Коэффициент возврата ИО тока не менее 0,9 для максимальных ИО.

1.2.3.6 Время срабатывания максимальных 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 $I_{сраб}$).

1.2.3.7 Время возврата максимальных ИО тока не превышает 30 мс при сбросе тока от 10 $I_{сраб}$ до нуля.

1.2.4 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.2.4.1 Принцип работы

Устройство защиты включает двухступенчатую направленную МТЗ. Каждая ступень содержит ИО, включенные на фазные токи («**IсрабА**», «**IсрабВ**», «**IсрабС**»). Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 20. Функциональный блок ступени МТЗ приведен на рисунке 21, его реализация приведена на рисунке 22.

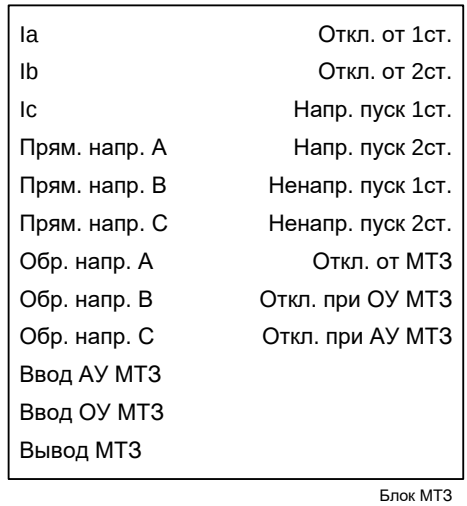


Рисунок 20 – Функциональный блок МТЗ

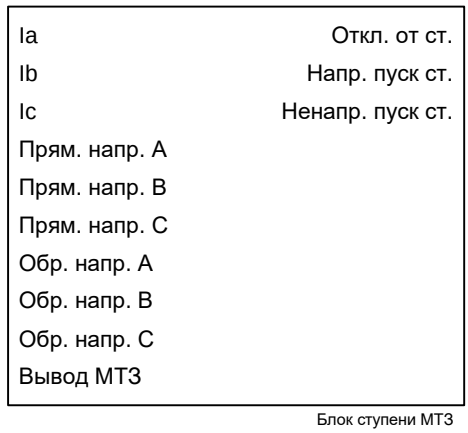


Рисунок 21 – Функциональный блок ступени МТЗ

Таблица 18 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Прям. напр. A	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» AN
Прям. напр. B	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» BN
Прям. напр. C	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» CN
Обр. напр. A	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» AN
Обр. напр. B	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» BN
Обр. напр. C	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» CN
Ввод АУ МТЗ	Ввод автоматического ускорения МТЗ
Ввод ОУ МТЗ	Ввод оперативного ускорения МТЗ
Вывод МТЗ	Вывод МТЗ из работы
Логические выходы	
Откл. от 1ст.	Отключение от первой ступени МТЗ
Откл. от 2ст.	Отключение от второй ступени МТЗ
Напр. пуск 1ст.	Направленный пуск первой ступени МТЗ
Напр. пуск 2ст.	Направленный пуск второй ступени МТЗ
Ненапр. пуск 1ст.	Ненаправленный пуск первой ступени МТЗ
Ненапр. пуск 2ст.	Ненаправленный пуск второй ступени МТЗ
Откл. от МТЗ	Отключение от МТЗ
Откл. при ОУ МТЗ	Отключение при оперативном ускорении МТЗ
Откл. при АУ МТЗ	Отключение при автоматическом ускорении МТЗ

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока ступени МТЗ

Логические входы	
Прям. напр. А	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» AN
Прям. напр. В	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» BN
Прям. напр. С	Прямое направление мощности канала «фаза-земля» CN
Обр. напр. А	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» AN
Обр. напр. В	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» BN
Обр. напр. С	Обратное направление мощности канала «фаза-земля» CN
Вывод МТЗ	Вывод МТЗ из работы
Логические выходы	
Откл. от ст.	Отключение от ступени МТЗ
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени МТЗ
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени МТЗ

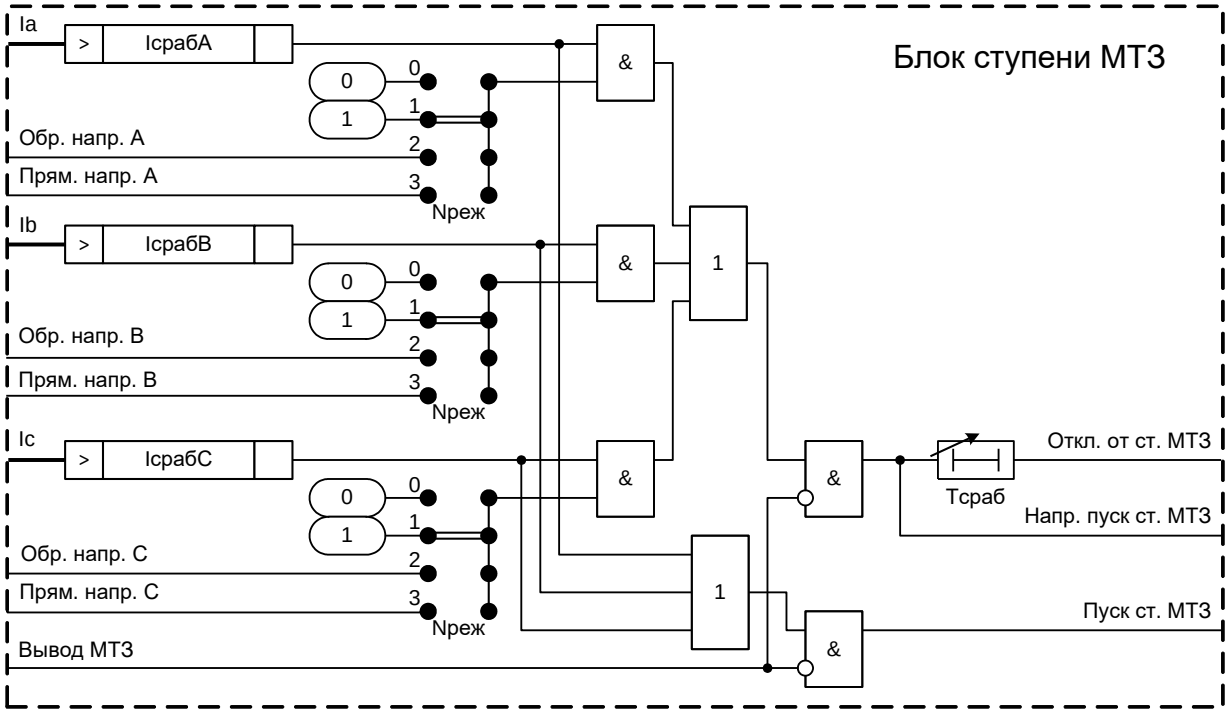


Рисунок 22 – Реализация программного модуля ступени МТЗ

Логика ступеней МТЗ одинакова, поэтому в настоящем РЭ описывается только логика работы одной ступени. В терминале названия уставок для каждой ступени одинаковы.

Режим работы ступеней МТЗ определяется программной накладкой «**Nреж**»:

- «**Nреж**» = 0 – ступень выведена из работы;
- «**Nреж**» = 1 – ступень работает без контроля направленности;
- «**Nреж**» = 2 – ступень работает при обнаружения обратной направленности;
- «**Nреж**» = 3 – ступень работает при обнаружения прямой направленности.

МТЗ может быть введена в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

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

Сигналы срабатывания ступени МТЗ объединяются по логике «ИЛИ» для формирования сигнала срабатывания МТЗ «Откл. от МТЗ».

Таблица 20 – Уставки ступени МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ступени МТЗ, % от $I_{ном}$	Iсраб	от 15 до 3000 (шаг 1)	146
Режим работы ступени МТЗ (0 – вывод, 1 – ненапр., 2 – обратнонапр., 3 – прямонапр.)	Nреж	–	1
ВВС ступени МТЗ, мс	Tсраб	от 50 до 10000 (шаг 1)	400

1.2.4.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.3.2-1.2.3.7.

1.2.4.3 Ускорение МТЗ

1.2.4.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ускорения МТЗ приведен на рисунке 23, его реализация приведена на рисунке 24.

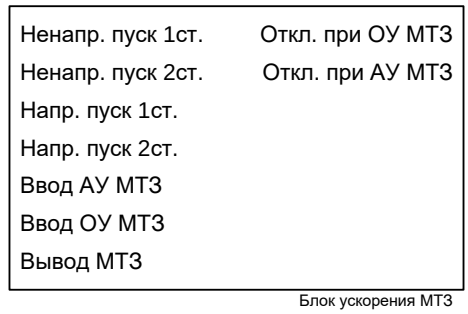


Рисунок 23 – Функциональный блок ускорения МТЗ

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока ускорения МТЗ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ненапр. пуск 1ст.	Ненаправленный пуск первой ступени МТЗ
Ненапр. пуск 2ст.	Ненаправленный пуск второй ступени МТЗ
Напр. пуск 1ст.	Направленный пуск первой ступени МТЗ
Напр. пуск 2ст.	Направленный пуск второй ступени МТЗ
Ввод АУ МТЗ	Ввод автоматического ускорения МТЗ
Ввод ОУ МТЗ	Ввод оперативного ускорения МТЗ
Вывод	Вывод МТЗ из работы
Логические выходы	
Откл. при ОУ МТЗ	Отключение при оперативном ускорении МТЗ
Откл. при АУ МТЗ	Отключение при автоматическом ускорении МТЗ

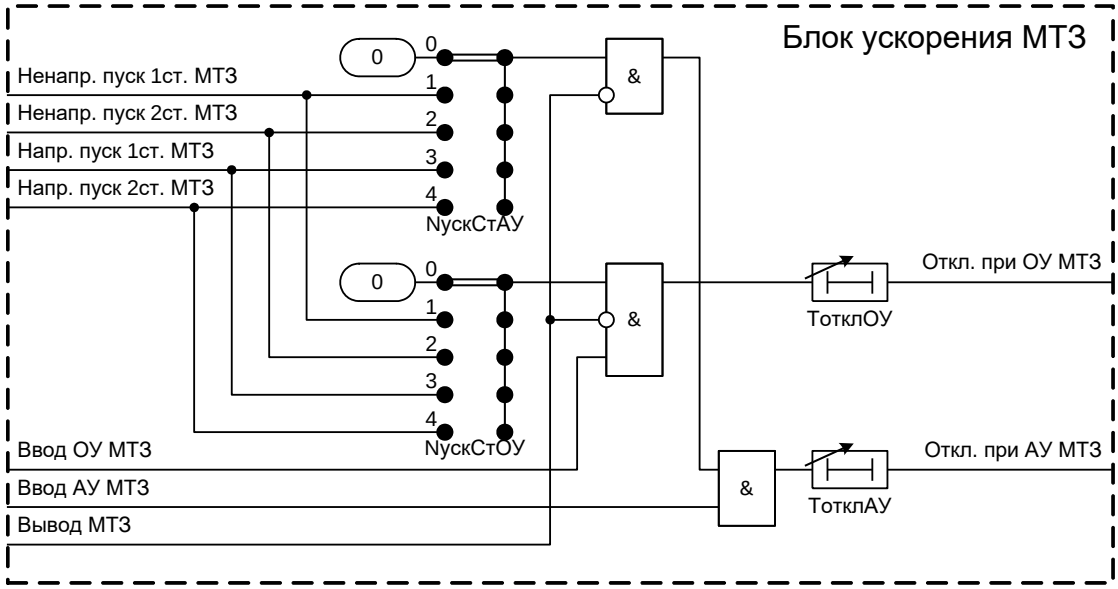


Рисунок 24 – Реализация программного модуля ускорения МТЗ

Для обеспечения быстрого отключения повреждения при включении выключателя на КЗ и в режиме ОУ реализована логика ускорения ступеней МТЗ.

АУ позволяет уменьшить время отключения КЗ при первом включении выключателя. Пуск АУ МТЗ осуществляется от сигнала «Ввод АУ МТЗ». Поскольку при первом включении выключателя возможно пропадание переменного напряжения, например, при близком КЗ, работа АУ чаще всего осуществляется от ненаправленного пуска соответствующей ступени МТЗ.

ОУ чаще всего используется при выводе основной защиты присоединения. Пуск ОУ осуществляется переводом ключа «Ввод ОУ МТЗ» в положение «Ввод». Для предотвращения ложной работы защиты при замыкании «за спиной» ОУ осуществляется с учетом модуля направленности.

Ускоряемая ступень при включении выключателя выбирается программной накладкой «**НускСтАУ**», а при оперативном ускорении – «**НускСтОУ**». При значении накладки «**НускСтАУ**» от 1 до 2 задается соответствующая ускоряемая ненаправленная ступень, при значении накладки «**НускСтОУ**» от 3 до 4 – соответствующая направленная ступень, а при значении накладки 0 – ускорение выводится из работы.

Время срабатывания ускоряемой ступени при включении выключателя определяется таймером «**ТоткклАУ**».

Время срабатывания ускоряемой ступени при ОУ определяется таймером «**ТоткклОУ**».

Таблица 22 – Уставки ускорения МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим автоматического ускорения МТЗ (0 – вывод, 1 – ненапр. пуск 1ст. МТЗ, 2 – ненапр. пуск 2ст. МТЗ, 3 – напр. пуск 1ст. МТЗ, 4 – напр. пуск 2ст. МТЗ)	НускСтАУ	–	0
Режим оперативного ускорения МТЗ (0 – вывод, 1 – ненапр. пуск 1ст. МТЗ, 2 – ненапр. пуск 2ст. МТЗ, 3 – напр. пуск 1ст. МТЗ, 4 – напр. пуск 2ст. МТЗ)	НускСтОУ	–	0
ВВС логики оперативного ускорения МТЗ, мс	ТоткклОУ	от 50 до 10000 (шаг 1)	500
ВВС логики автоматического ускорения МТЗ, мс	ТоткклАУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	500

1.2.5 Автоматическое ускорение (АУ)

1.2.5.1 Принцип работы

Функциональный блок АУ приведен на рисунке 25, его реализация приведена на рисунке 26.

Рисунок 25 – Функциональный блок АУ

Таблица 23 – Входы и выходы функционального блока АУ

Аналоговые входы	
Uпр	Напряжение на присоединении
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Логические выходы	
Авт. ускорение	Пуск автоматического ускорения защит

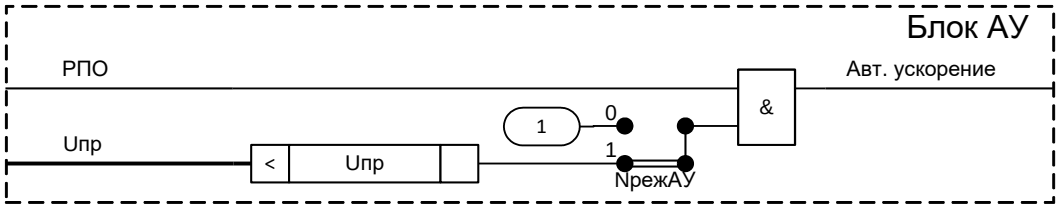


Рисунок 26 – Реализация программного модуля АУ

АУ позволяет уменьшить время отключения КЗ при первом включении выключателя. Пуск АУ осуществляется от сигнала «РПО».

Программной накладкой «**NрежАУ**» определяется режим работы блока АУ:

- «**NрежАУ**» = 0 – АУ работает без контроля отсутствия напряжения на присоединении;
- «**NрежАУ**» = 1 – АУ работает с контролем отсутствия напряжения на присоединении.

Таблица 24 – Уставки АУ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение присоединения для ввода АУ, % от $U_{ф.ном}$	Uпр	от 5 до 100 (шаг 1)	50
Режим работы АУ (0 – без контроля Uпр, 1 – контроль Uпр)	NрежАУ	–	1

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

1.2.5.3 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.

1.2.5.4 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.

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

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

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

1.2.6 Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ)

Функциональный блок ЗДЗ приведен на рисунке 27, его реализация приведена на рисунке 28.

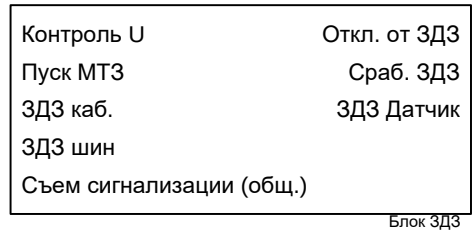


Рисунок 27 – Функциональный блок ЗДЗ

Таблица 25 – Входы и выходы функционального блока ЗДЗ

Логические входы	
Контроль U	Контроль по напряжению
Пуск МТЗ	Контроль по току
ЗДЗ каб.	ЗДЗ кабеля
ЗДЗ шин	ЗДЗ шин
Съем сигнализации (общ.)	Съем сигнализации общий
Логические выходы	
Откл. от ЗДЗ	Отключение от ЗДЗ
Сраб. ЗДЗ	Срабатывание ЗДЗ
ЗДЗ Датчик	Срабатывание датчика ЗДЗ

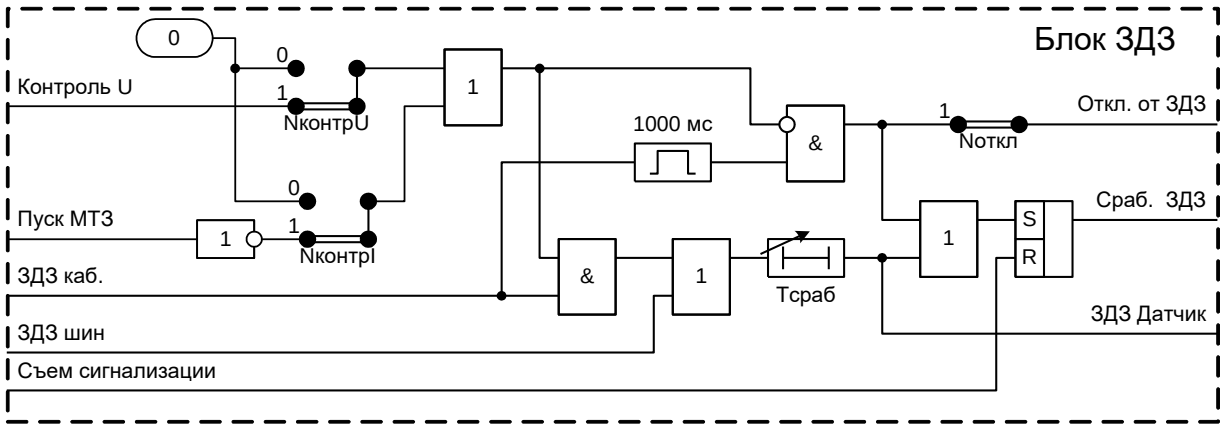


Рисунок 28 – Логическая схема работы ЗДЗ

Функция обеспечивает прием сигналов срабатывания датчиков дуги, установленных в шинном и кабельном отсеках ячейки, «ЗДЗ шин» и «ЗДЗ каб.» соответственно. Для срабатывания дуговой защиты при появлении сигнала «ЗДЗ каб.» и формирование сигнала «Откл. от ЗДЗ», действующего на отключение, предусмотрен контроль по току от сигнала «Пуск МТЗ» и напряжению от органа пуска МТЗ по напряжению (сигнал «Контроль U»). Для возможности работы дуговой защиты только от сигналов датчиков контроль осуществляется программными накладками – «**NконтрI**» и «**NконтрU**» соответственно.

Сигнал отключения от дуговой защиты импульсный, длительность 1 с. Накладкой «**Nоткл**» предусмотрена возможность вывода действия дуговой защиты на отключение. Входной сигнал «ЗДЗ шин» на отключение не действует. При прохождении импульса отключения от дуговой защиты выдается сигнализация о срабатывании, выполненная с элементом фиксации (триггером) и формируется выходной сигнал «Сраб. ЗДЗ», сброс выполняется вручную.

При длительном (более 10 с) наличии сигналов срабатывания датчиков и отсутствии сигналов пуска по току или напряжению выдается сигнализация о ложном срабатывании датчиков с помощью выходного дискретного сигнала «ЗДЗ Датчик».

Таблица 26 – Уставки ЗДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль по напряжению (0 – нет, 1 – да)	NконтрU	–	0
Контроль по току (0 – нет, 1 – да)	NконтрI	–	0
Действие ЗДЗ на отключение (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0
ВВС на формирование сигнала срабатывания, мс	Тсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	1000

1.2.7 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току (АРПТ)

1.2.7.1 Принцип работы

АРПТ состоит из трех ИО, реагирующих на ток прямой последовательности I_1.

Функциональный блок АРПТ приведен на рисунке 29, его реализация приведена на рисунке 30.

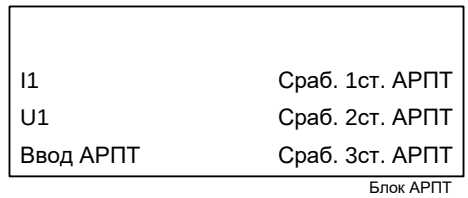


Рисунок 29 – Функциональный блок АРПТ

Таблица 27 – Входы и выходы функционального блока АРПТ

Аналоговые входы	
I1	Ток прямой последовательности
U1	Напряжение прямой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ввод АРПТ	Ввод АРПТ
Логические выходы	
Сраб. 1ст. АРПТ	Срабатывание первой ступени АРПТ
Сраб. 2ст. АРПТ	Срабатывание второй ступени АРПТ
Сраб. 3ст. АРПТ	Срабатывание третьей ступени АРПТ

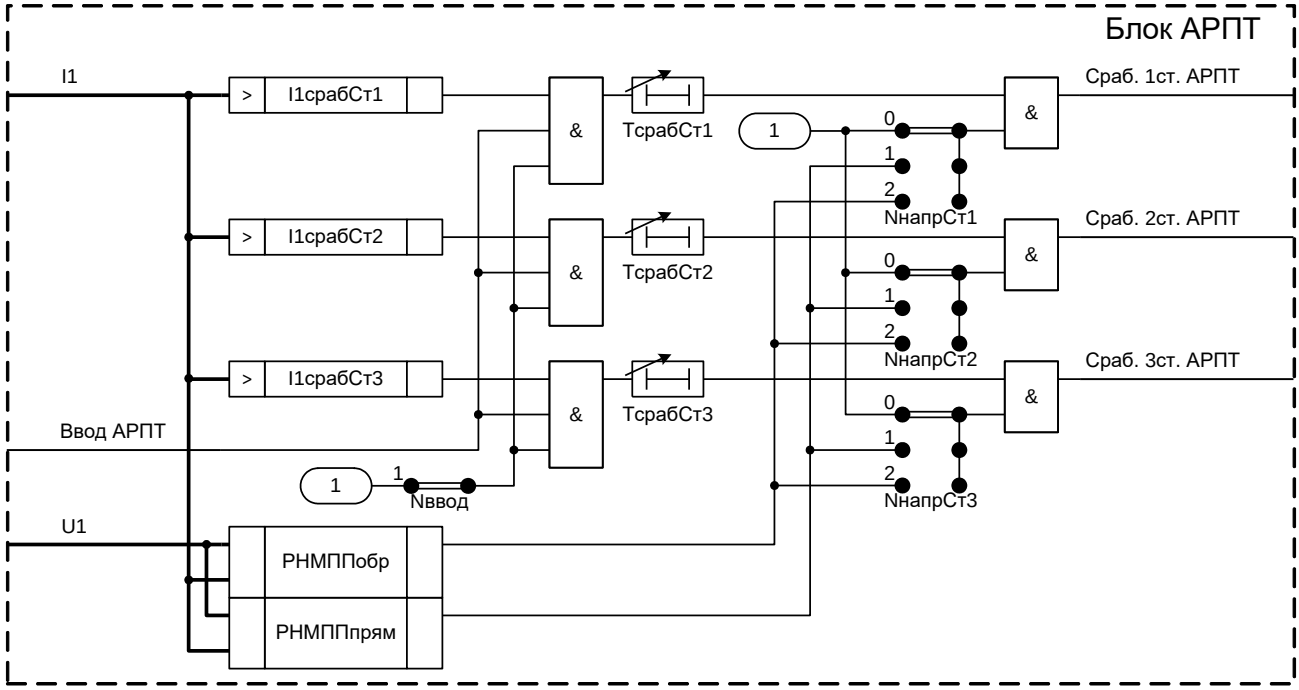


Рисунок 30 – Реализация программного модуля АРПТ

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

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

Контроль направления мощности АРПТ осуществляется на этапе формирования выходного сигнала. Длительность режима перегрузки учитывается вне зависимости от направления тока. Используются два ИО активной мощности прямой последовательности: прямого и обратного направления. Прямое направление соответствует протеканию активной мощности прямой последовательности от шин в присоединение. Угол охвата каждого ИО направления мощности составляет не менее 160°.

Направленность ступеней АРПТ определяется положениями программных накладок «**NнапрСт1**», «**NнапрСт2**», «**NнапрСт3**» для первой, второй и третьей ступеней соответственно.

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

АРПТ может быть введена в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

Таблица 28 – Уставки АРПТ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток прямой последовательности первой ступени АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт1	от 15 до 500 (шаг 1)	300
Ток прямой последовательности второй ступени АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт2	от 15 до 500 (шаг 1)	400
Ток прямой последовательности третьей ступени АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт3	от 15 до 500 (шаг 1)	500
Работа АРПТ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Режим направленности первой ступени АРПТ (0 – ненапр., 1 – прямонапр., 2 – обратнонапр.)	NнапрСт1	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим направленности второй ступени АРПТ (0 – ненапр., 1 – прямонапр., 2 – обратнонапр.)	NнапрСт2	–	0
Режим направленности третьей ступени АРПТ (0 – ненапр., 1 – прямонапр., 2 – обратнонапр.)	NнапрСт3	–	0
ВВС первой ступени АРПТ, мс	ТсрабСт1	от 100 до 3000000 (шаг 1)	200000
ВВС второй ступени АРПТ, мс	ТсрабСт2	от 100 до 3000000 (шаг 1)	250000
ВВС третьей ступени АРПТ, мс	ТсрабСт3	от 100 до 3000000 (шаг 1)	300000

1.2.7.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.3.2-1.2.3.7.

1.2.7.3 Все точностные параметры РНМ аналогичны приведенным в 1.2.2.2-1.2.2.8.

1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН)

1.2.8.1 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 31.

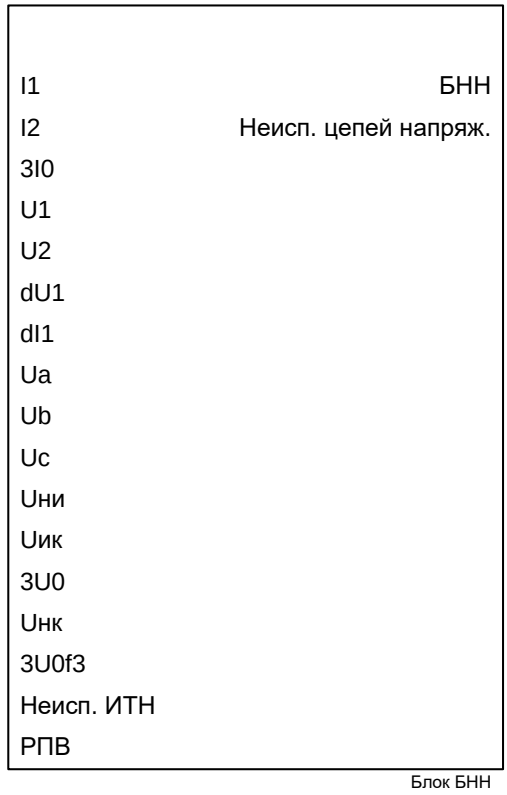


Рисунок 31 – Функциональный блок БНН

Таблица 29 – 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	Напряжения фаз A, B, C
Uни	Напряжение Uни «разомкнутого треугольника»
Uик	Напряжение Uик «разомкнутого треугольника»
3U0	Расчетное утроенное напряжение нулевой последовательности
Uнк	Измеренное утроенное напряжение нулевой последовательности
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.	Сигнализация о неисправности в цепях напряжения

При обнаружении неисправностей в цепях «разомкнутого треугольника» выдается блокирующий сигнал на дистанционную защиту, общий критерий повреждения и других модулей, использующих эти цепи напряжения.

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. Накладкой «**NособФ**», значения которой приведены в таблице 30, определяется особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 32 приведена логика работы для особой фазы А. Два ИО («**Uзв-Uни**» и «**Uзв-Uик**») работают с одной уставкой – «**3U0-Uнк**». Значение накладки «**NособФ**» = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 30 – Особая фаза для ИО БНН

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

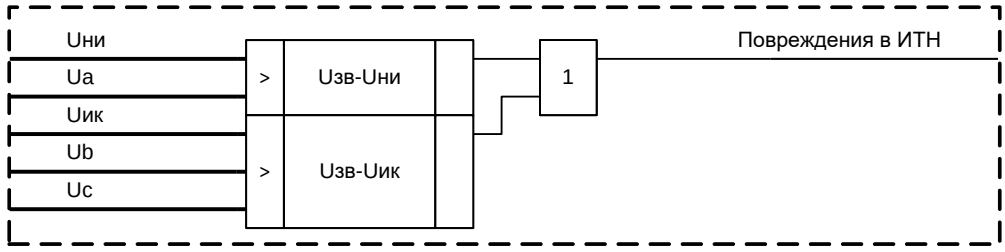


Рисунок 32 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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».

1.2.8.2 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 33) 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 фиксированной уставкой «**ТсрабФФ**», равной 10 мс.

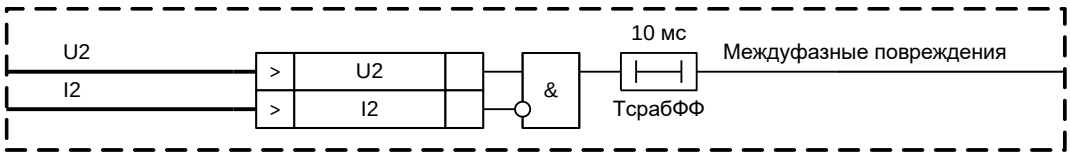


Рисунок 33 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.8.3 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 34. 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 29.

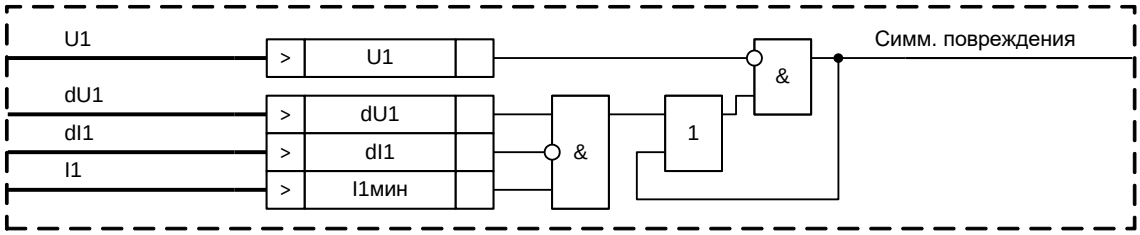


Рисунок 34 – Выявление симметричных повреждений

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

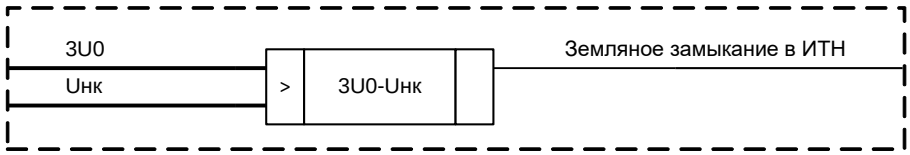


Рисунок 35 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.8.5 На рисунке 36 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**»).

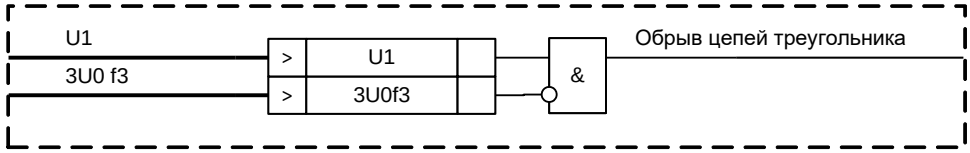


Рисунок 36 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

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

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

1.2.8.6 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 37.

Уставка ИО «**I1**» определяет 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 фиксированной уставкой «**ТобрывВкл**», равной 200 мс. Логика определения обрывов при включении введена постоянно (программная накладка зафиксирована в положении «**NобрывВкл**» = 1).

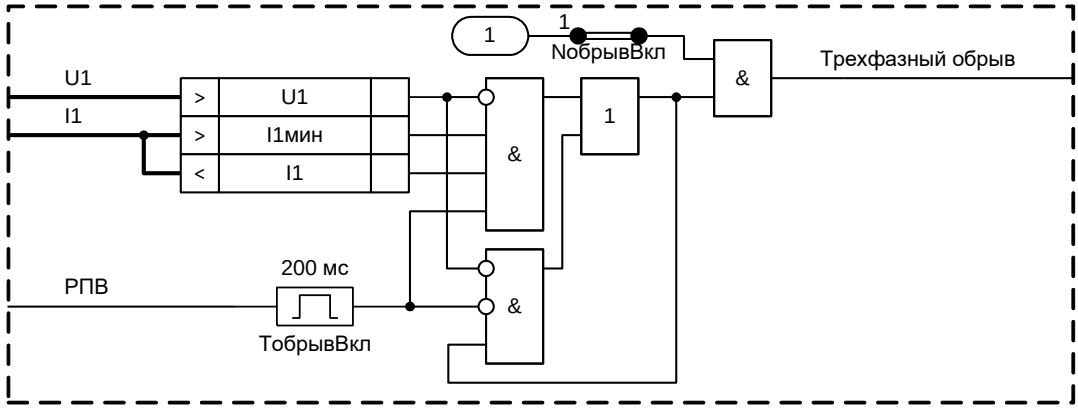


Рисунок 37 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

1.2.8.7 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 фиксированной уставкой «**ТвнешНеисп**», равной 200 мс.

1.2.8.8 Режим работы БНН определяется 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 – БНН работает только на сигнализацию. При обнаружении неисправностей цепей ИТН формируется сигнал неисправности, но блокирование соответствующих функций терминала не производится.

Таблица 31 – 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
Приращения 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
Режим работы логики обнаружения обрывов в цепях «разомкнутого треугольника» (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NобрывUнк	–	0
Продление внешнего сигнала о неисправности ИТН, мс	ТвнешНеисп	–	200
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

1.2.8.9 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.

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

1.2.8.11 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 %.

1.2.8.12 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 %.

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

1.2.8.14 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.8.16 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).

1.2.8.17 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.

1.2.9 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН)

1.2.9.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция блокировки при длительном отсутствии напряжения. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей.

Функциональный блок БДОН приведен на рисунке 38, его реализация приведена на рисунке 39.

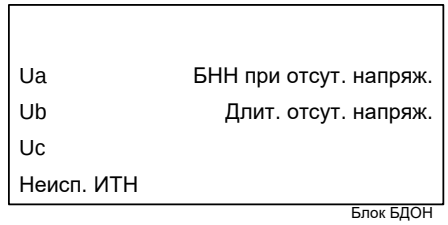


Рисунок 38 – Функциональный блок БДОН

Таблица 32 – Входы и выходы функционального блока БДОН

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

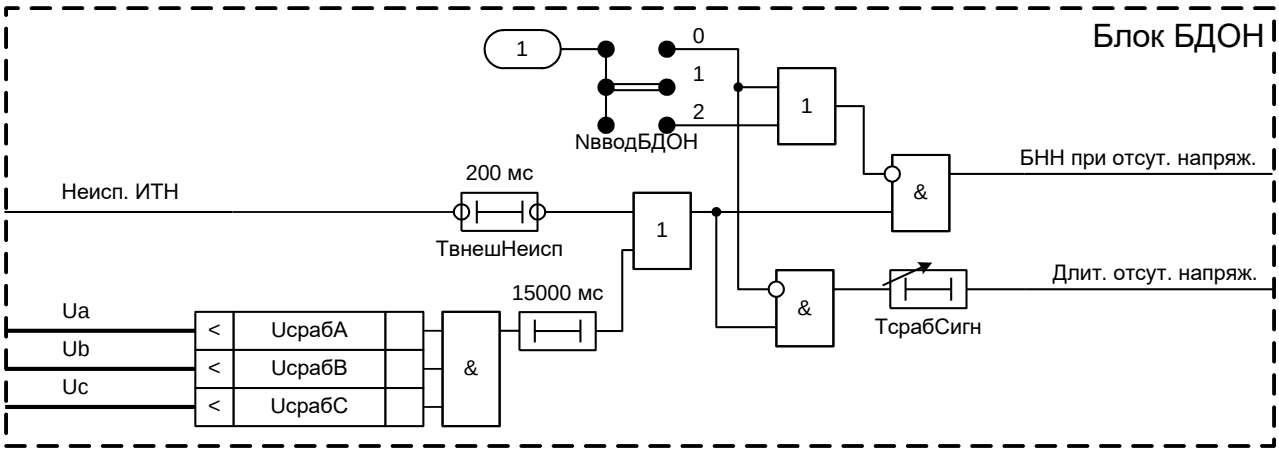


Рисунок 39 – Реализация программного модуля БДОН

Принцип работы БДОН основан на контроле величин фазных напряжений. При длительном (более 15 с) отсутствии фазных напряжений на входе устройства 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.

Блокировка при длительном отсутствии напряжения 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.

Режим работы функции 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 33 – Уставки модуля БДОН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа БДОН (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NвводБДОН	–	1
Продление внешнего сигнала о неисправности ИТН, мс	ТвнешНеисп	от 20 до 32000 (шаг 1)	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000

1.2.9.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания 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 воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, измеренного при температуре (20±5) °С.

1.2.9.4 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.

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

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

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

1.2.10 Защита от обрыва проводника (ЗОП)

1.2.10.1 Принцип работы

В состав устройства может входить функция ЗОП. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей.

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

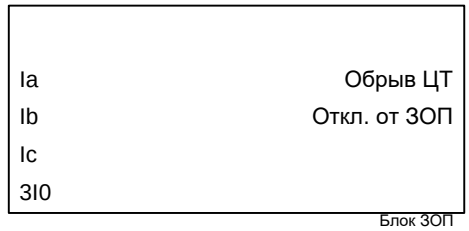


Рисунок 40 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 34 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
Обрыв ЦТ	Обрыв цепей тока
Откл. от ЗОП	Отключение от ЗОП

Принцип работы ЗОП основан на контроле соотношений величин фазных токов присоединения и контроле тока нулевой последовательности. Основной ИО «**Кнесим**» контролирует отношение минимального фазного тока к максимальному. В нормальном режиме ИО «**Кнесим**» и ИО тока нулевой последовательности не срабатывают, так как величины токов фаз приблизительно равны. Работа ЗОП разрешена только в режимах, сопровождающихся достаточным уровнем максимального тока, обнаруживаемым ИО «**IсрабA**», «**IсрабB**», «**IсрабC**». Также при обрыве проводника появляется значительный уровень тока нулевой последовательности, который и отслеживает «**3I0сраб**».

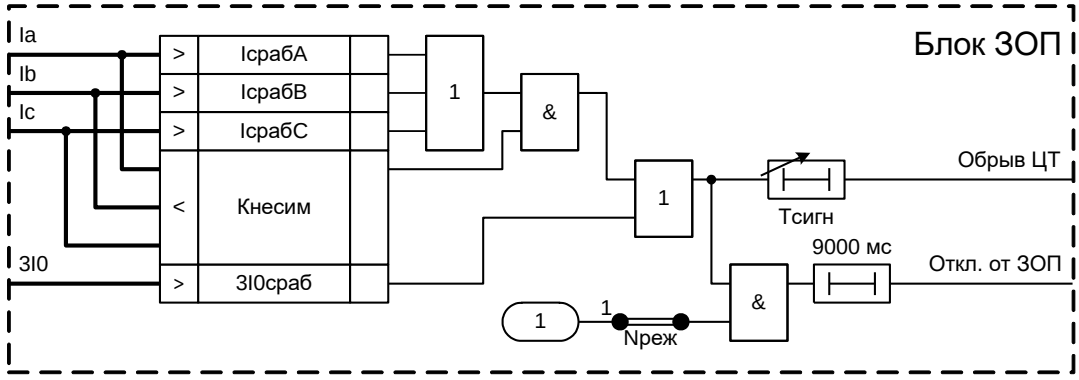


Рисунок 41 – Реализация программного модуля ЗОП

Функция ЗОП может быть введена в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

Отключение от ЗОП может быть введено при помощи программной накладки «**Nреж**».

Выдержка времени срабатывания ЗОП на сигнал определяется уставкой «**Тсигн**».

Таблица 35 – Уставки ЗОП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка по току для запуска функции ЗОП, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 5 до 100 (шаг 1)	30
Утроенный ток нулевой последовательности ЗОП, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 5 до 100 (шаг 1)	30
Максимально допустимое расхождение минимального и максимального фазных токов, %	Кнесим	от 10 до 90 (шаг 1)	50
Разрешение отключения (0 – нет, 1 – да)	Nреж	–	1
ВВС на формирование сигнала «Обрыв ЦТ», мс	Тсигн	от 500 до 30000 (шаг 1)	9000

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

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

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

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

1.2.10.6 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.11 Защиты выключателя

1.2.11.1 Принцип работы

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

- контроль целостности цепей управления;
- защита электромагнитов включения и отключения от длительного протекания тока;
- контроль затягивания включения и отключения выключателя.

Функциональный блок защит выключателя приведен на рисунке 42, его реализация приведена на рисунке 43.

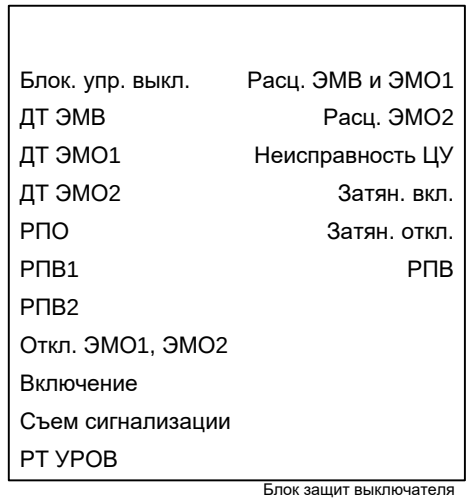


Рисунок 42 – Функциональный блок защит выключателя

Таблица 36 – Входы и выходы функционального блока защиты 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
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя через последовательно соединенные блок-контакты выключателя
РПВ1	Сигнал включенного положения выключателя (ЭМО1)
РПВ2	Сигнал включенного положения выключателя (ЭМО2)
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Включение	Включение выключателя
Съем сигнализации	Съем сигнализации
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
Логические выходы	
Расц. ЭМВ и ЭМО1	Действие на расцепитель ЭМВ и ЭМО1
Расц. ЭМО2	Действие на расцепитель ЭМО2
Неисправность ЦУ	Неисправность цепей управления выключателем
Затян. откл.	Затянутое отключение выключателя
Затян. вкл.	Затянутое включение выключателя
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя

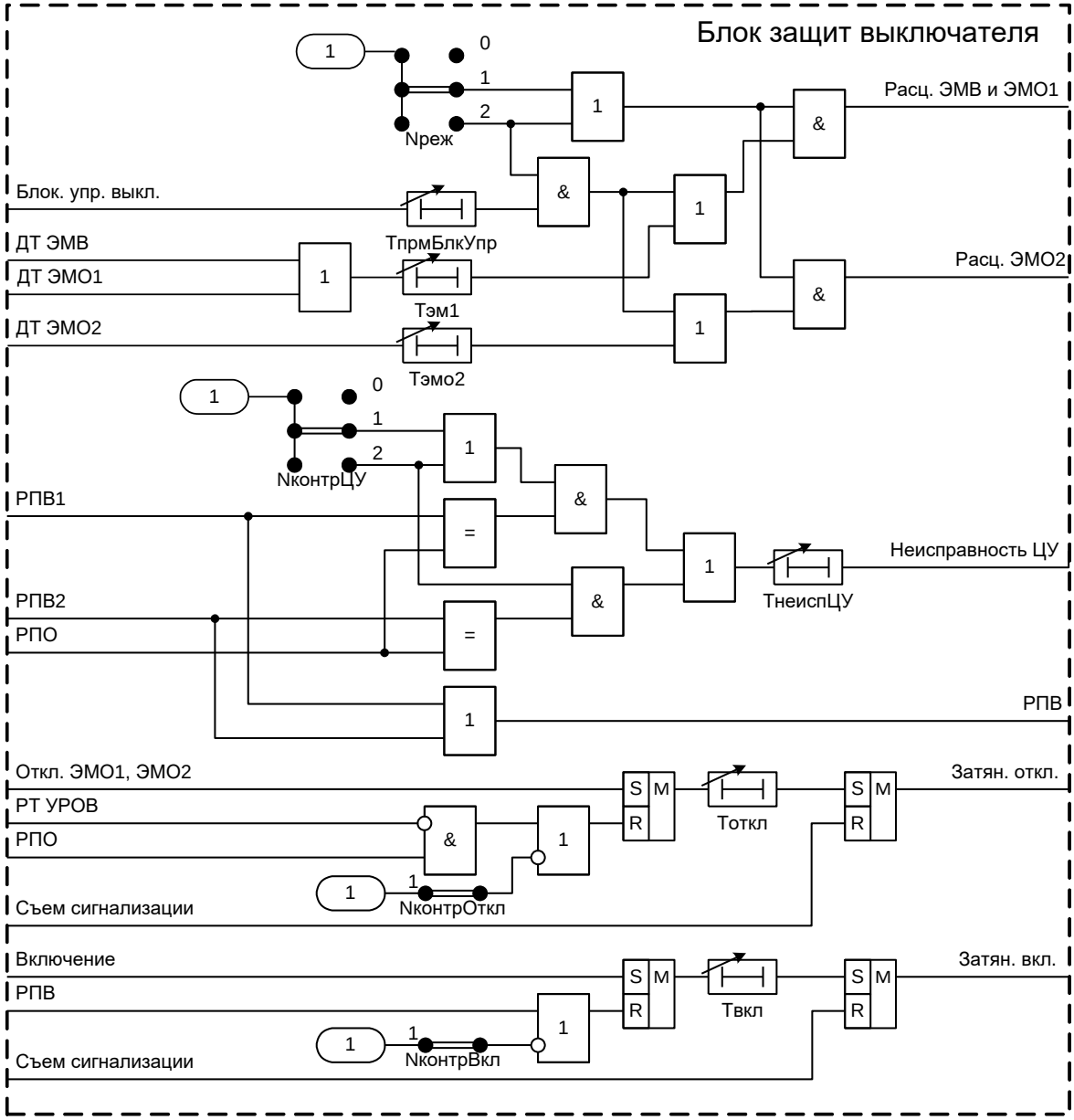


Рисунок 43 – Реализация программного модуля защит выключателя

1.2.11.2 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». В этом случае сигнал «РПО» необходимо формировать через последовательно соединенные блок-контакты выключателя.

При одновременном отсутствии или наличии сигналов «РПО» (отключенное состояние выключателя) и «РПВ» (включенное состояние выключателя) 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.

1.2.11.3 Защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока (Защита ЭМО и ЭМВ)

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»).

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.

1.2.11.4 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 37 – Уставки защит выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль целостности цепей управления (Контроль ЦУ)			
Контроль целостности цепей управления (0 – нет, 1 – РПВ1, 2 – РПВ1 & РПВ2)	NконтрЦУ	–	1
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
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)	1000
Выдержка времени сигнализации неисправностей 1, 2, 3 выключателя, мс	Тнеисп123	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени сигнализации неисправностей 4, 5, 6 выключателя, мс	Тнеисп456	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени сигнализации неисправностей 7, 8, 9 выключателя, мс	Тнеисп789	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени сигнализации неисправностей 10-12 выключателя, мс	Тнеисп10_12	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени сигнализации неисправностей 13-20 выключателя, мс	Тнеис13_20	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени сигнализации при блокировании включения, мс	ТнеиспБлк	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000

1.2.12 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)

1.2.12.1 Принцип работы

Функциональный блок УРОВ приведен на рисунке 44, его реализация приведена на рисунке 45.

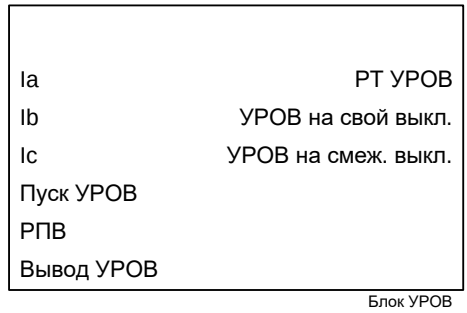


Рисунок 44 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 38 – 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 при срабатывании защит
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Вывод УРОВ	Вывод УРОВ
Логические выходы	
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на отключение своего выключатель
УРОВ на смеж. выкл.	Действие УРОВ на отключение смежных выключателей

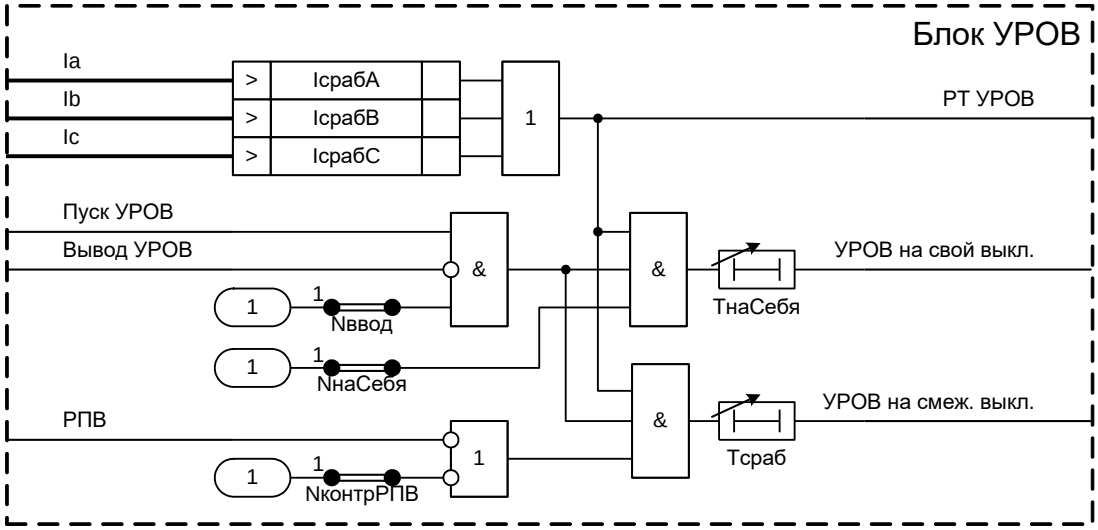


Рисунок 45 – Реализация программного модуля УРОВ

Устройство может включать функцию 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, отражаемые в сигнале «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 ток через выключатель протекает в течение времени, превышающего уставку «**ТнаСебя**».

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

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

Таблица 39 – 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

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

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

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

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

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

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

1.2.12.8 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 $I_{ном}$.

1.2.13 Автоматика управления выключателем (АУВ)

1.2.13.1 Контроль синхронизма и фазирование (КСиФ)

1.2.13.1.1 Принцип работы

Включение выключателя в режиме АПВ и при оперативном включении могут производиться с контролем синхронизма и фазированием (КСиФ). Основная задача КСиФ заключается в обеспечении очередности и безударности включения присоединения. Для этого КСиФ контролирует разность и уровень частот, разность фаз и уровень напряжений на присоединении ($\underline{U}_{ПР}$) и шинах ($\underline{U}_{Ш}$), как показано на рисунке 46. Здесь под присоединением понимается объект, соединенный с шиной: линия электропередачи, трансформатор или иной объект. При использовании устройства в качестве защиты и автоматики управления шиносоединительным выключателем в качестве напряжения присоединения используется напряжение со смежной системы шин.

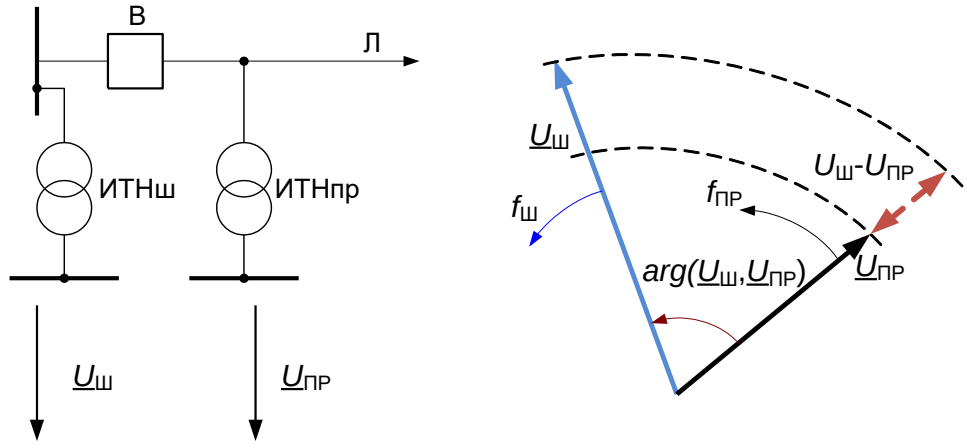


Рисунок 46 – Работа блока КСиФ

Функциональный блок КСиФ приведен на рисунке 47, его реализация приведена на рисунке 48. Сигнал разрешения включения формируется при появлении разрешающего сигнала от модулей КС, фазирования или контроля напряжения на присоединении и шинах.

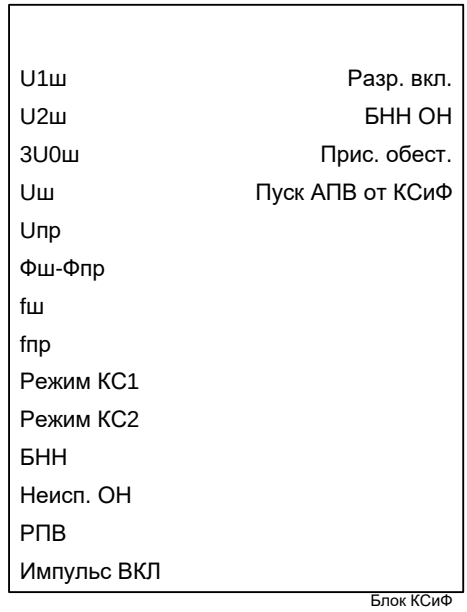


Рисунок 47 – Функциональный блок КСиФ

Таблица 40 – Входы и выходы функционального блока КСиФ

Аналоговые входы	
U1ш	Напряжение прямой последовательности на шине
U2ш	Напряжение обратной последовательности на шине
3U0ш	Утроенное напряжение нулевой последовательности на шине
Uш	Напряжение на шине
Uпр	Напряжение присоединения
Фш-Фпр	Расхождение углов напряжений присоединения и на шине
fш	Частота шины
fпр	Частота присоединения
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Режим КС1	Выбор режима АПВ (КС1)
Режим КС2	Выбор режима АПВ (КС2)
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Неисп. ОН	Неисправность цепей отбора напряжения
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя

Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Логические выходы	
Разр. вкл.	Разрешение включения выключателя
БНН ОН	Неисправность канала отбора напряжения
Прис. обест.	Присоединение обесточено
Пуск АПВ от КСиФ	Пуск АПВ от модуля КСиФ

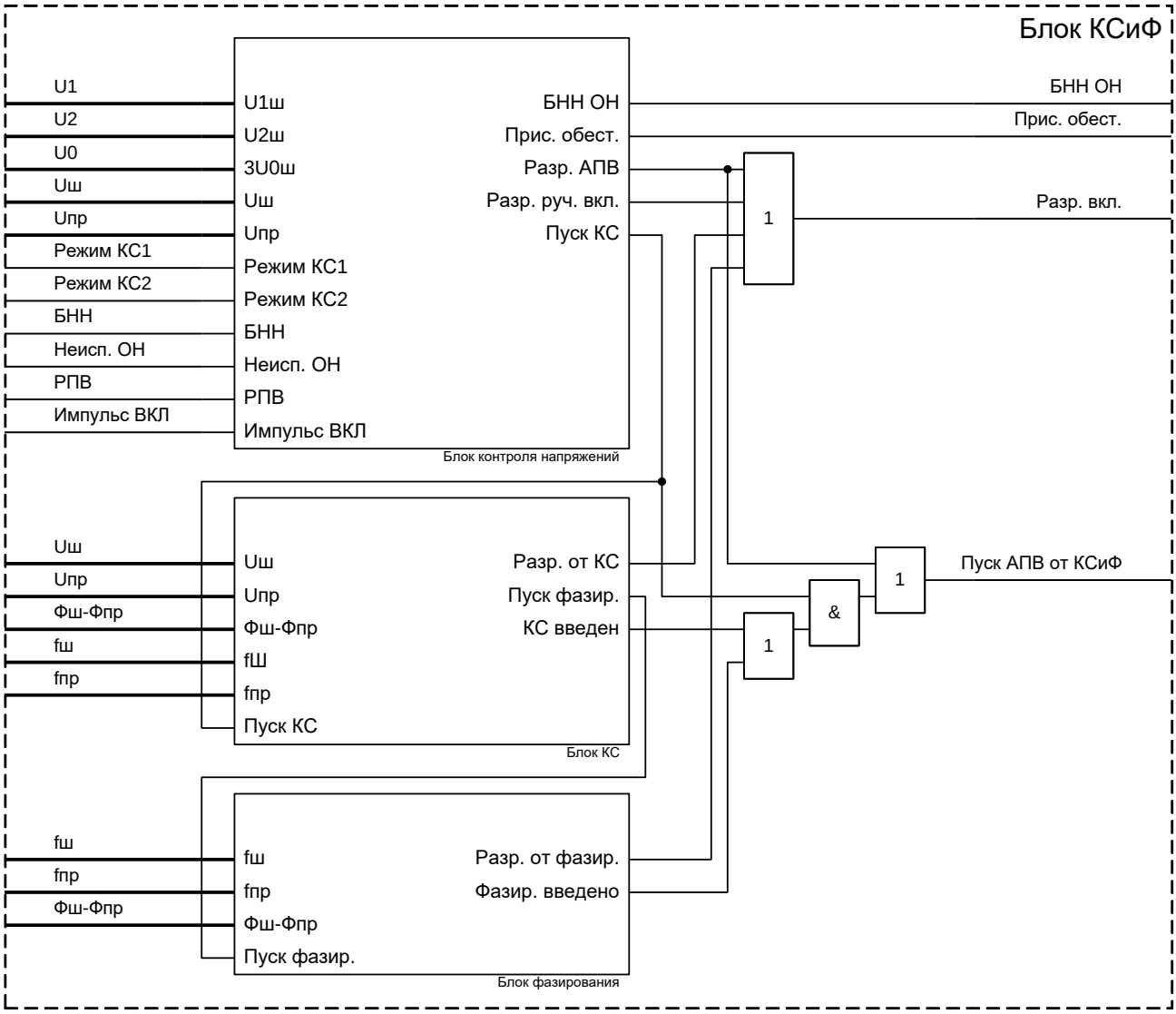


Рисунок 48 – Реализация программного модуля КСиФ

Для контроля напряжения на присоединении предусмотрены аналоговые входы напряжения и тока, использование которых определяется наличием первичного оборудования. Программной накладкой «**NUпр**» задается режим измерения напряжения на присоединении:

- «**NUпр**» = 0 – на присоединении установлен ШОН;
- «**NUпр**» = 1 – на присоединении установлен ИТН;
- «**NUпр**» = 2 – не предусмотрена установка ИТН или ШОН на присоединении (как правило, на тупиковых линиях).

Применяется статическая коррекция сигнала $\underline{I}_{\text{ШОН}}$ (измеряемого по каналу тока ШОН или напряжения присоединения) до соответствия напряжению шин по модулю и по углу

$$\underline{U}_{\text{ПР}} = \underline{I}_{\text{ШОН}} \times \text{K}U \times e^{j \times \text{Фсдвиг}},$$

где «**KU**» – уставка, коэффициент коррекции модуля;
«**Фсдвиг**» – уставка, фазовый сдвиг напряжения.

Для контроля напряжения шин одно из измеряемых фазных напряжений используется как базисное. Выбор фазы напряжения шин осуществляется программной накладкой «**NUш**». Несмотря на то, что возможно приведение напряжения присоединения к любой фазе напряжения шин, желательно выбирать напряжение с наименьшим расхождением аргументов.

Блок КСиФ содержит следующие модули:

- контроля уровня напряжений на присоединении и шинах;
- контроля синхронизма;
- улавливания синхронизма (модуль фазирования).

Сигнал «Пуск АПВ от КСиФ» предназначен для возможности пуска АПВ с контролем напряжения на шинах и присоединении. Это позволяет выполнять надежное опробование ЛЭП в цикле АПВ и не учитывать возможность неодновременного отключения КЗ с разных питающих концов ЛЭП.

Сигнал «Пуск АПВ от КСиФ» формируется при выполнении условий по напряжениям присоединения и шин модуля контроля напряжений в соответствии с заданным режимом.

В том случае, если наблюдаемые величины укладываются в допустимые пределы, формируется сигнал разрешения включения выключателя «Разр. вкл.».

Таблица 41 – Общие уставки КСиФ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Измерение напряжения присоединения для логики КСиФ (0 – ток ШОН, 1 – напряжение, 2 – без измер.)	NUпр	–	2
Напряжение на шинах для сравнения с напряжением на присоединении (0 – фаза А, 1 – фаза В, 2 – фаза С)	NUш	–	0
Коэффициент приведения номинального уровня напряжения присоединения к номинальному напряжению шин, о.е.	KU	от 0,01 до 100 (шаг 0,0001)	1
Фазовый сдвиг напряжения присоединения, градус	Фсдвиг	от 0 до 360 (шаг 1)	0

1.2.13.1.2 Контроль напряжений

1.2.13.1.2.1 Принцип работы

Функциональный блок контроля напряжения приведен на рисунке 49, его реализация приведена на рисунке 50.

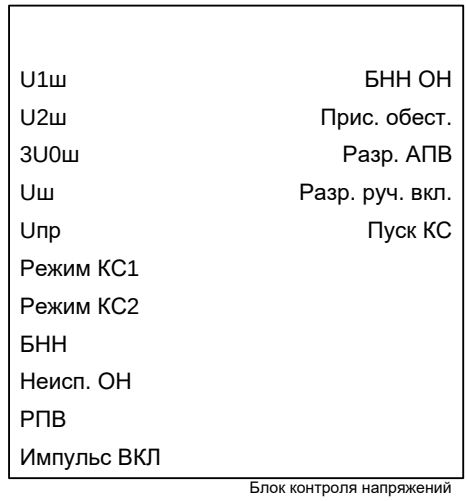


Рисунок 49 – Функциональный блок контроля напряжений

Таблица 42 – Входы и выходы функционального блока контроля напряжений

Аналоговые входы	
U1ш	Напряжение прямой последовательности на шине
U2ш	Напряжение обратной последовательности на шине
3U0ш	Утроенное напряжение нулевой последовательности на шине
Uш	Напряжение на шине
Uпр	Напряжение присоединения
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Режим КС1	Выбор режима АПВ (КС1)
Режим КС2	Выбор режима АПВ (КС2)
Неисп. ОН	Неисправность цепей отбора напряжения
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Логические входы	
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Логические выходы	
БНН ОН	Неисправность канала отбора напряжения
Прис. обесточено	Присоединение обесточено
Разр. АПВ	Разрешение АПВ
Разр. руч. вкл.	Разрешение ручного включения
Пуск КС	Пуск контроля синхронизма

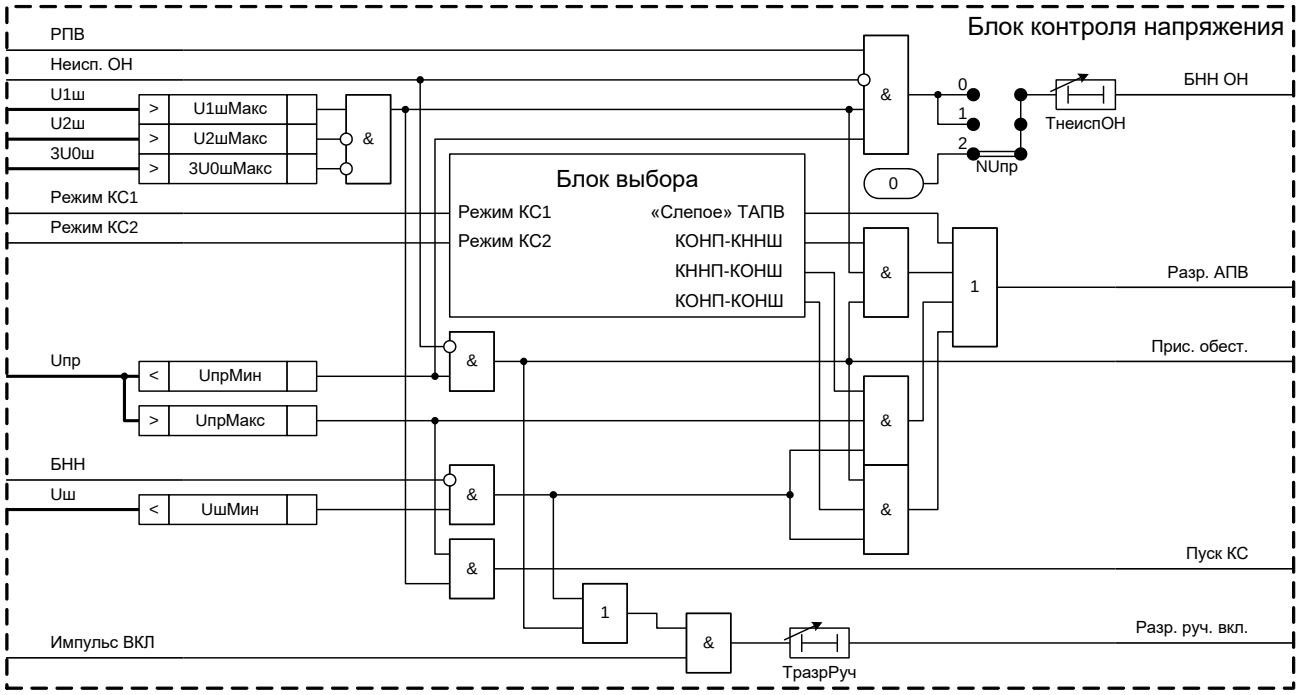


Рисунок 50 – Реализация программного модуля контроля напряжения

Режим контроля напряжений определяется положением ключа «Режим АПВ», который формирует сигналы «Режим КС1» и «Режим КС2». На основании этих сигналов в соответствии с таблицей 43 выбирается номер активной программной накладки.

Таблица 43 – Оперативный выбор режима АПВ

Положение ключа	Значение сигнала «Режим КС1»	Значение сигнала «Режим КС2»	Активная накладка
1	0	0	«**NрежТАПВ1**»
2	1	0	«**NрежТАПВ2**»
3	0	1	«**NрежТАПВ3**»
4	1	1	«**NрежТАПВ4**»

Каждая из программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**», «**NрежТАПВ4**» задает режим АПВ; расшифровка их значений приведена в таблице 44. Функция контроля и улавливания синхронизма действует независимо от значений программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**» и «**NрежТАПВ4**», так как позволяет производить безударное включение присоединения.

Таблица 44 – Режимы АПВ

Значение накладки	«Слепое АПВ»	КОНП–КННШ	КННП–КОНШ	КОНП–КОНШ	Контроль синхронизма
0	+				
1		+			+
2			+		+
3		+	+		+
4				+	+
5		+		+	+
6			+	+	+
7		+	+	+	+
8					+

Примечание – В таблице использована следующая терминология:

«Слепое АПВ» – включение без контроля уровня напряжения на присоединении и шинах (несинхронное включение);

«КННП»/«КОНП» – включение при наличии/отсутствии напряжения на присоединении;

«КННШ»/«КОНШ» – включение при наличии/отсутствии напряжения на шинах.

Для контроля высокого уровня и симметрии напряжений на шинах предусмотрены три ИО. ИО «**U1шМакс**» контролирует уровень напряжения прямой последовательности, «**U2шМакс**» – уровень напряжения обратной последовательности, а «**3U0шМакс**» – уровень утроенного напряжения нулевой последовательности. Для того чтобы отключить контроль симметрии напряжений (оставив контроль уровня), уставки «**U2шМакс**» и «**3U0шМакс**» необходимо выставить равными максимальному возможному значению.

Для контроля низкого уровня напряжения на шинах предусмотрен один ИО минимального действия «**UшМин**», реагирующий на понижения уровня выбранного напряжения шин.

Функция контроля напряжения шин автоматически блокируются, если обнаружена неисправность в цепях напряжения (сигнал «БНН»).

Для контроля высокого и низкого уровней напряжения на присоединении предусмотрены два ИО «**UпрМакс**» и «**UпрМин**», максимального и минимального действия соответственно.

При одновременном срабатывании максимальных ИО напряжения линии и шин происходит пуск блока контроля синхронизма.

Оперативное включение выключателя (сигнал «Разр. руч. вкл.») разрешено при наличии только одного из напряжений.

Формируется сигнал неисправности измерительных цепей отбора напряжения («БНН ОН»), если выключатель включен, а напряжение со стороны присоединения понижено. Устройство принимает внешний дискретный сигнал «Неисп. ОН» и выводит из

работы соответствующие цепи контроля напряжения. Задержка на формирование сигнала неисправности измерительных цепей ОН определяется уставкой «**ТнеиспОН**». Данная логика выводится из работы при отсутствии первичного оборудования измерения напряжения присоединения («**NUпр**» = 2).

Задержка на формирование сигнала разрешения включения при появлении команды оперативного включения (сигнал «Разр. руч. вкл.») определяется уставкой «**ТразрРуч**».

В случае, если измерение напряжения присоединения не предусмотрено («**NUпр**» = 2), при проектировании необходимо учитывать следующие ограничения:

- использование сигнализации по напряжению присоединения (сигналы «Неисп. ОН», «Прис. обест.» и «БНН ОН») не допускается;
- использование режима АПВ с контролем наличия напряжения на присоединении (КННП) не допускается;
- использование устройства на линиях, питающих тяговые ПС, где возможен эффект обратной трансформации напряжения не допускается;
- в случае, если присоединение находится под напряжением и выключатель отключен, ручное включение выключателя и АПВ в режиме контроля отсутствия напряжения на присоединении может оказаться несинхронным.

Таблица 45 – Уставки модуля контроля напряжения присоединения и шин

Наименование уставки		Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение на шинах, сигнализирующее об отсутствии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		UшМин	от 10 до 90 (шаг 1)	30
Напряжение прямой последовательности на шинах, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		U1шМакс	от 70 до 100 (шаг 1)	80
Напряжение обратной последовательности на шинах для контроля симметрии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		U2шМакс	от 2 до 40 (шаг 1)	30
Утроенное напряжения нулевой последовательности на шинах для контроля симметрии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		3U0шМакс	от 6 до 120 (шаг 1)	20
Напряжение на присоединении, сигнализирующее об отсутствии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		UпрМин	от 10 до 80 (шаг 1)	30
Напряжение на присоединении, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		UпрМакс	от 70 до 100 (шаг 1)	80
Режим ТАПВ для положения №1 ключа «Режим ТАПВ»	0 – «Слепое» АПВ, 1 – КОНП и КННШ, 2 – КННП и КОНШ 3 – КОНП и КННШ или КННП и КОНШ 4 – КОНП и КОНШ 5 – КОНП и КННШ или КОНП и КОНШ 6 – КННП и КОНШ или КОНП и КОНШ 7 – КОНП и КННШ или КННП и КОНШ или КОНП и КОНШ 8 – КННП и КННШ	NрежТАПВ1	–	0
Режим ТАПВ для положения №2 ключа «Режим ТАПВ»		NрежТАПВ2	–	1
Режим ТАПВ для положения №3 ключа «Режим ТАПВ»		NрежТАПВ3	–	2
Режим ТАПВ для положения №4 ключа «Режим ТАПВ»		NрежТАПВ4	–	3
Выдержка времени для выдачи в цепи сигнализации неисправности цепей напряжения со стороны присоединения, мс		ТнеиспОН	от 500 до 2000 (шаг 1)	1000

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на разрешение ручного включения при отсутствии напряжения на присоединении или шинах, мс	ТразрРуч	от 20 до 1000 (шаг 1)	100
Примечание – В таблице использована следующая терминология: «Слепое» АПВ – включение без контроля уровня напряжения на присоединении и шинах (несинхронное включение); «КННП»/«КОНП» – включение при наличии/отсутствии напряжения на присоединении; «КННШ»/«КОНШ» – включение при наличии/отсутствии напряжения на шинах.			

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

1.2.13.1.2.3 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.

1.2.13.1.2.4 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.

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

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

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

1.2.13.1.3 Контроль синхронизма (КС)

1.2.13.1.3.1 Принцип работы

Модуль КС выдаёт сигнал разрешения включения, когда напряжение на присоединении и шинах близки по частоте и уровню и разность фаз между векторами напряжений присоединения и шин не превышает уставку.

Функциональный блок КС приведен на рисунке 51, его реализация приведена на рисунке 52.

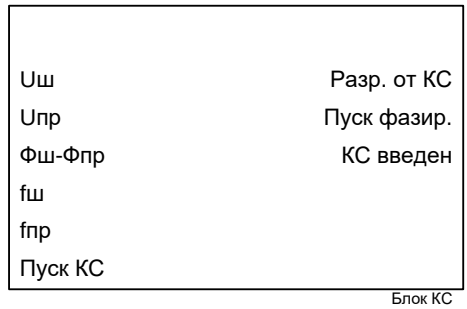


Рисунок 51 – Функциональный блок КС

Таблица 46 – Входы и выходы функционального блока КС

Аналоговые входы	
Uш	Напряжение на шине
Uпр	Напряжение присоединения
Фш-Фпр	Расхождение углов напряжений присоединения и на шине
fш	Частота шины
fпр	Частота присоединения
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск КС	Пуск контроля синхронизма

Логические выходы	
Разр. от КС	Разрешение включения от контроля синхронизма
Пуск фазир.	Пуск фазирования (улавливания синхронизма)
КС введен	Модуль контроля синхронизма введен

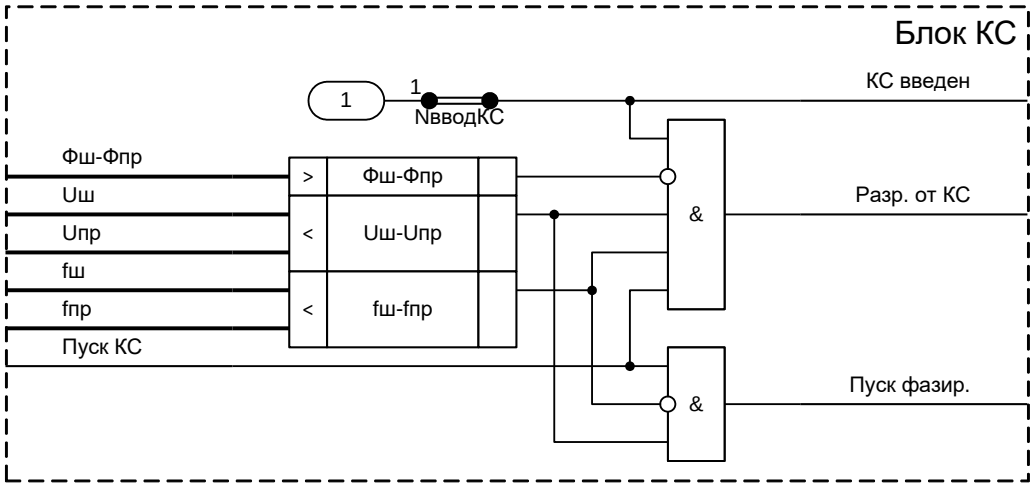


Рисунок 52 – Реализация программного модуля КС

ИО «**fш-fпр**», «**Uш-Uпр**» и «**Фш-Фпр**» контролируют разность частот, модулей и фаз напряжений на шинах и на присоединении соответственно.

Если разность частот превышает уставку, то безударное включение с контролем (ожиданием) синхронизма невозможно, запускается модуль фазирования.

Пуск АПВ от КС осуществляется для возможности безударного включения по упрощенной схеме без использования ИО разности частоты и без использования модуля фазирования. Уставка «**fш-fпр**» в этом случае может быть задана максимальной. Безударность включения при этом достигается за счет выполнения условий синхронизма напряжений по модулю и углу в течение всего времени цикла АПВ.

Функция КС может вводиться в работу при помощи программной накладки «**NвводКС**».

Обычно в сетях 6-35 кВ АПВ происходит только с контролем напряжения на шинах без контроля напряжения присоединения и синхронизма. В этом случае накладку «**NвводКС**» необходимо выставить равной нулю. Поскольку в этом случае ток от ШОН не заводится, то уставку «**UпрМин**» необходимо выставить в 80 %, уставку «**UпрМакс**» в 90 %. Накладку «**NрежТАПВ1**» выставить равной 1. Если ещё требуется режим «слепого» АПВ, то накладку «**NрежТАПВ2**» выставить равной нулю.

Таблица 47 – Уставки КС

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Максимально допустимое расхождение модулей напряжений присоединения и шин для проведения ТАПВ, % от $U_{ф.ном}$	Uш-Uпр	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Максимально допустимое расхождение углов напряжений присоединения и шин для проведения ТАПВ с контролем синхронизма, градус	Фш-Фпр	от 5 до 75 (шаг 1)	45
Максимально допустимое расхождение частот присоединения и шин для проведения ТАПВ с контролем синхронизма, Гц	fш-fпр	от 0,05 до 0,4 (шаг 0,01)	0,2
Работа КС (0 – нет, 1 – да)	NвводКС	–	1

1.2.13.1.3.1 Время срабатывания минимального ИО «**Uш-Uпр**» не превышает 80 мс при сбросе напряжения от 3 $U_{сраб}$ до нуля.

1.2.13.1.3.2 Время возврата минимального ИО «**Uш-Uпр**» не превышает 15 мс при подаче соответствующего трехкратного напряжения срабатывания 3 $U_{срab}$.

1.2.13.1.3.3 Прочие точностные параметры ИО «**Uш-Uпр**» аналогичны приведенным в 1.2.13.1.2.2-1.2.13.1.2.5.

1.2.13.1.3.4 Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на угол расхождения фаз, не превышает ±3º, погрешность нормируется для нулевого времени включения выключателя.

1.2.13.1.3.5 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на угол расхождения фаз, при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5º от среднего значения параметра, измеренного при температуре (20±5) °С.

1.2.13.1.3.6 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на угол расхождения фаз, при изменении частоты в диапазоне от 0,98 до 1,02 $f_{ном}$ не превышает ±5º от среднего значения, определенного при номинальной частоте.

1.2.13.1.3.7 Время срабатывания ИО, реагирующих на разность фаз напряжений присоединения и шин, не превышает 25 мс при скачкообразном изменении угла между векторами напряжения от 0º до 90º.

1.2.13.1.3.8 Время возврата ИО, реагирующих на разность фаз напряжений присоединения и шин, не превышает 45 мс при скачкообразном изменении угла между векторами напряжения от 90º до 0º.

1.2.13.1.3.9 Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на разность частот напряжений шин и присоединения, не превышает ±0,02 Гц.

1.2.13.1.3.10 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на разность частот напряжений шин и присоединения, при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±0,02 Гц от среднего значения параметра, измеренного при температуре (20±5) °С.

1.2.13.1.3.11 Время срабатывания минимальных ИО, реагирующих на разность частот шин и линии или на отклонение частоты от номинальной, не превышает 120 мс при изменении разности частот от нуля до 3 d$f_{уст}$.

1.2.13.1.3.12 Время возврата минимальных ИО, реагирующих на разность частот шин и линии или на отклонение частоты от номинальной, не превышает 80 мс при изменении разности частот от 3 d$f_{уст}$ до нуля.

1.2.13.1.4 Фазирование (улавливание синхронизма)

1.2.13.1.4.1 Принцип работы

Модуль фазирования позволяет синхронизировать две энергосистемы, работающие на разных частотах. Подбирается такой момент подачи сигнала включения, чтобы в момент включения выключателя угол между напряжениями энергосистем был минимальным.

Функциональный блок фазирования приведен на рисунке 53, его реализация приведена на рисунке 54.

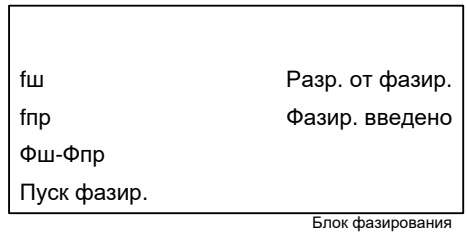


Рисунок 53 – Функциональный блок фазирования

Таблица 48 – Входы и выходы функционального блока фазирования

Аналоговые входы	
fш	Частота шины
fпр	Частота присоединения
Фш-Фпр	Расхождение углов напряжений присоединения и на шине

Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск фазир.	Пуск фазирования (улавливания синхронизма)
Логические выходы	
Разр. от фазир.	Разрешение включения от модуля фазирования
Фазир. введено	Модуль фазирования (улавливания синхронизма) введен

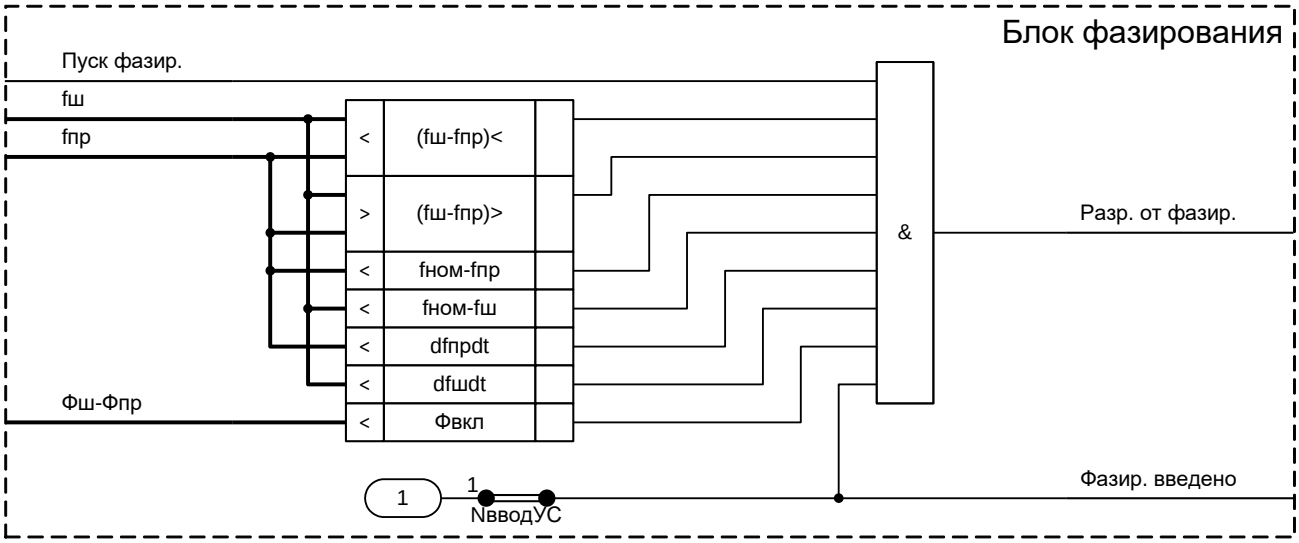


Рисунок 54 – Реализация программного модуля фазирования

Минимальный ИО частоты «**fном-fпр**» контролирует отклонение частоты напряжения присоединения от номинальной. Минимальное реле частоты «**fном-fш**» контролирует отклонение частоты напряжения шин от номинальной.

Максимальный «**(fш-fпр)>**» и минимальный «**(fш-fпр)<**» ИО частоты фиксируют допустимую разность частот на присоединении и шинах для работы модуля фазирования.

ИО минимального действия «**dfпрdt**» и «**dfшdt**» контролируют скорость изменения частоты напряжения присоединения и шин соответственно.

ИО «**Фвкл**» носит предсказательный характер и контролирует величину угла между векторами напряжений на присоединении и шинах в будущем, через время включения выключателя. Время включения выключателя задаётся уставкой «**ТвклВыкл**». Максимально допустимое расхождение углов напряжений присоединения и шин при включении задаётся уставкой «**Фш-Фпр**».

Модуль фазирования может быть введен в работу при помощи программной накладки «**NвводУС**».

Таблица 49 – Уставки модуля фазирования (улавливания синхронизма)

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Максимально допустимое расхождение углов напряжений присоединения и шин для проведения ТАПВ с улавливанием синхронизма, градус	Фш-Фпр	от 2 до 60 (шаг 1)	20
Минимально допустимое расхождение частот присоединения и шин для проведения ТАПВ с улавливанием синхронизма, Гц	(fш-fпр)>	от 0,05 до 0,5 (шаг 0,01)	0,05
Максимально допустимое расхождение частот присоединения и шин для проведения ТАПВ с улавливанием синхронизма, Гц	(fш-fпр)<	от 0,05 до 5 (шаг 0,01)	2,5
Максимально допустимая скорость изменения частоты для проведения ТАПВ с улавливанием синхронизма, Гц/с	dfdt	от 0,15 до 2 (шаг 0,01)	1,5

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Максимальное допустимое отклонение частот от номинального значения для проведения ТАПВ с улавливанием синхронизма, Гц	fном-f	от 0,05 до 5 (шаг 0,01)	2,5
Работа модуля улавливания синхронизма (0 – нет, 1 – да)	NвводУС	–	0
Время включения выключателя, мс	ТвклВыкл	от 20 до 500 (шаг 1)	80

1.2.13.1.4.2 Все точностные параметры ИО, реагирующих на отклонение частоты, аналогичны приведенным в 1.2.13.1.3.9, 1.2.13.1.3.10.

1.2.13.1.4.3 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО, реагирующих на разность частот шин и присоединения или на отклонение частоты от номинальной, не превышает 60 мс при изменении разности частот от нуля до 3 $df_{уст}$.

1.2.13.1.4.4 Время возврата (срабатывания) максимальных (минимальных) ИО, реагирующих на разность частот шин и присоединения или на отклонение частоты от номинальной, не превышает 80 мс при изменении разности частот от 3 $df_{уст}$ до нуля.

1.2.13.1.4.5 Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО скорости изменения частоты не превышает ±0,15 Гц/с.

1.2.13.1.4.6 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО скорости изменения частоты при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±0,15 Гц/с от среднего значения параметров, измеренных при температуре (20±5) °С.

1.2.13.1.4.7 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, не превышает 120 мс при изменении скорости изменения частоты от нуля до 3 $f_{сраб}$.

1.2.13.1.4.8 Время возврата (срабатывания) всех ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, не превышает 135 мс при изменении скорости изменения частоты от 3 $f_{сраб}$ до нуля.

1.2.13.2 Трехфазное автоматическое повторное включение (ТАПВ)

1.2.13.2.1.1 Принцип работы

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

Работа ТАПВ разрешается сигналом от модуля КСиФ.

Модуль фиксации несоответствия (УФН), логика работы которого приведена на рисунке 55, обнаруживает и запоминает несоответствие между ключом управления и истинным состоянием выключателя. Команда «отключить», поступающая от оперативного переключателя, сбрасывает состояние УФН, пуск ТАПВ не разрешается.

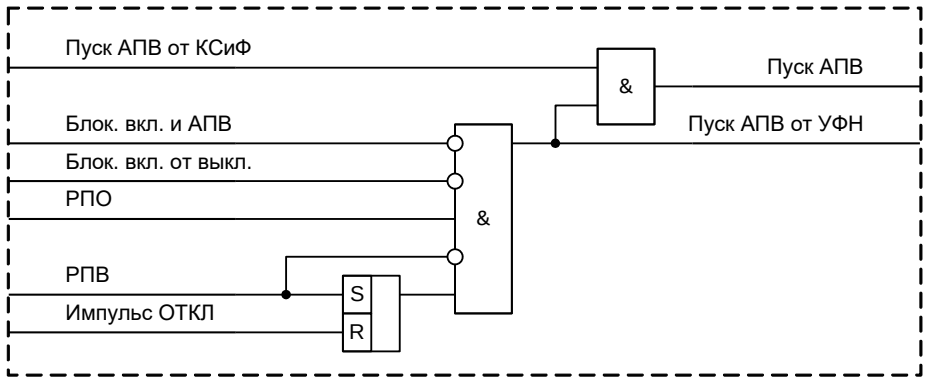


Рисунок 55 – Узел фиксации положения выключателя и фиксации несоответствия

Пуск ТАПВ осуществляется при несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя и соблюдении условий пуска АПВ от модуля КСиФ.

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.

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

1.2.13.2.2 ТАПВ присоединения

1.2.13.2.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ присоединения приведен на рисунке 56.

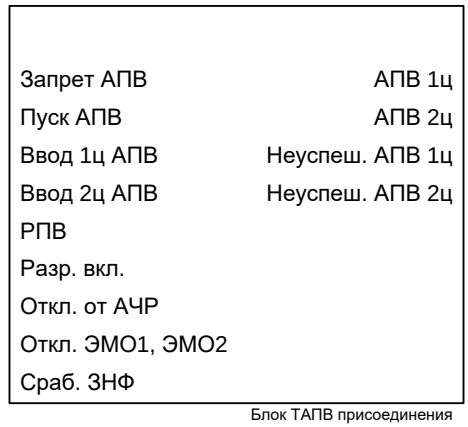


Рисунок 56 – Функциональный блок ТАПВ присоединения

Таблица 50 – 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 и КСиФ
Ввод 1ц АПВ	Ввод первого цикла АПВ
Ввод 2ц АПВ	Ввод второго цикла АПВ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Откл. от АЧР	Отключение выключателя от АЧР
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 и соблюдении условий пуска АПВ от модуля КСиФ (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 51 – 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

1.2.13.2.3 ТАПВ шин

1.2.13.2.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ шин приведен на рисунке 57.

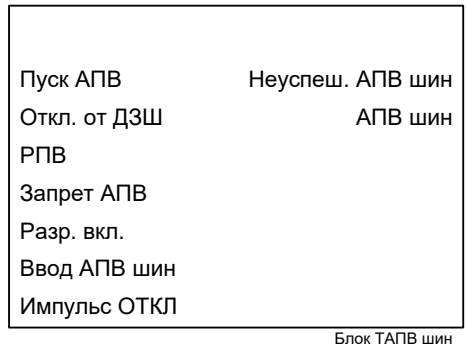


Рисунок 57 – Функциональный блок ТАПВ шин

Таблица 52 – Входы и выходы функционального блока ТАПВ шин

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск АПВ	Пуск АПВ от УФН и КСиФ
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, несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя и соблюдении условий пуска АПВ от модуля КСиФ (сигнал «Пуск АПВ»). При этом ТАПВ присоединения

запрещается. В том случае, если в течении времени «**Тгот**» после проведения ТАПВ шин ДЗШ сработает повторно, сформируется сигнал «Неуспеш. 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**».

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

Таблица 53 – 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

1.2.13.2.4 ЧАПВ

1.2.13.2.4.1 Принцип работы

Функциональный блок ЧАПВ приведен на рисунке 58.

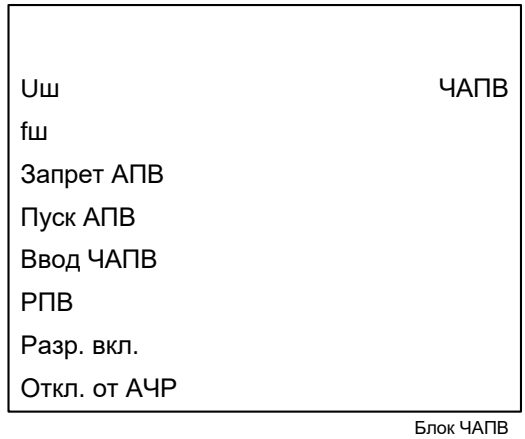


Рисунок 58 – Функциональный блок ЧАПВ

Таблица 54 – Входы и выходы функционального блока ЧАПВ

Аналоговые входы	
Uш	Напряжение на шине
fш	Частота шин
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Пуск АПВ	Пуск АПВ от УФН и КСиФ
Ввод ЧАПВ	Ввод ЧАПВ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Откл. от АЧР	Отключение выключателя от АЧР
Логические выходы	
ЧАПВ	Включение выключателя от ЧАПВ

Пуск ЧАПВ формируется при отключении выключателя от автоматики частотной разгрузки, наличии сигнала «Разрешение ЧАПВ», несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя и соблюдении условий пуска АПВ от модуля КСиФ (сигнал «Пуск АПВ»).

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

Длительность цикла ЧАПВ определяется уставкой «**Тсраб**».

ИО отклонения частоты сети от номинальной величины («**f-fном**») разрешает проведение ЧАПВ только после восстановления частоты до уровня, близкого к номинальному.

Таблица 55 – Уставки ЧАПВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение работы ЧАПВ, % от $U_{ф.ном}$	Uмин	от 20 до 100 (шаг 1)	50
Максимальное допустимое отклонение частоты от номинала для проведения ЧАПВ, Гц	f-fном	от 0,05 до 5 (шаг 0,01)	1
Время готовности ЧАПВ, мс	Тгот	от 500 до 32000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени ЧАПВ, мс	Тсраб	от 500 до 3000000 (шаг 1)	1000

1.2.13.3 Модуль включения выключателя (Модуль включения)

1.2.13.3.1 Принцип работы

Модуль включения выключателя формирует сигналы на электромагниты включения выключателя при появлении команд оперативного включения, сигналов включения от ТАПВ и внешних сигналов.

Функциональный блок модуля включения выключателя приведен на рисунке 59, его реализация приведена на рисунке 60.

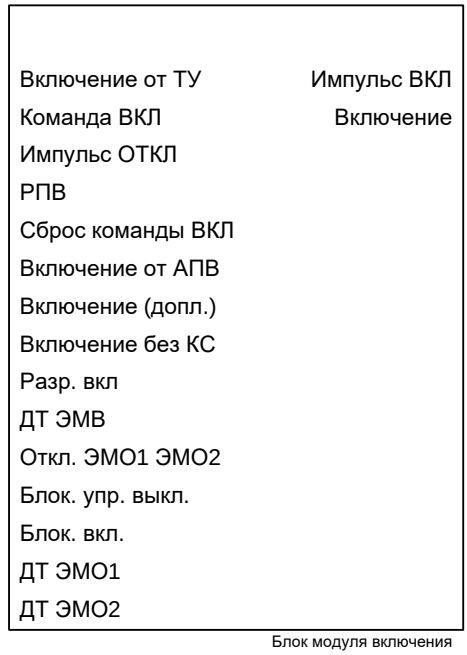


Рисунок 59 – Функциональный блок модуля включения выключателя

Таблица 56 – Входы и выходы функционального блока модуля включения выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Включение от ТУ	Включение выключателя от телеуправления
Команда ВКЛ	Включение выключателя от КУ
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Сброс команды ВКЛ	Сброс команды на включение выключателя от КУ
Включение от АПВ	Включение выключателя от АПВ
Включение (допл.)	Дополнительный сигнал включения выключателя
Включение без КС	Включение выключателя без контроля сигнала разрешения от модуля КСиФ
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

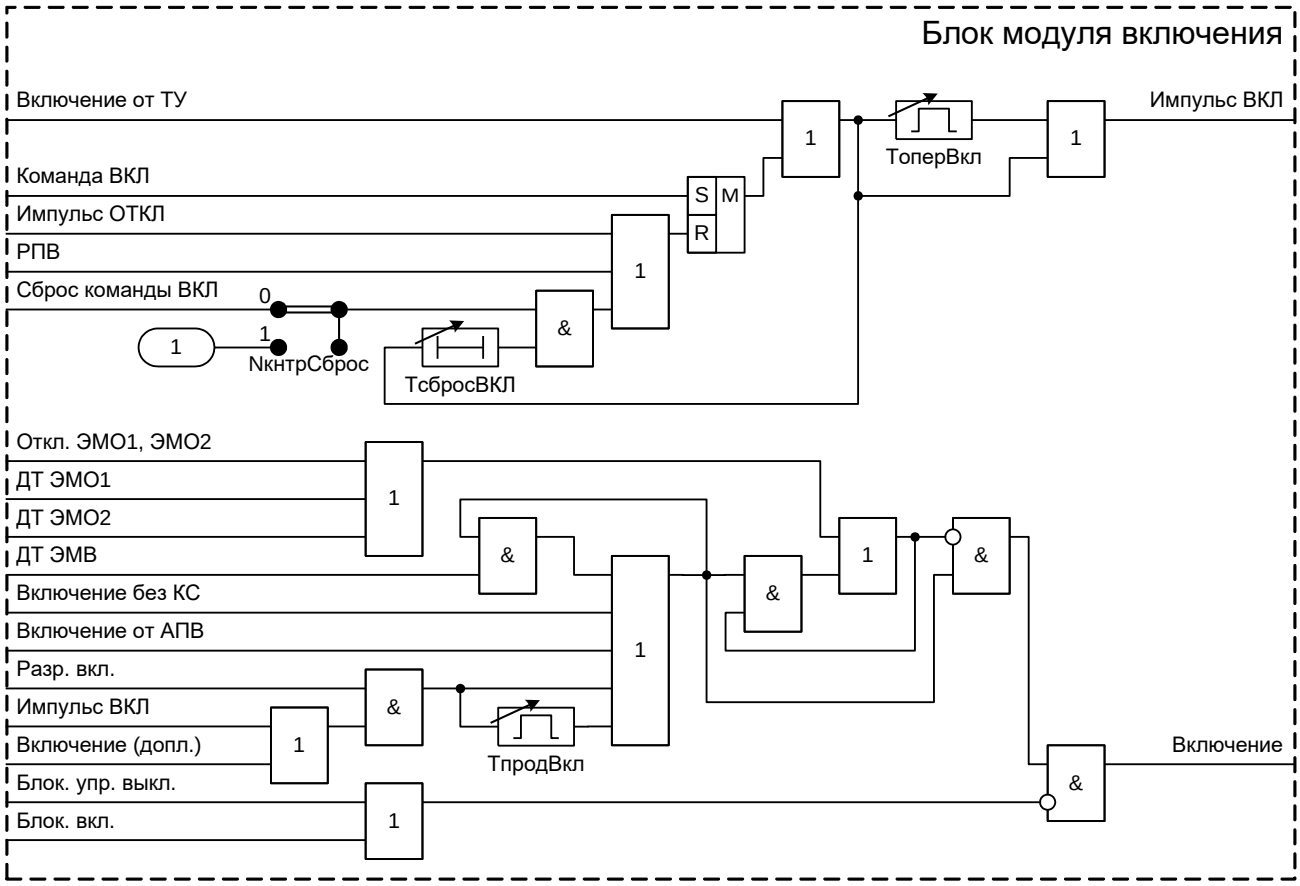


Рисунок 60 – Реализация программного модуля включения выключателя

Оперативное включение выключателя по сигналу «Команда ВКЛ» фиксируется на RS-триггере. Это позволяет дождаться необходимых условий включения от модулей контроля синхронизма и фазирования, которые содержатся в сигнале «Разр. вкл.». Сброс команды осуществляется либо по появлению команды оперативного отключения

(«Импульс ОТКЛ»), либо по факту включения выключателя («РПВ»). При этом дополнительно реализована возможность блокирования команды на включение по появлению дискретного сигнала «Сброс команды ВКЛ» либо автоматически по происшествии времени, задаваемого таймером «**ТсбросВкл**». Тот или иной вариант выбирается с помощью программной накладки «**NкнтрСброс**».

Для формирования сигнала на включение выключателя без контроля разрешающего сигнала от логики КСиФ предусмотрен сигнал «Включение без КС».

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.

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

Минимальная длительность команды включения от оперативного ключа и по каналам телеуправления определяется уставкой «**ТоперВкл**». Минимальная длительность команды включения от оперативного ключа и по каналам телеуправления определяется уставкой «**ТоперВкл**». Действие на включение выключателя от импульса включения и сигнала «Включение (допл.)» выполняется с минимальной длительностью «**ТпродВкл»** после выполнения условий КСиФ.

Таблица 57 – Уставки модуля включения выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сброс команды ВКЛ (0 – по сигналу, 1 – постоянно)	NкнтрСброс	–	0
Максимальное время действия команды включения, мс	ТсбросВкл	от 50 до 3000 (шаг 1)	150
Длительность команды на включение выключателя от ключа управления (телеуправления), мс	ТоперВкл	от 100 до 5000 (шаг 1)	150
Продление сигнала на включение выключателя от КСиФ, мс	ТпродВкл	от 100 до 500 (шаг 1)	150

1.2.14 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения)

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, основной защиты объекта, защит терминала);
- защита от непереключения фаз («ЗНФ»).

Функциональный блок модуля отключения выключателя приведен на рисунке 61, его реализация приведена на рисунке 62.

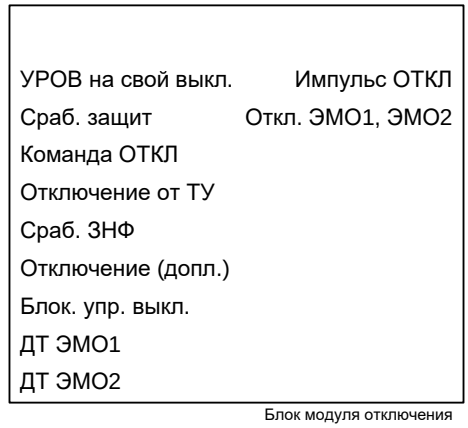


Рисунок 61 – Функциональный блок модуля отключения выключателя

Таблица 58 – 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	Сигнал срабатывания защит на отключение
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

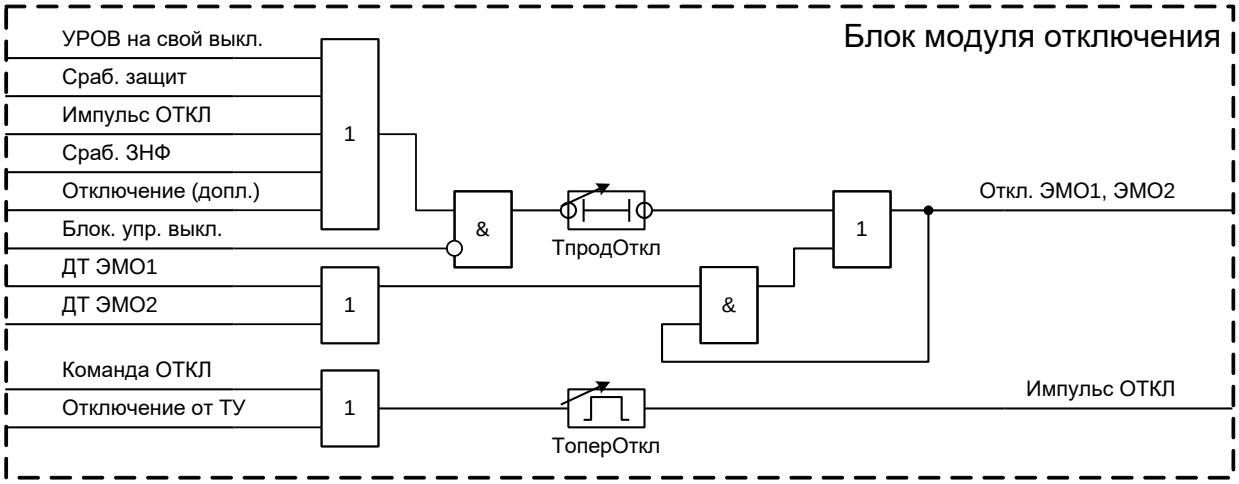


Рисунок 62 – Реализация программного модуля отключения выключателя

Предусмотрен подхват действия на электромагниты отключения выключателя при срабатывании 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 59 – 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

1.2.15 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ)

1.2.15.1 Принцип работы

Функциональный блок узла фиксации положения выключателя приведен на рисунке 63, его реализация приведена на рисунке 64.

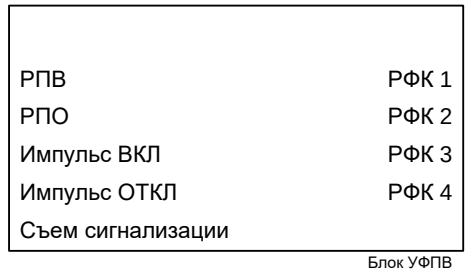


Рисунок 63 – Функциональный блок УФПВ

Таблица 60 – 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 ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Съем сигнализации	Съем сигнализации устройства
Логические выходы	
РФК1	РФК1
РФК2	РФК2
РФК3	РФК3
РФК4	РФК4

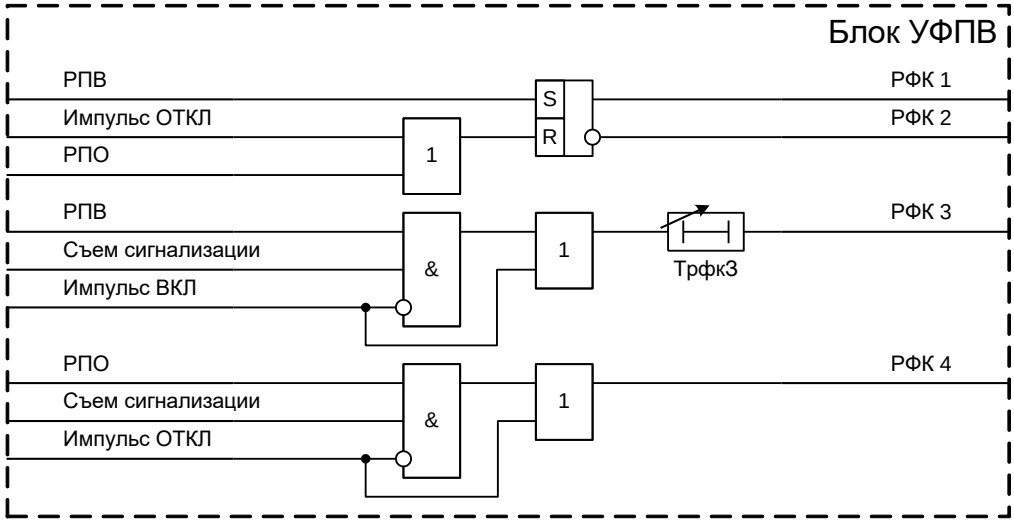


Рисунок 64 – Реализация программного модуля УФПВ

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

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 61 – Уставки УФПВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на формирование сигнала «РФК3», мс	Трфк3	от 5 до 1000 (шаг 1)	150

1.2.16 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ)

1.2.16.1 Принцип работы

Функциональный блок МКРВ приведен на рисунке 65.

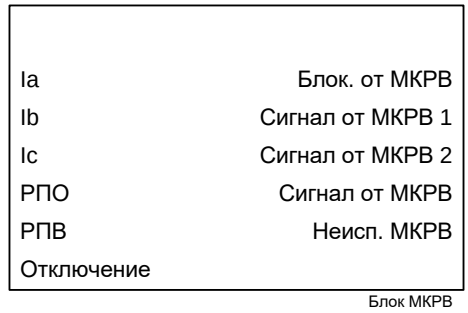


Рисунок 65 – Функциональный блок МКРВ

Таблица 62 – Входы и выходы функционального блока МКРВ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Отключение	Отключение выключателя
Логические выходы	
Блок. от МКРВ	Блокировка включения от МКРВ
Сигнал от МКРВ1	Сигнал от МКРВ 1
Сигнал от МКРВ2	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), который оценивается по числу произведенных коммутаций выключателя;
- остаточный коммутационный ресурс выключателя (КРВ), который 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.

1.2.16.2 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. Оно может быть обеспечено при:

- периодической смазке наружных трущихся частей и подтягивания крепежа после выполнения выключателем каждых 1000 циклов;
- смазке трущихся частей, незначительной периодической регулировке контактных давлений, демпферных устройств и т.п. и, при необходимости, замене быстроизнашивающихся деталей (сборочных единиц) запасными частями, входящими в комплект выключателя (например, уплотнений, скользящих контактов и т.п.) после выполнения выключателем каждых 2000 циклов.

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 %.

1.2.16.3 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 66), так и двумя точками (рисунок 67) 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 67, 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.

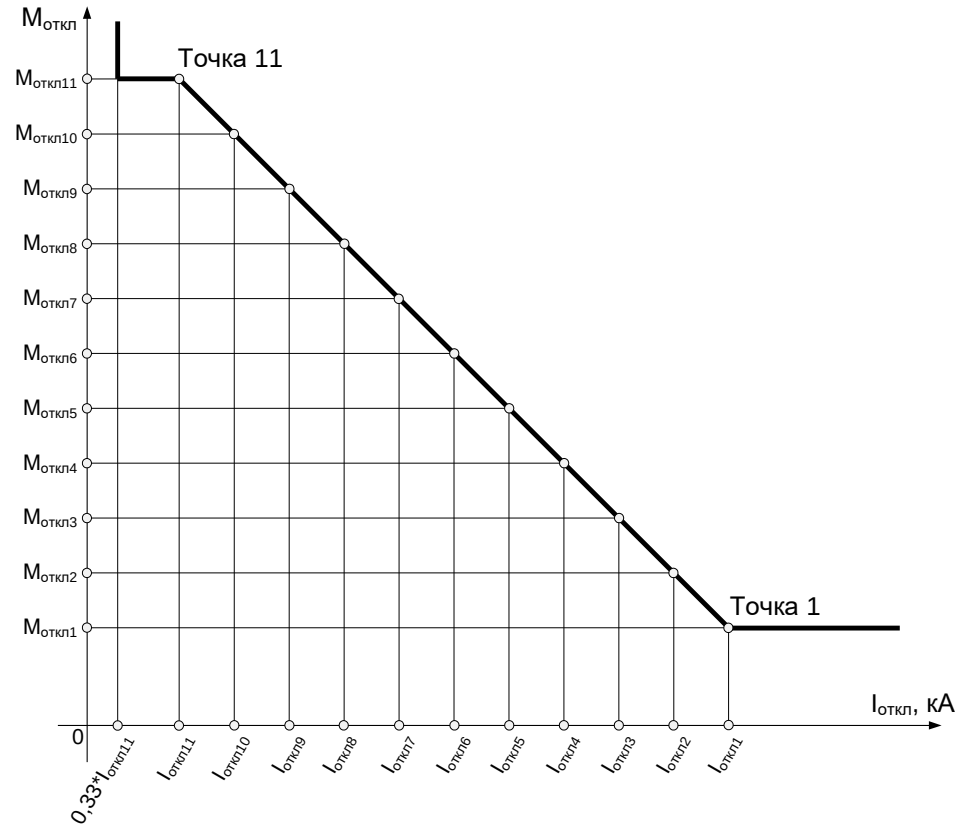


Рисунок 66 – Характеристика КРВ, задаваемая одиннадцатью точками

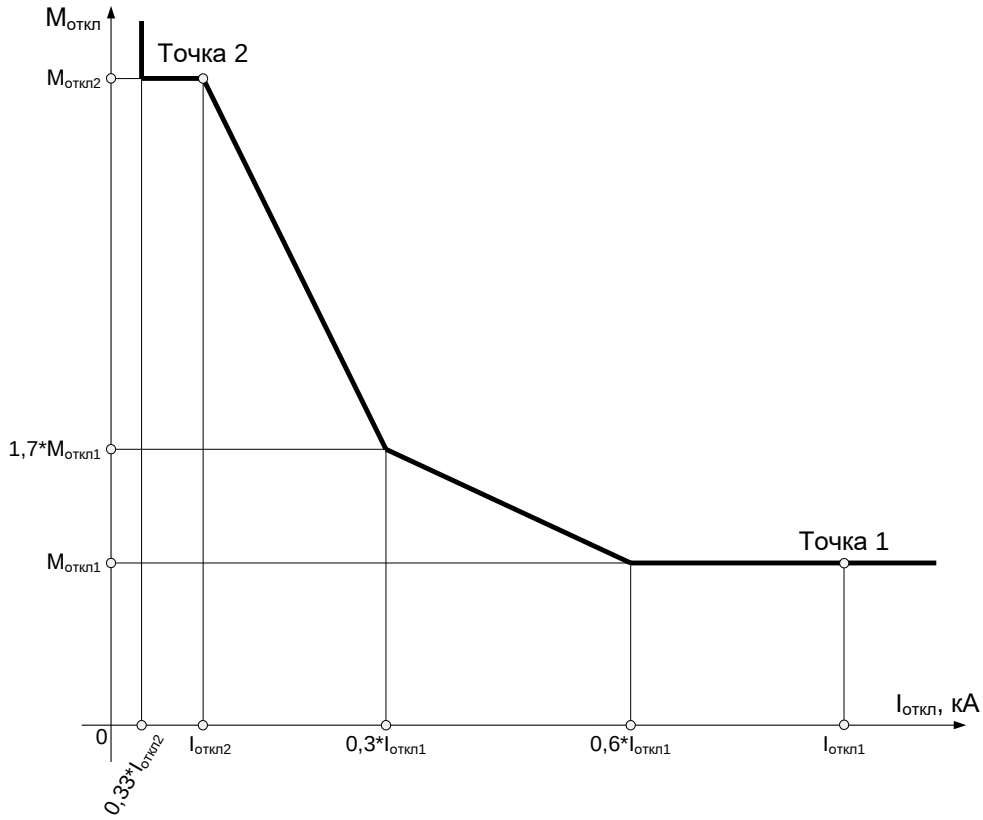


Рисунок 67 – Характеристика КРВ, задаваемая двумя точками

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.

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 63 – 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
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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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
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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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

1.2.17 Модуль определения места повреждения (ОМП)

1.2.17.1 Принцип работы

Блок ОМП выполняет следующие функции:

- фиксацию параметров аварийного и предаварийного режимов;
- расчет места повреждения односторонним методом;
- расчет места повреждения двухсторонним методом;
- определение вида повреждения и величины переходного сопротивления, длительности аварии;
- составление и хранение отчетов ОМП.

Функциональный блок ОМП приведен на рисунке 68.

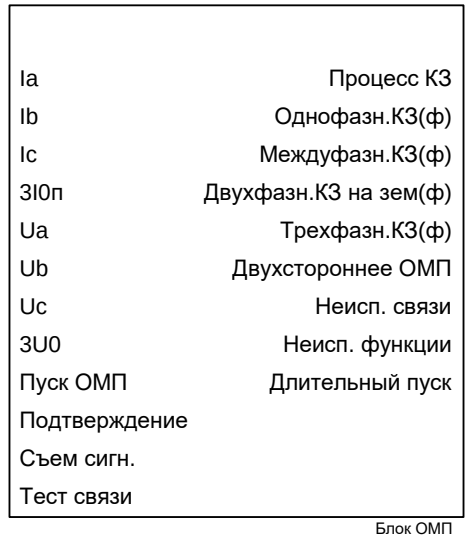


Рисунок 68 – Функциональный блок ОМП

Таблица 64 – Входы и выходы функционального блока ОМП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
3I0п	Утроенный ток нулевой последовательности
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз А, В, С
3U0	Утроенное напряжение нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск ОМП	Сигнал пуска блока ОМП
Подтверждение	Сигнал подтверждения пуска блока ОМП
Съем сигн.	Съем сигнализации вида КЗ
Тест связи	Команда проверки канала связи с удаленным терминалом
Логические выходы	
Процесс КЗ	Факт процесса КЗ
Однофазн.КЗ (ф)	Однофазное КЗ

Междуфазн.КЗ (ф)	Междуфазное КЗ
Двухфазн.КЗ на зем.(ф)	Двухфазное КЗ на землю
Трехфазн.КЗ (ф)	Трехфазное КЗ
Двухстороннее ОМП	Готовность отчета двухстороннего ОМП
Неисп. связи	Неисправность канала связи с удаленным терминалом
Неисп. функции	Неисправность функции ОМП
Длительный пуск	Длительный пуск ОМП

Выходные логические сигналы блока ОМП носят информационный характер и не предназначены для применения в функциях защиты и автоматики.

Блок ОМП обрабатывает токи и напряжения контролируемой линии, а также утроенный ток нулевой последовательности параллельной линии. Положительное направление всех подведенных токов должно соответствовать направлению «из шин в линию».

Возможно несколько вариантов пуска блока ОМП:

- «**NалгПуска**» = 1 – блок ОМП пускается по сигналу «Пуск ОМП». Измерение параметров аварийного режима происходит через время «**Тавар**» относительно момента появления сигнала «Пуск ОМП». Измерение параметров предаварийного режима происходит за 40 мс до появления сигнала «Пуск ОМП», то есть в предшествующем режиме работы ЛЭП. На рисунке 69 приведена временная диаграмма пуска;

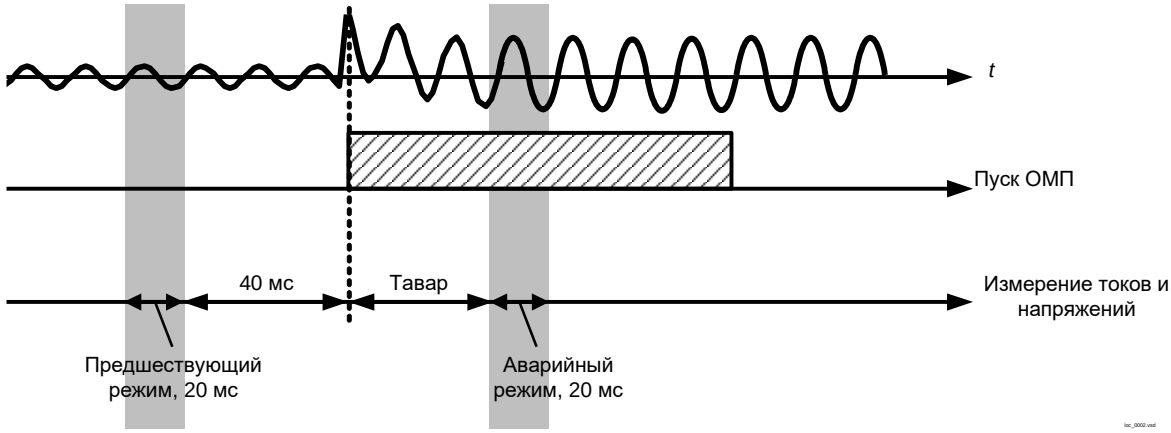


Рисунок 69 – Временная диаграмма пуска в режиме независимого пуска

- «**NалгПуска**» = 2 – блок ОМП пускается от внешнего сигнала. В качестве внешнего сигнала может быть подведен, например, пуск или срабатывание основных и резервных защит линии, сигнал отключения линии. Уставка «**ТформВнеш**» задает минимальное время формирования внешнего сигнала относительно начала аварийного процесса и совместно с уставкой «**Тавар**» определяет момент измерения аварийных токов и напряжений. Если используется сигнал пуска защит, то рекомендуется выставить «**ТформВнеш**» = 0. Сигнал внешнего пуска заводится на вход «Подтверждение». На рисунке 70 приведена временная диаграмма пуска;

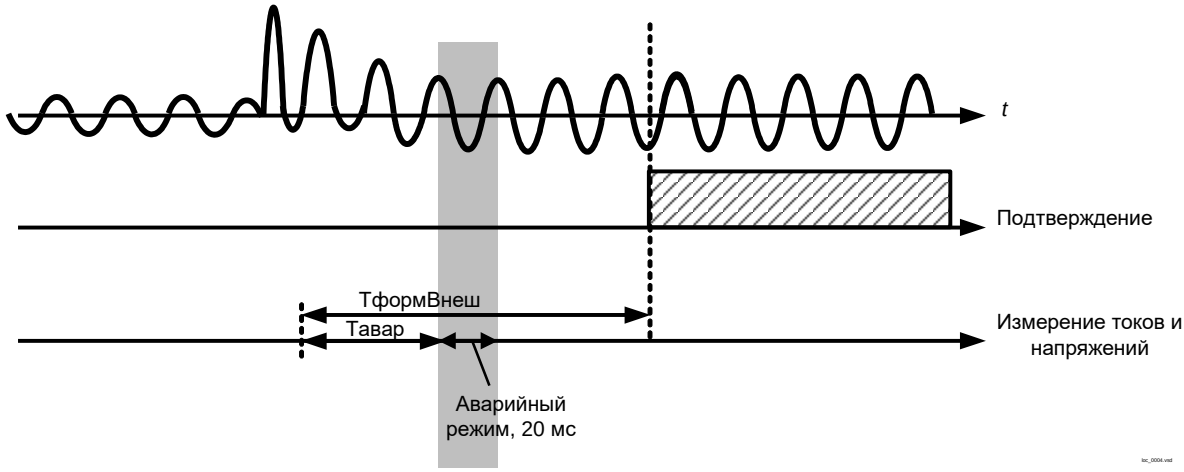


Рисунок 70 – Временная диаграмма пуска в режиме пуска от внешнего сигнала

- «**NалгПуска**» = 3 – в работу вводятся оба перечисленных выше алгоритма. Пуск произойдет от сигнала «Пуск ОМП» или «Подтверждение» в зависимости от того, что произойдет раньше;

- «**NалгПуска**» = 4 – задается селективный режим пуска, в котором измерение параметров режима происходит по алгоритму уставки «**NалгПуска**» = 1, но их дальнейшая обработка зависит от сигнала «Подтверждение». Если в течение времени «**Тподтв**» от момента появления сигнала «Пуск ОМП» получен сигнал «Подтверждение», то пуск считается подтвержденным, и формируется отчет ОМП. Если сигнал «Подтверждение» поступает после «**Тподтв**», или не поступает, тогда отчет ОМП не формируется. На рисунке 71 приведена временная диаграмма срабатывания, в которой подтверждающий сигнал поступил до истечения времени «**Тподтв**». В результате отчет ОМП был сформирован;

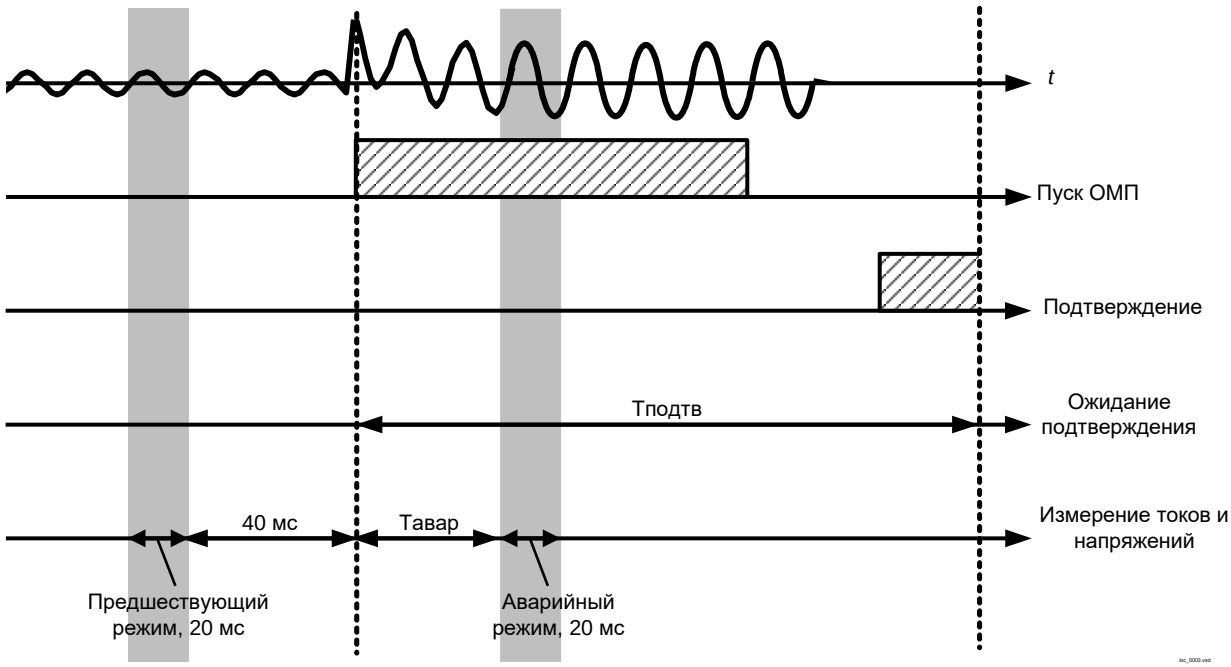


Рисунок 71 – Временная диаграмма пуска в режиме селективного пуска

- «**NалгПуска**» = 5 – блок ОМП полностью выводится из работы. Двухстороннее ОМП на обоих концах ЛЭП выведено.

В сложных аварийных процессах, например, при изменении вида повреждения и величины тока КЗ, момент измерения параметров аварийного режима может перемещаться в пределах интервала времени протекания тока КЗ. Приоритет отдается тому измерению, при котором обеспечивается наиболее уверенный результат ОМП, попадающий в пределы наблюдаемой зоны. Для примера на рисунке 72 приведен аварийный режим, состоящий из двух интервалов. На первом интервале в месте повреждения присутствует переходное сопротивление. На втором интервале переходное сопротивление «выгорает» и ток КЗ увеличивается. Приоритет отдается второму интервалу, поскольку при низкоомном КЗ обеспечивается более точный результат ОМП.

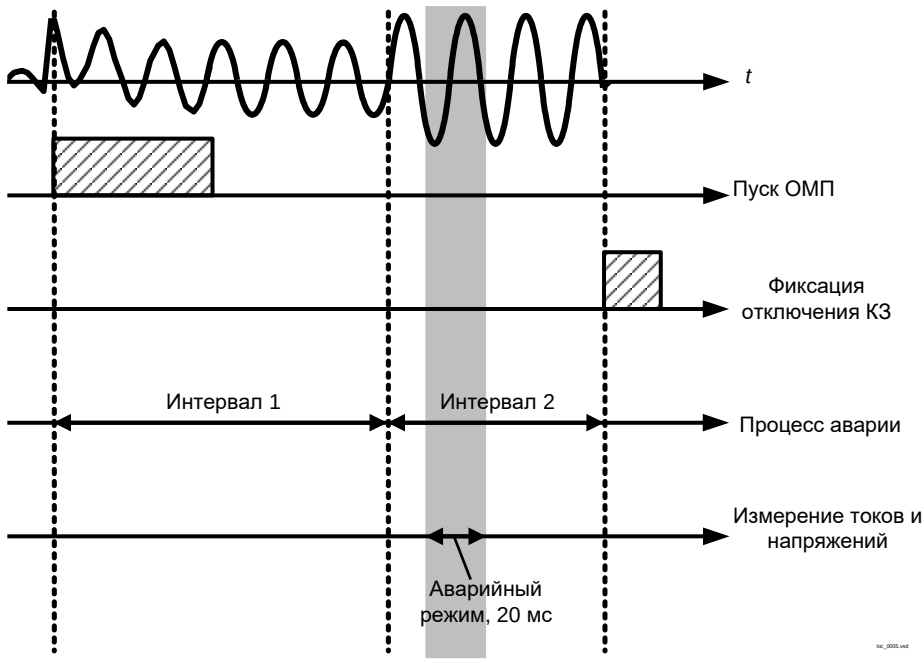


Рисунок 72 – Измерение аварийных величин в сложном аварийном процессе

Выходной сигнал «Процесс КЗ» находится в сработанном состоянии в процессе КЗ. Сигнал появляется в момент появления сигнала «Пуск ОМП», и сбрасывается, если внутренняя логика функции ОМП фиксирует отключение КЗ. Если отключения не наблюдается, то сигнал автоматически сбрасывается через 10 с после срабатывания блока ОМП.

Если блок ОМП фиксирует КЗ на контролируемой линии, то формируется соответствующий виду повреждения сигнал: «Однофазн.КЗ (ф)», «Междуфазн.КЗ (ф)», «Двухфазн.КЗ на зем.(ф)» или «Трехфазн.КЗ (ф)». Эти сигналы устанавливаются после расчета места повреждения. Вид КЗ автоматически обновляется при возникновении повторного КЗ на контролируемой ВЛ. Возможна задержка формирования этих сигналов относительно момента пуска на несколько секунд.

В случае успешного выполнения двухстороннего ОМП формируется сигнал «Двухстороннее ОМП».

Пуск блока ОМП не выполняется в том случае, если терминал переведен в режим теста или выведен.

Длительное существование условий пуска является нежелательным режимом работы устройства, так как препятствует фиксации последующих аварийных процессов. Для выявления такого режима предусмотрена выдержка времени на срабатывание «**ТсрабСДП**», формирующая сигнал «Длительный пуск» ОМП.

Блок ОМП ограничивает формирование отчетов ОМП в условиях частых срабатываний. Десятки следующих друг за другом срабатываний воспринимаются как нарушение условий пуска, и блок ОМП приостанавливает запись отчетов ОМП. Формирование отчетов ОМП автоматически продолжается после пропадания признаков нарушений.

Для двухстороннего ОМП выполняется также блокировка приемов отчетов удаленного устройства ОМП при их многократном приеме. Данная блокировка выполняется аналогично блокировке от многократных пусков ОМП.

Сигналы индикации вида КЗ и двухстороннего ОМП сбрасываются по сигналу «Съем сигн.».

Уставки блока ОМП состоят из трех наборов:

- конфигурация функции ОМП (таблица 65);
- параметры наблюдаемой линии (таблица 67);
- параметры связи с удаленным терминалом (таблица 70).

Таблица 65 – Уставки конфигурации функции ОМП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Алгоритм регистрации и обработки информации (1 – сигн. ПО, 2 – внеш. сигн., 3 – ПО/внеш., 4 – ПОиВнеш., 5 – вывод)	NалгПуска	–	1
Использование тока 3I0 параллельной линии (0 – нет, 1 – да)	NтокПарал	–	0
Обозначение фаз для индикации (1 – А-В-С-N, 2 – А-В-С-0, 3 – Ж-З-К-0, 4 – Ж-К-З-0, 5 – А-В-С, 6 – Ж-З-К, 7 – Ж-К-З)	NобознФ	–	1
Отстройка для фиксации текущих величин, мс	Тавар	от 0 до 100 (шаг 5)	40
Время ожидания подтверждающего сигнала, мс	Тподтв	от 0 до 10000 (шаг 5)	5000
Время формирования внешнего сигнала, мс	ТформВнеш	от 0 до 100 (шаг 5)	10
Выдержка времени на формирование сигнала длительного пуска, мс	ТсрабСДП	от 0 до 30000 (шаг 10)	20000

Формат вывода вида КЗ устанавливается с помощью накладки «**NобознФ**». Предусмотрена возможность использования обозначения поврежденных фаз с помощью букв «А», «В» и «С» или «Ж», «З» и «К» в разных последовательностях.

В функции ОМП предусмотрен учет влияния параллельных линий на участок. От выбранной параллельной линии в блок ОМП заводится ток $3I_{0,п}$. Учет влияния остальных параллельных линий производится косвенно, изменением параметров основной линии на том же участке.

Программная накладка «**NтокПарал**» задает режим учета параллельной линии:

- «**NтокПарал**» = 0 – ток $3I_{0,п}$ не используется;
- «**NтокПарал**» = 1 – ток $3I_{0,п}$ используется.

Название наблюдаемой линии задается с помощью параметра «**Название**». Параметры линии задаются с учетом ее особенностей:

- неоднородность удельных параметров линии по длине (в том числе кабельные участки);
- ответвления с разными режимами заземления нейтрали трансформатора;
- индуктивные связи с параллельными линиями, в том числе с привлечением информации о токе нулевой последовательности параллельной линии.

В функции ОМП предусмотрен учет влияния параллельных линий на участок. Если участок линии индуктивно связан с несколькими линиями, то сначала выбирается та из них, которая оказывает наибольшее влияние на основную. Влияние параллельной линии можно оценить по выражению $X_{0уд,вз} \cdot 3I_{0,п} \cdot l$, где $X_{0уд,вз}$ – удельное взаимное реактивное сопротивление нулевой последовательности основной и параллельной линий, $3I_{0,п}$ – утроенный ток нулевой последовательности параллельной линии, l – длина участка основной линии, индуктивно связанного с рассматриваемой параллельной линией. От выбранной параллельной линии в блок ОМП заводится ток $3I_{0,п}$. Учет влияния остальных параллельных линий производится косвенно, изменением параметров основной линии на том же участке.

Описание наблюдаемой линии состоит из списка последовательных однородных участков. Максимальное число участков – 32.

Различают участки четырех типов:

- 1 – участок линии (включая кабельный);
- 2 – ответвление;
- 3 – нагрузка (конечный участок линии);
- 4 – участок линии, индуктивно связанный с параллельной линией.

Описание участка подразумевает задание наименования участка (параметр «**Название**»), его типа (параметр «**Тип**») и соответствующих этому типу параметров.

В таблице 66 приведены 11 параметров, составляющих описание участка. Семь из них (1-7) задаются независимо от типа: его длина и удельные параметры, эти параметры характеризуют участок основной линии или линии, соединяющей основную линию с ответвительной подстанцией. Остальные четыре (8-11) параметра задаются в зависимости от типа участка.

Для начального участка типа 1 параметры 8-11 описывают параметры системы слева (системы «за спиной» терминала). В последующих участках типа 1 параметры 8-11 следует принять равными 0,01.

Для участка типа 2 параметры 8-11 задают суммарное сопротивление ответвления, учитывая схему соединения обмоток силового трансформатора и сопротивление нагрузки ответвления.

Для участка типа 3 параметры 8-11 описывают сопротивление системы справа (удаленной системы). Участок типа 3 используется однократно – при задании конечного участка линии. Для задания промежуточных участков используются другие типы участков.

Для участка типа 4 параметры 8-11 задают параметры индуктивной связи. Параметры 8, 9 несут информацию о сопротивлении всей параллельной линии, т.е. учитывают сопротивление всех ее участков, а также сопротивления систем слева и справа. Параметры 10, 11 несут информацию о взаимной индукции между основной линией и параллельной. Допускается задавать параметры 8, 9 равными 0,01, если программная накладка «**NтокПарал**» = 1 (используется ток параллельной линии).

Для систем слева и справа и для отпаек может быть задана изолированная нейтраль. Тогда параметры 10, 11 для соответствующих участков принимаются равными 10^6 Ом.

Таблица 66 – Параметры участков линии

№ пара-метра	Тип 1 (простая линия)	Тип 2 (ответвление)	Тип 3 (нагрузка)	Тип 4 (индуктивная связь)
1	Длина участка «**Длина**»			
2	Удельное активное сопротивление ПП «**R10**»			
3	Удельное реактивное сопротивление ПП «**X10**»			
4	Удельное активное сопротивление НП «**R00**»			
5	Удельное реактивное сопротивление НП «**X00**»			
6	Удельная реактивная проводимость ПП «**B10**»			
7	Удельная реактивная проводимость НП «**B00**»			
8	Активное сопротивление ПП системы слева «**R1s**»	Активное сопротивление ПП ответвления «**R1отв**», Ом	Активное сопротивление ПП системы справа «**R1r**», Ом	Активное сопротивление НП параллельной линии «**R0п**», Ом
9	Реактивное сопротивление ПП системы слева «**X1s**», Ом	Реактивное сопротивление ПП ответвления «**X1отв**», Ом	Реактивное сопротивление ПП системы справа «**X1r**», Ом	Реактивное сопротивление НП параллельной линии «**X0п**», Ом
10	Активное сопротивление НП системы слева «**R0s**», Ом	Активное сопротивление НП ответвления «**R0отв**», Ом	Активное сопротивление НП системы справа «**R0r**», Ом	Удельное взаимное активное сопротивление НП «**R0вз**», Ом/км

№ пара-метра	Тип 1 (простая линия)	Тип 2 (ответвление)	Тип 3 (нагрузка)	Тип 4 (индуктивная связь)
11	Реактивное сопротивление НП системы слева «**X0s**», Ом	Реактивное сопротивление НП ответвления «**R0отв**», Ом	Реактивное сопротивление НП системы справа «**X0r**», Ом	Удельное взаимное реактивное сопротивление НП «**X0вз**», Ом/км
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: ПП – прямая последовательность, НП – нулевая последовательность.				

В таблице 67 приведены диапазоны и значения параметров линии по умолчанию.

Таблица 67 – Параметры линии блока ОМП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Название линии	Название	не более 10 символов	Типовая
Параметры участка линии			
Название участка	Название	не более 10 символов	Участок 1
Тип участка (1 – линия, 2 – ответвл., 3 – нагрузка, 4 – инд.связь)	Тип участка	–	1
Длина участка, км	Длина	от 0,01 до 999 (шаг 0,01)	5
Удельное активное сопротивление ПП, Ом/км	R10	от 0 до 1 (шаг 0,001)	0,198
Удельное реактивное сопротивление ПП, Ом/км	X10	от 0,01 до 0,6 (шаг 0,001)	0,479
Удельное активное сопротивление НП, Ом/км	R00	от 0 до 2 (шаг 0,001)	0,346
Удельное реактивное сопротивление НП, Ом/км	X00	от 0,01 до 3 (шаг 0,001)	1,256
Удельная реактивная проводимость ПП, мкСм/км	B10	от 0 до 100 (шаг 0,001)	0
Удельная реактивная проводимость НП, мкСм/км	B00	от 0 до 100 (шаг 0,001)	0
Параметры системы за спиной (участок типа 1)			
Активное сопротивление ПП системы слева, Ом	R1s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление ПП системы слева (для первого участка линии), Ом	X1s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	6,05
Активное сопротивление НП системы слева (для первого участка линии), Ом	R0s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление НП системы слева (для первого участка линии), Ом	X0s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	2,85
Параметры отпайки (участок типа 2)			
Активное сопротивление ПП ответвления (для каждого ответвления), Ом	R1отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Реактивное сопротивление ПП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X1отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Активное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	R0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Реактивное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Параметры удаленной системы (участок типа 3)			
Активное сопротивление ПП системы справа, Ом	R1r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление ПП системы справа, Ом	X1r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	33,2
Активное сопротивление НП системы справа, Ом	R0r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление НП системы справа, Ом	X0r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	27,55
Параметры взаимоиндукции (участка типа 4)			
Активное сопротивление НП параллельной линии, Ом	R0п	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	40
Реактивное сопротивление НП параллельной линии, Ом	X0п	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	150
Удельное взаимное активное сопротивление НП, Ом/км	R0вз	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,15
Удельное взаимное реактивное сопротивление НП, Ом/км	X0вз	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: ПП – прямая последовательность, НП – нулевая последовательность.			

Конфигурация линии и параметры участков редактируются с помощью меню ИЧМ терминала по инструкции, приведенной в АИПБ.656122.011 РЭ1, а также при помощи сервисного ПО.

В таблице 68 приведен пример описания линии ПС1-ПС3, приведенной на рисунке 73, которую предлагается разбить на три участка: ПС1-ПС2 (тип 1), ПС2 (тип 2) и ПС2-ПС3 (тип 3). В данном примере нейтрали трансформаторов на тупиковых ПС2 и ПС3 изолированы.

Таблица 68 – Параметры участков линии с отпайкой

Номер участка	1	2	3
Тип участка	1	2	3
Длина, км	4,00	9,30	7,00
Название участка	ПС1-ПС2	ПС2	ПС2-ПС3
R10, Ом/км	0,182	0,182	0,182
X10, Ом/км	0,431	0,332	0,446
R00, Ом/км	0,392	0,392	0,392
X00, Ом/км	1,257	1,364	1,257
B10, мкСм/км	2,806	2,806	2,806
B00 мкСм/км	1,423	1,423	1,423
R1s/R1отв/R1r, Ом	0,60	500	1000
X1s/X1отв/X1r, Ом	4,56	1000	2000
R0s/R0отв/R0r, Ом	0,26	1000000	1000000
X0s/X0отв/X0r, Ом	3,03	1000000	1000000

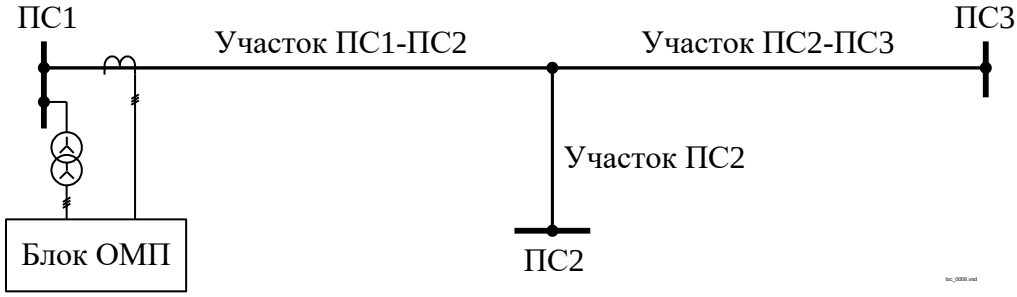


Рисунок 73 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой

На рисунке 74 приведен пример электропередачи с двумя индуктивно связанными линиями. Начальный участок линии должен предусматривать одновременное задание системы слева, что соответствует типу 1, и параллельной линии, что соответствует типу 4. Чтобы выполнить это условие, начальный участок разбивают на два: первый имеет тип 1 и минимальную длину (0,01 км), а второй – тип 4 и учитывает всю длину начального участка. Описание основной линии приведено в таблице 69.

Таблица 69 – Параметры участков линии с отпайкой и взаимоиндукцией

Номер участка	1	2	3	4	5	6	7
Тип участка	1	4	1	2	1	4	3
Длина, км	0,01	4,00	2,30	9,30	11,60	5,30	7,00
Название участка	ПС1	ПС1-ПС2-1	ПС1-ПС2-2	ПС2	ПС2-ПС3-1	ПС2-ПС3-2	ПС2-ПС3-3
R10, Ом/км	0,182	0,182	0,182	0,178	0,178	0,178	0,178
X10, Ом/км	0,431	0,431	0,431	0,412	0,412	0,412	0,412
R00, Ом/км	0,392	0,392	0,392	0,387	0,387	0,387	0,387
X00, Ом/км	1,257	1,257	1,257	1,356	1,356	1,356	1,356
B10, мкСм/км	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806
B00 мкСм/км	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423
R1s/R0п/-/R1отв/-/R0п/R0r, Ом	0,60	20,9	0,01	500	0,01	20,9	1230,3
X1s/X0п/-/X1отв/-/X0п/X0r, Ом	4,56	40,15	0,01	1000	0,01	40,15	2325,4
R0s/R0вз/-/R0отв/-/R0вз/R0r, Ом (Ом/км)	0,26	0,153	0,01	1000000	0,01	0,153	14,70
X0s/X0вз/-/X0отв/-/X0вз/X0r, Ом (Ом/км)	3,03	1,024	0,01	1000000	0,01	1,024	211,00

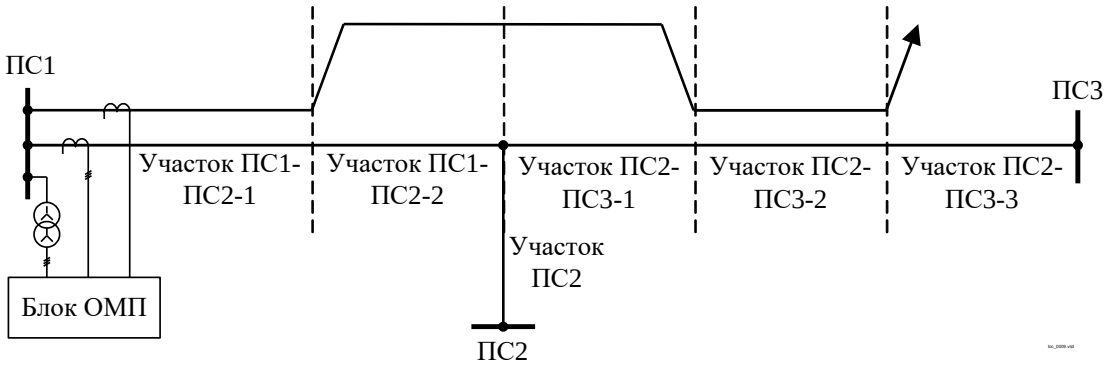


Рисунок 74 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой и взаимоиндукцией

Блок ОМП рассчитывает и записывает в отчет ОМП следующие параметры:

- момент возникновения КЗ (год, месяц, день, час, минута, секунда, миллисекунда);
- имя поврежденной линии (задаваемое параметром «**Название**»);
- вид повреждения (в соответствии с выбранной системой обозначений фаз «**NобознФ**»);
- расстояние до места повреждения и переходное сопротивление; на основной линии и ответвлениях;
- длительность существования аварийного режима;
- значения векторов фазных и симметричных составляющих напряжений и токов аварийного и доаварийного режимов.

Для пользователя доступна функция пересчета отчета ОМП с помощью ИЧМ терминала. Пересчет выполняется на основе активной в данный момент группы уставок. В результате формируется новый отчет с пометкой «Расчет: ручной (группа уставок N)». Оригинальный отчет при этом не удаляется.

Отчеты ОМП доступны для просмотра на ИЧМ и при помощи сервисного ПО. Инструкция по просмотру и пересчету отчетов ОМП через ИЧМ терминала приведена в АИПБ.656122.011 РЭ1. Отчеты ОМП присоединяются к осциллограммам соответствующего аварийного режима.

1.2.17.2 Настройка связи с удаленным терминалом

Внимание! Для двухстороннего ОМП требуется синхронизация времени терминалов, участвующих в процессе ОМП, с погрешностью не более 100 мс.

Если на двух концах ЛЭП установлены терминалы с функцией ОМП, то возможен расчет расстояния до места повреждения двухсторонним методом. Для этого между терминалами должна быть установлена связь по каналу Ethernet.

Связь настраивается индивидуально для каждого блока ОМП. Если терминал выполняет ОМП нескольких ЛЭП, то соответствующие блоки ОМП связываются с терминалами, установленными на противоположных концах этих ЛЭП. В каждом блоке ОМП задаются следующие уставки:

- «**IP-адрес 1**», «**IP-адрес 2**», «**IP-адрес 3**» и «**IP-адрес 4**» – IP-адрес терминала, установленного на противоположном конце ЛЭП. Например, адресу «192.168.0.7» соответствуют уставки: «**IP-адрес 1**» = 192, «**IP-адрес 2**» = 168, «**IP-адрес 3**» = 0, «**IP-адрес 4**» = 7. Двухсторонний расчет места повреждения выведен из работы, если все уставки адреса имеют нулевое значение. При этом сигнал «Неисп. связи» не формируется;
- «**NблокаУд**» – задает номер блока ОМП удаленного терминала, который подключен к данной ЛЭП на противоположном конце. Номер каждого блока ОМП указывается в меню ИЧМ (описание ИЧМ приведено в АИПБ.656122.011 РЭ1) и в АИПБ.656122.011-015.XX Э2;
- «**ТтестАвт**» – задает период автоматической проверки канала связи. Связь с удаленным терминалом проверяется автоматически и вручную по сигналу «Тест связи» или по команде ИЧМ терминала. Если последний сеанс связи прошел неуспешно, то формируется сигнал «Неисп. связи». Сигнал «Неисп. связи» будет сброшен при очередном успешном сеансе связи терминалов. Тест связи и дополнительная диагностическая информация в ИЧМ терминала описаны в АИПБ.656122.011 РЭ1. Рекомендованное значение уставки «**ТтестАвт**» составляет 3600 с.

На рисунке 75 приведен пример настройки связи между блоками ОМП двух терминалов. Блок ОМП 1 в терминале слева связан с блоком ОМП 2 в терминале справа – выставлены IP-адреса терминалов и номера выбранных блоков ОМП.

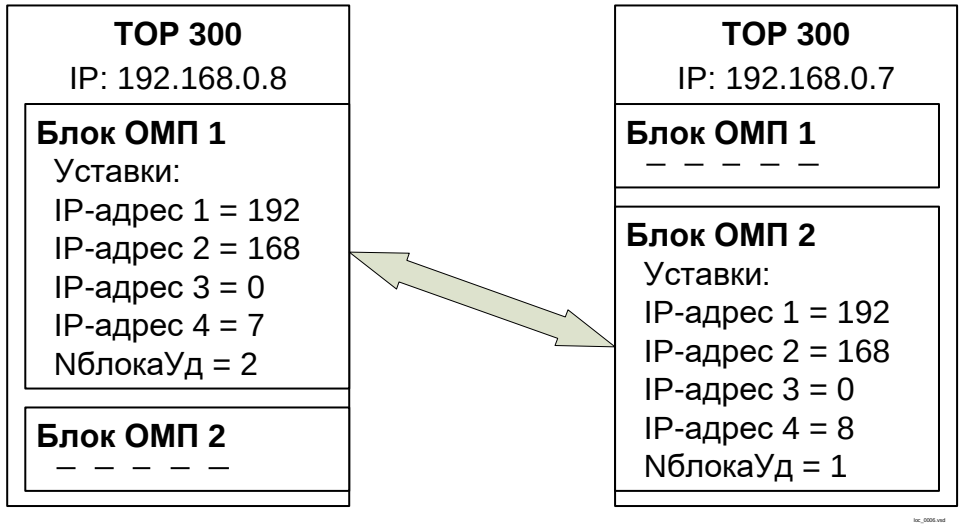


Рисунок 75 – Пример настройки связи между блоками ОМП

При отсутствии цифрового канала связи между устройствами каждое из них формирует отчеты одностороннего ОМП. Если устанавливается связь между терминалами, содержащими сопоставляемые отчеты одностороннего ОМП (например, при восстановлении нарушенной связи между устройствами ОМП), то выполняется автоматический расчет двухстороннего ОМП на основе имеющихся отчетов.

Таблица 70 – Параметры связи с удаленным терминалом ОМП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
IP-адрес удаленного терминала	IP-адрес 1	от 0 до 255 (шаг 1)	0
	IP-адрес 2		0
	IP-адрес 3		0
	IP-адрес 4		0
Номер блока ОМП удаленного терминала	NблокаУд	от 1 до 10 (шаг 1)	1
Период автоматического тестирования канала связи, с	ТтестАвт	от 30 до 86400 (шаг 1)	3600

1.2.17.3 Погрешность определения расстояния до места повреждения

Погрешность определения расстояния до места повреждения при проверке в лабораторных условиях не превышает 4 % от длины ВЛ при металлических КЗ, известной симметричной нагрузке и соблюдении следующих условий: ток аварийного режима превышает номинальное значение; при симметричном трехфазном замыкании угол между током и напряжением от 40º до 90º; длина ВЛ от 20 до 800 км. При меньшей длине ВЛ погрешность не превышает 0,8 км. Погрешность ОМП на КВЛ нормируется только для воздушной части линии, кабельные вставки пропускаются. Терминал сохраняет точностные параметры при величине кабельной части до 20 % длины линии; при большем соотношении кабельной и воздушной частей КВЛ дополнительная погрешность ОМП не превышает 5 % от длины воздушной части линии.

Дополнительная погрешность устройств в режимах внутреннего замыкания в конце контролируемой ВЛ с токами до 40 $I_{ном}$ при полной погрешности до 10 % включительно, возникающей вследствие насыщения высоковольтных ИТТ, при передаче токов установившегося режима при работе на активную нагрузку не превышает 10 % длины этой ВЛ.

1.2.18 Расчет аналоговых сигналов

1.2.18.1 Фильтр симметричных составляющих (ФСС)

Функциональный блок ФСС приведен на рисунке 76.

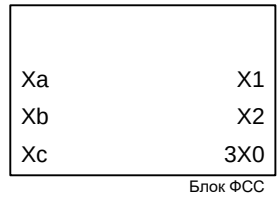


Рисунок 76 – Функциональный блок ФСС

Таблица 71 – 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

$$\underline{X}_1 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_\mathrm{a} + \underline{X}_\mathrm{b}\, e^{j2\pi/3} + \underline{X}_\mathrm{c}\, e^{j4\pi/3}\right),$$

$$\underline{X}_2 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_\mathrm{a} + \underline{X}_\mathrm{b}\, e^{j4\pi/3} + \underline{X}_\mathrm{c}\, e^{j2\pi/3}\right),$$

$$3\underline{X}_0 = \underline{X}_\mathrm{a} + \underline{X}_\mathrm{b} + \underline{X}_\mathrm{c}.$$

1.2.18.2 Расчет напряжений «разомкнутого треугольника» (Расчет Uнк)

Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника» приведен на рисунке 77.

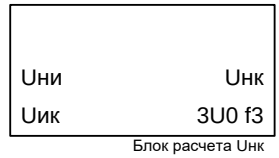


Рисунок 77 – Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Таблица 72 – 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

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

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

1.2.18.3 Расчет сопротивлений (Расчет Z)

Функциональный блок расчета сопротивлений приведен на рисунке 78.

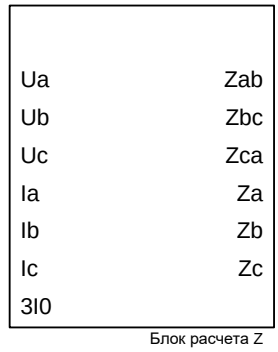


Рисунок 78 – Функциональный блок расчета сопротивлений

Таблица 73 – Входы и выходы функционального блока расчета сопротивлений

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз A, B, C
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	
Zab, Zbc, Zca	Сопротивления каналов «фаза-фаза» AB, BC, CA
Za, Zb, Zc	Сопротивления каналов «фаза-земля» AN, BN, CN
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок предназначен для расчета сопротивлений каналов «фаза-фаза» и «фаза-земля» по формулам

$$\underline{Z}_{AB} = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_B}{\underline{I}_A - \underline{I}_B},$$

$$\underline{Z}_{BC} = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_C}{\underline{I}_B - \underline{I}_C},$$

$$\underline{Z}_{CA} = \frac{\underline{U}_C - \underline{U}_A}{\underline{I}_C - \underline{I}_A},$$

$$\underline{Z}_{A0} = \frac{\underline{U}_A}{\underline{I}_A + 3\underline{I}_0\underline{k}_0},$$

$$\underline{Z}_{B0} = \frac{\underline{U}_B}{\underline{I}_B + 3\underline{I}_0\underline{k}_0},$$

$$\underline{Z}_{C0} = \frac{\underline{U}_C}{\underline{I}_C + 3\underline{I}_0\underline{k}_0}.$$

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

Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН приведен на рисунке 79.

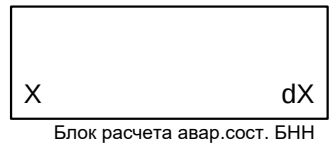


Рисунок 79 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН

Таблица 74 – 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 аварийных составляющих токов (Расчет dI)

Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов приведен на рисунке 80.

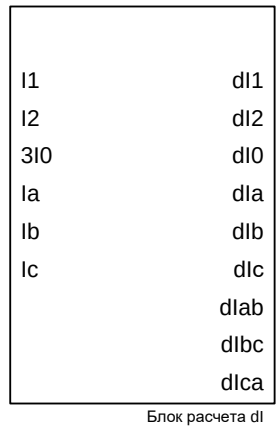


Рисунок 80 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов

Таблица 75 – Входы и выходы функционального блока расчета аварийных составляющих токов

Аналоговые входы	
I1	Ток прямой последовательности
I2	Ток обратной последовательности
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	
dI1	Аварийная составляющая тока прямой последовательности
dI2	Аварийная составляющая тока обратной последовательности
dI0	Аварийная составляющая тока нулевой последовательности
dIa, dIb, dIc	Аварийные составляющие фазных токов A, B, C

dIab, dIbc, dIca	Аварийные составляющие междуфазных токов АВ, ВС, СА
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок осуществляет расчет аварийных составляющих токов по формуле

$$d\underline{I}_{\nu}(t) = 2 \cdot \left[\underline{I}_{\nu}(t) - 3 \cdot \underline{I}_{\nu}\left(t - \frac{T}{2}\right) + 3 \cdot \underline{I}_{\nu}(t - T) - \underline{I}_{\nu}\left(t - \frac{3T}{2}\right) \right],$$

где t – текущее время;

T – период промышленной частоты, равный 20 мс;

ν – индекс выходного тока (1, 2, 0, А, В, С, АВ, ВС, СА);

dI_{ν} – аварийная составляющая тока ν;

dI_{ν} – ток ν.

Симметричные составляющие токов для расчета их аварийных составляющих, рассчитываются по формулам, приведенным в 1.2.18.1. Междуфазные токи рассчитываются как разность фазных токов.

1.2.18.6 Расчет напряжений присоединения и шин (Расчет Uпр и Uш)

Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин приведен на рисунке 81.

Рисунок 81 – Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин

Таблица 76 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений присоединения и шин

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжение фаз А, В, С
Iшон	Ток ШОН
Uпр изм.	Напряжение с ИТН присоединения
Аналоговые выходы	
Uш	Напряжение на шине
Uпр расч.	Расчетное напряжение присоединения
Фш-Фпр	Расхождение углов напряжений присоединения и на шине
fш	Частота шины
fпр	Частота присоединения
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок осуществляет расчет напряжений присоединения и на шине, описанный в 1.2.11.

2 Рекомендации по проверке

2.1 Общие указания

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

2.2 Меры по безопасности

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

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

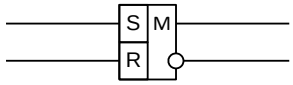
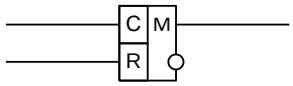
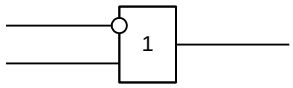
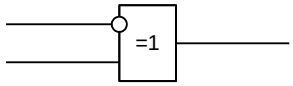
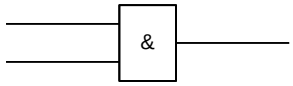
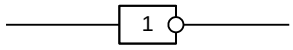
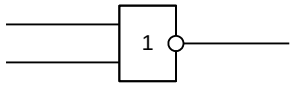
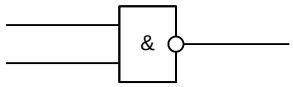
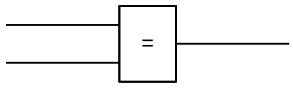
2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

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

2.3 Проверка функций защит

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

Приложение А
(справочное)
Элементы функциональных логических схем

Обозначение	Полное название
	«**Триггер**», в котором: S – вход установки; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Элемент имеет один или два выхода (прямой и инверсный). Пример: RS-триггер с запоминанием и двумя выходами
	«**Счетчик**», в котором: C – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика. Пример: 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
0 1 2 Nреж а) 0 1 2 Nреж б) 1 1 Nреж 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)
Tоткл а) 200 мс Tоткл б) Tоткл в) Tоткл г) 1 Tоткл 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 «**Tоткл**»; б) элемент времени с фиксированной выдержкой времени на срабатывание 200 мс; в) элемент времени на возврат с регулируемой выдержкой времени «**Tоткл**»; г) элемент формирования импульса с регулируемой длительностью «**Tоткл**»; д) элемент ограничения минимальной длительности сигнала. Выдержка «**Tоткл**» 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	
< Iсраб	«**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.
ФУНК. БЛОК Вход 1 Выход 1 Вход 2 Выход 2 Тип блока а) БК по току dI1 Сраб. БКт dI2 БКI чув. БКI груб. БК I 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
(справочное)
Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника»

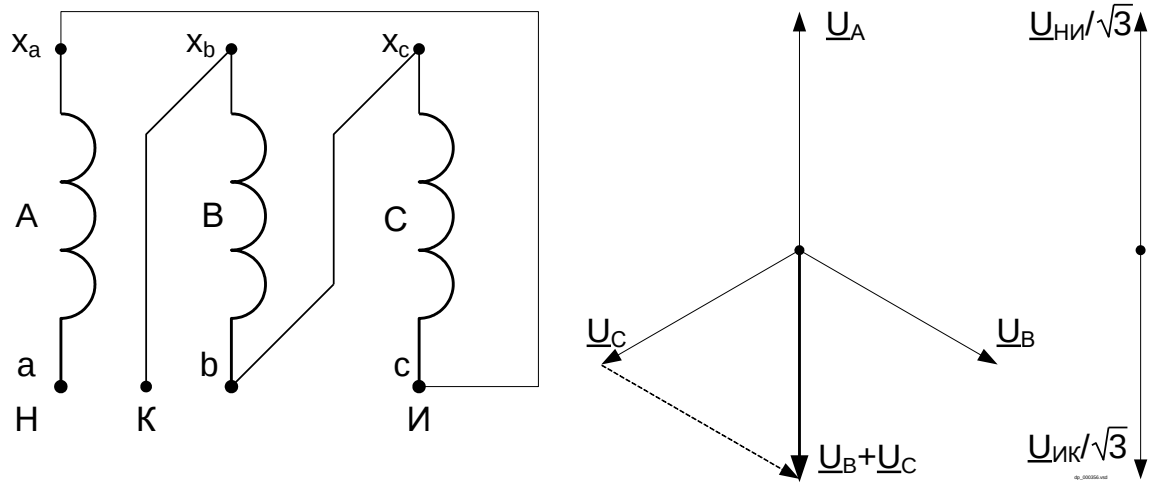


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

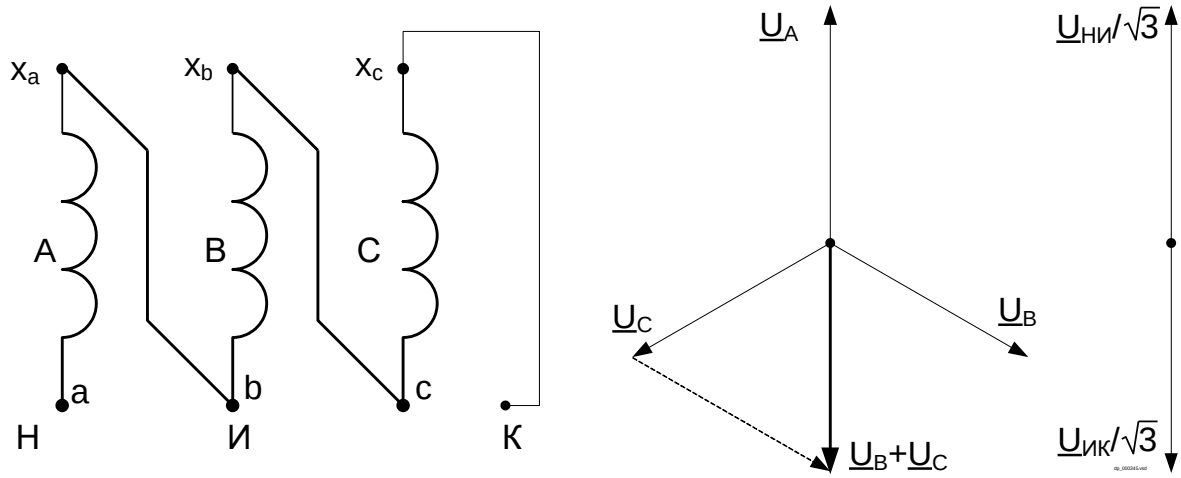


Рисунок Б.2 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

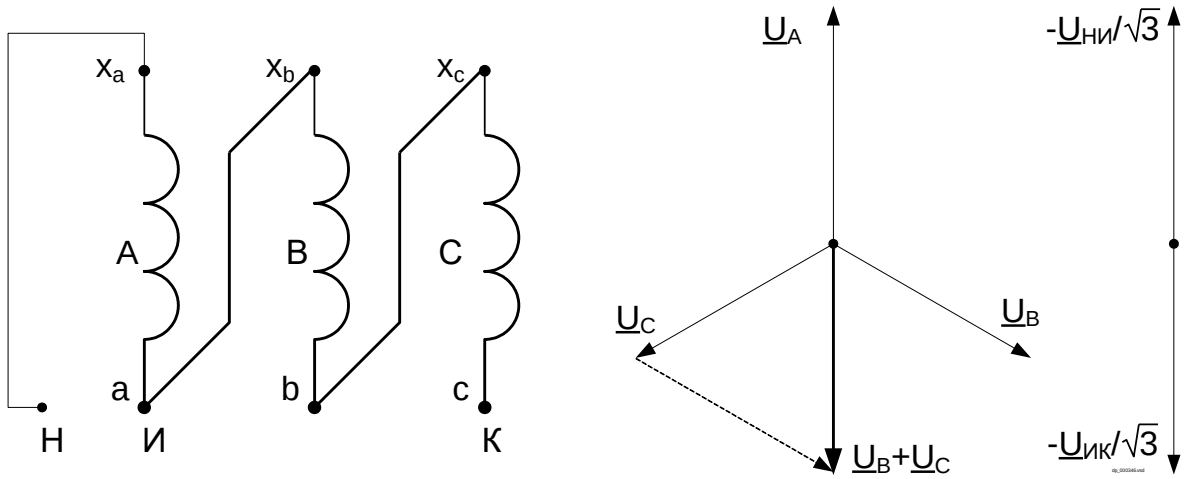


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

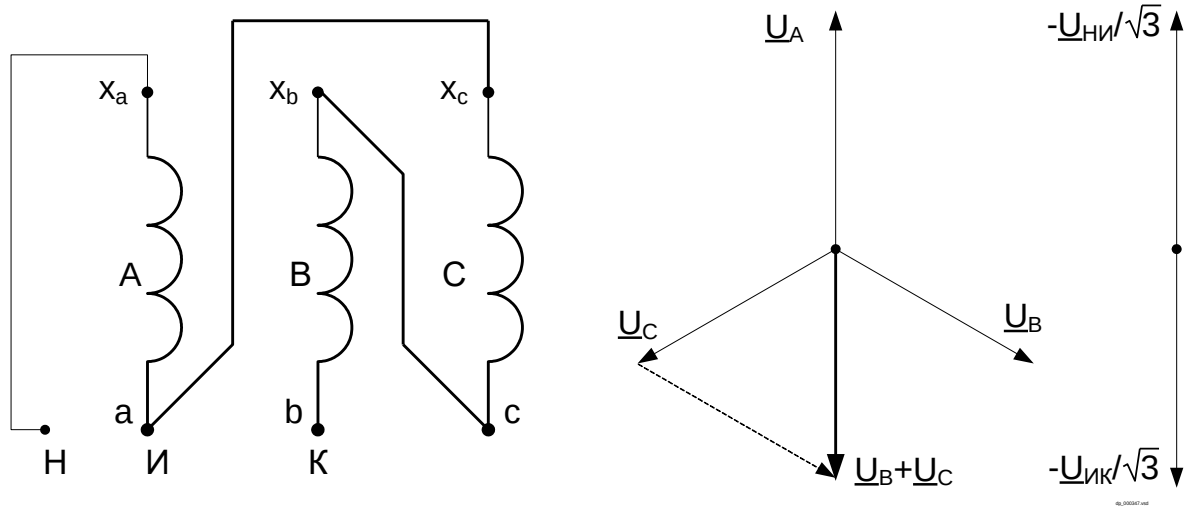


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

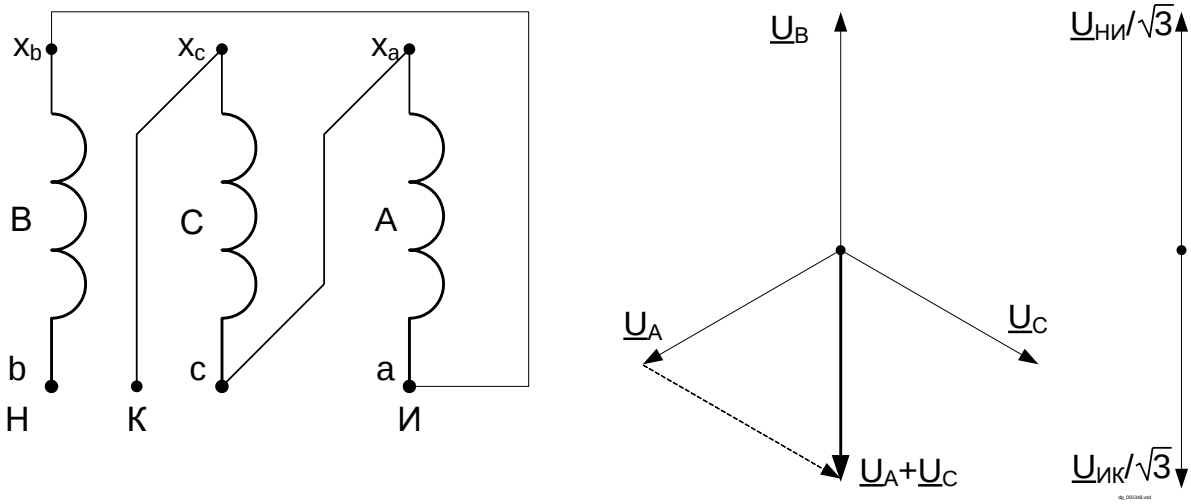


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

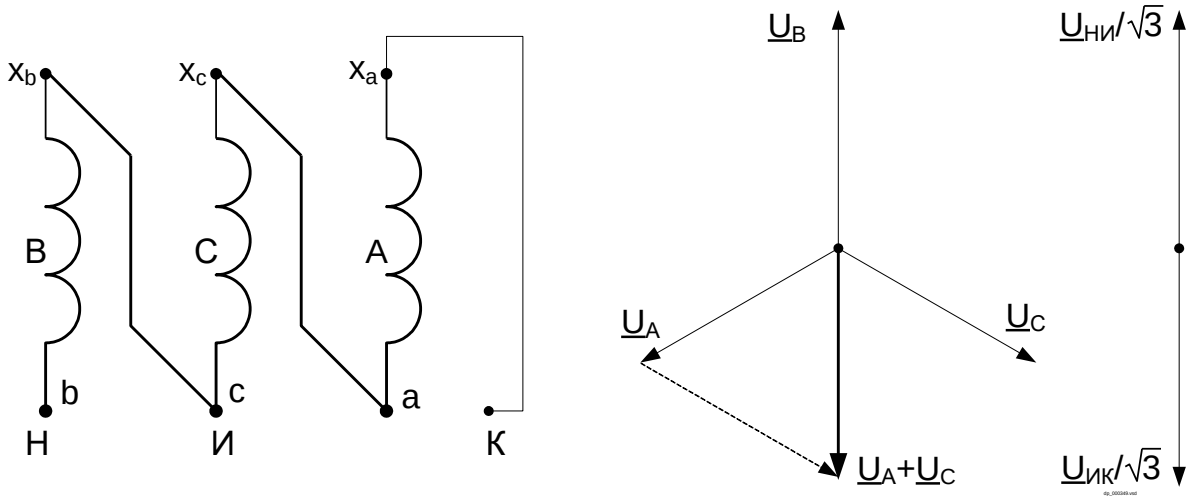


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

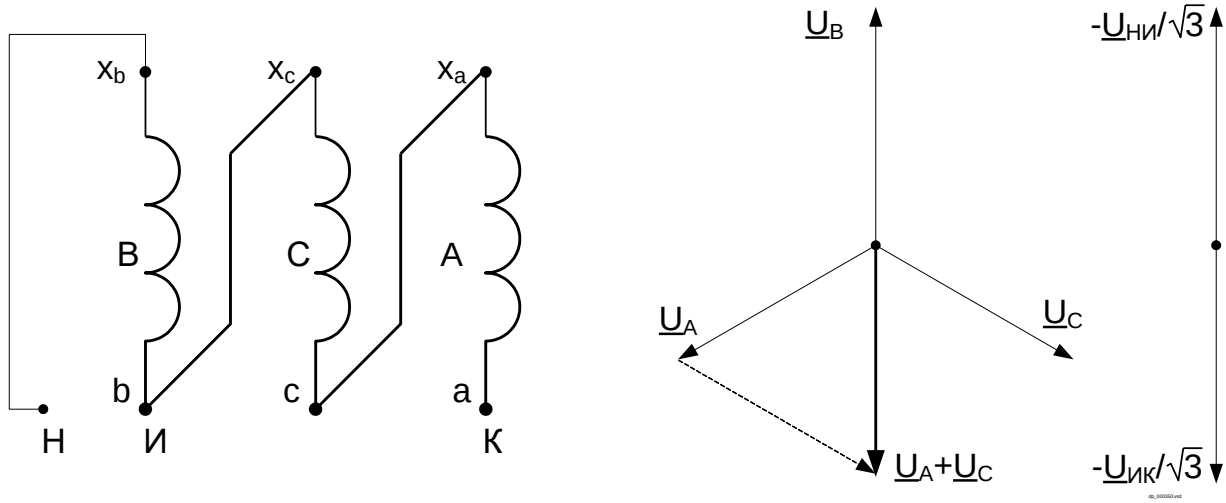


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

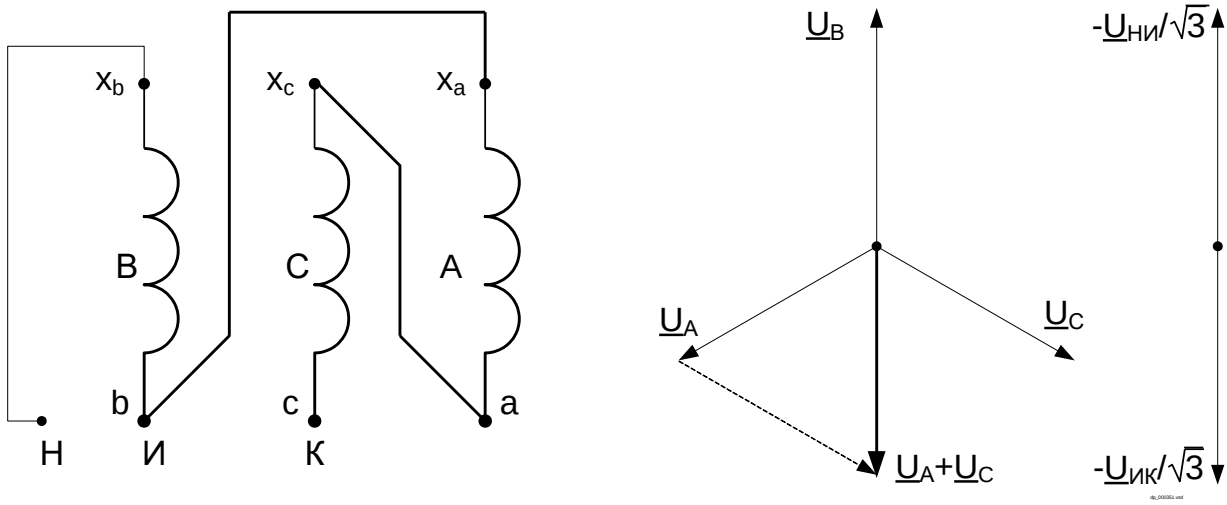


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

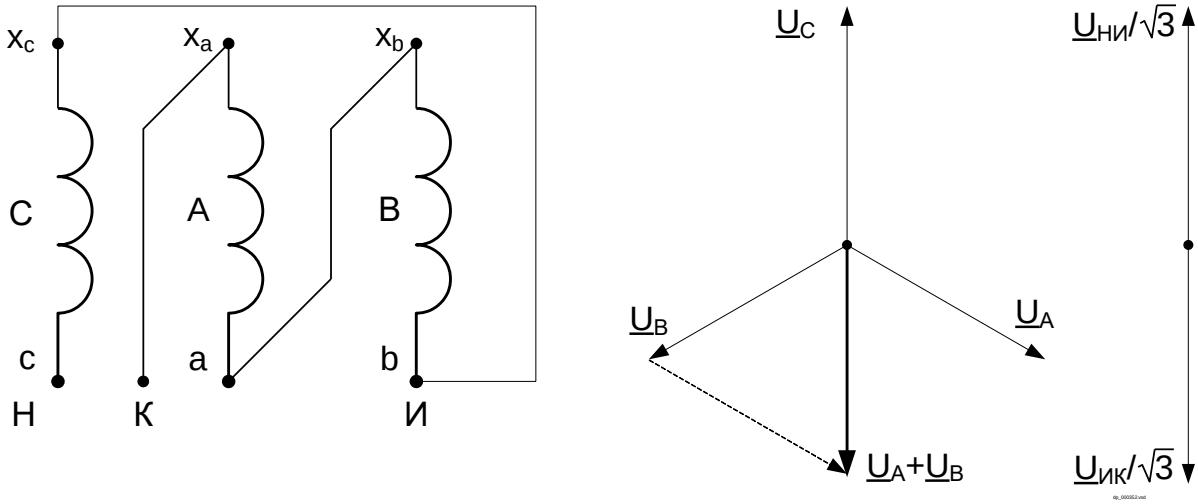


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

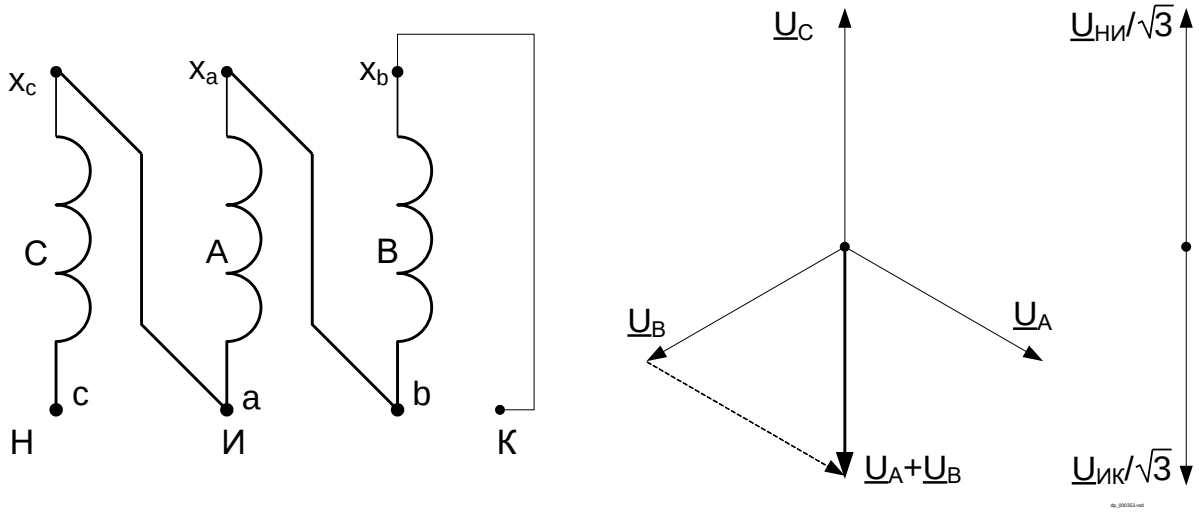


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

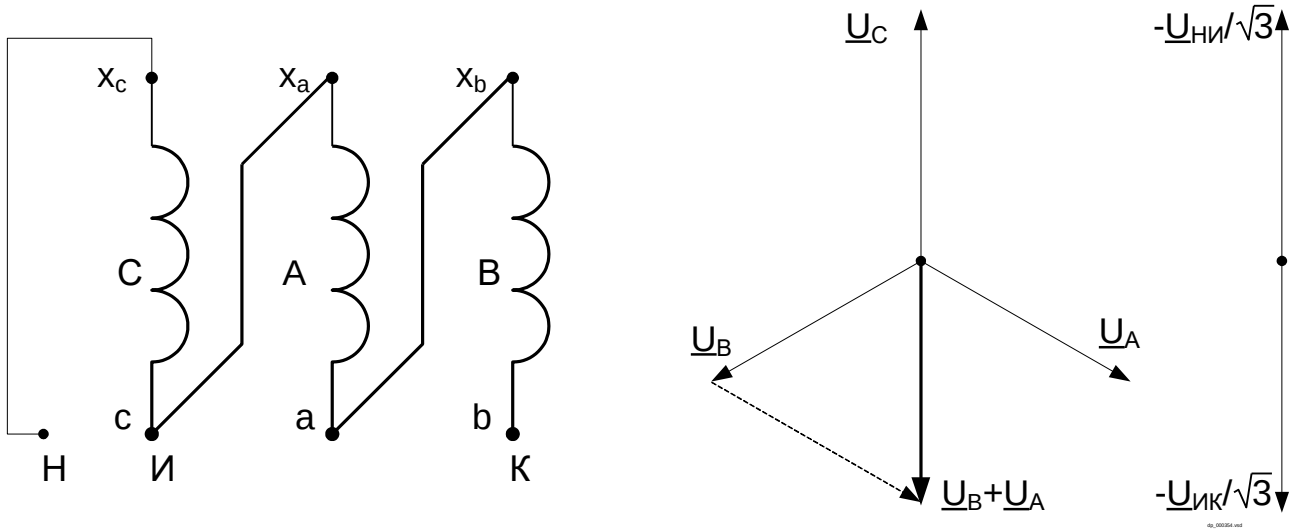


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

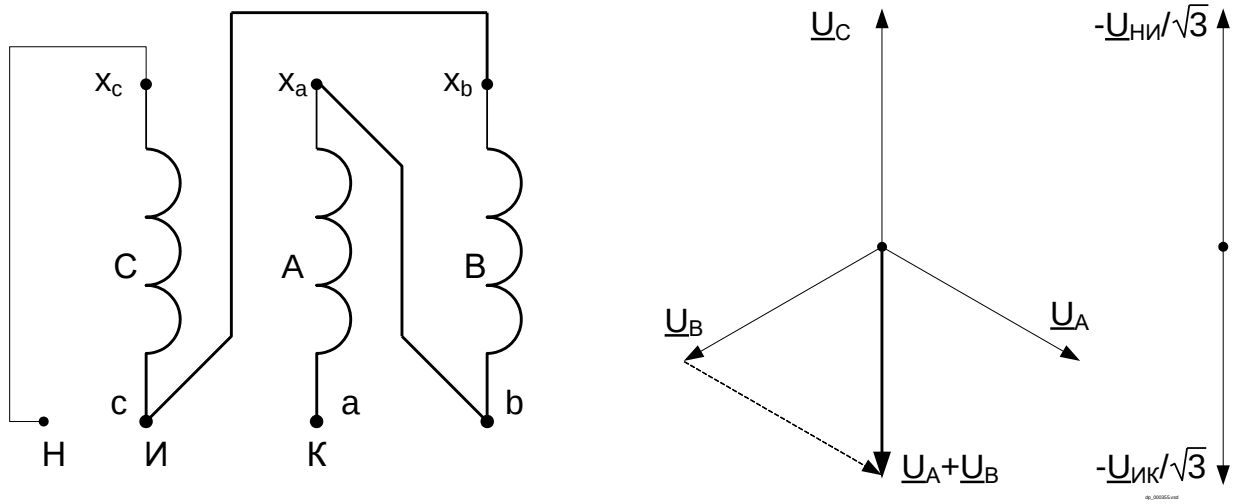


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

Список сокращений

АПВ – автоматическое повторное включение;
АУ – автоматическое ускорение (ускорение при включении);
АУВ – автоматика управления выключателем;
АРПТ – автоматическая разгрузка при перегрузке по току;
АЧР – автоматика частотная разгрузка;
БДОН – блокировка при длительном отсутствии напряжения;
БК I – токовая блокировка при качаниях;
БНН – блокировка при неисправностях в цепях напряжения;
ВВВ – выдержка времени на возврат;
ВВС – выдержка времени на срабатывание;
ВЛ – воздушная линия электропередачи;
ГОСТ – национальный стандарт;
ДЗ – дистанционная защита;
ДЗШ – дифференциальная защита шин;
ДТ – датчик тока;
ЗДЗ – защита от дуговых замыканий;
ЗНФ – защита от непереключения фаз;
ЗОП – защита от обрыва проводника;
ИО – измерительный орган;
ИПФ – избиратель поврежденных фаз;
ИТН – измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ – измерительный трансформатор тока;
ИЧМ – интерфейс «человек-машина»;
КВЛ – кабельная воздушная линия;
КЗ – короткое замыкание;
КРВ – коммутационный ресурс выключателя;
КС – контроль синхронизма;
КУ – ключ управления;
ЛУОСК – логика ускоренного отключения слабого конца;
ЛЭП – линия электропередачи;
МКРВ – модуль контроля ресурса выключателя;
МРВ – механический ресурс выключателя;
МТЗ – максимальная токовая защита;
НП – нулевая последовательность;
о.е. – относительная единица;
ОМП – определение места повреждения;
ОН – отбор напряжения;
ОНМ – орган направления мощности;
ОУ – оперативное ускорение;
ПО – программное обеспечение;
ПП – прямая последовательность;
ПС – подстанция
РНМ – реле направления мощности;
РНМПП – реле направления мощности прямой последовательности;
РПВ – реле положения «Включено»;
РПО – реле положения «Отключено»;
РС – реле сопротивления;
РТ – реле тока (измерительный орган тока);
РФК – реле фиксации команд;
РЭ – руководство по эксплуатации;
ТАПВ – трехфазное автоматическое повторное включение;
РЭ – руководство по эксплуатации;

ТАПВ – трехфазное автоматическое повторное включение;
ТО – токовая отсечка;
ТУ – телеуправление;
УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
УФН – устройство фиксации несоответствия;
УФПВ – узел фиксации положения выключателя;
ФОС – фильтр ортогональных составляющих;
ФСС – фильтр симметричных составляющих;
ЦТ – цепи тока;
ЦУ – цепи управления;
ЧАПВ – частотное автоматическое повторное включение;
ШОН – шкаф отбора напряжения;
ЭМВ – электромагнит включения;
ЭМО – электромагнит отключения.

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	изменённых	заменённых	новых	аннулированных					
-		все			77	СЗ №942			12.04.12
1		все			77	СЗ №1755			27.06.12
2		все			77	АИПБ.56-2013			01.03.13
3		все			83	АИПБ.18-2014			27.01.14
4		1			84	АИПБ.33-2014			06.02.14
5		все			82	АИПБ.72-2014			03.04.14
6		все			82	АИПБ.42-2014			10.06.14
7		все			84	АИПБ.114-2016			22.11.16
8		все			86	АИПБ.71-2017			02.2017
9		1-86	87-99		99	АИПБ.127-2018			11.2018
10		все		99	98	АИПБ.240-2020			09.2020
11		1-5, 27-98			-	АИПБ.178-2021			06.2021