Утвержден
АИПБ.656122.011-073 РЭ2-ЛУ

ТЕРМИНАЛ РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ АВТОТРАНСФОРМАТОРА И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ 110-220 кВ ТИПА «ТОР 300 РЗАТ 56Х»

Руководство по эксплуатации. Описание функций защит
АИПБ.656122.011-073 РЭ2 v21.1

Авторские права на данный документ принадлежат ООО «Релематика», 2020.
Данный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, скопирован, распространен без разрешения разработчика.

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

Содержание

1 Описание и работа 5
1.1 Назначение 5
1.2 Функции устройства 5
1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ) 5
1.2.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) 22
1.2.3 Ускорение ДЗ и ТНЗНП 31
1.2.4 Токовая отсечка (ТО) 42
1.2.5 Автоматическое ускорение ТО (АУ ТО) 43
1.2.6 Максимальная токовая защита (МТЗ) 44
1.2.7 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току (АРПТ) 46
1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН) 47
1.2.9 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН) 53
1.2.10 Защита от обрыва проводника (ЗОП) 54
1.2.11 Защиты выключателя 55
1.2.12 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ) 60
1.2.13 Автоматика управления выключателем (АУВ) 62
1.2.14 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения) 80
1.2.15 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ) 81
1.2.16 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ) 82
1.2.17 Газовая защита (ГЗ) 88
1.2.18 Расчет аналоговых сигналов 90

2 Рекомендации по проверке 95
2.1 Общие указания 95
2.2 Меры по безопасности 95
2.3 Проверка функций защит 95

Приложение А (справочное) Элементы функциональных логических схем 96

Приложение Б (обязательное) Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника» 98

Список сокращений 102

Настоящее РЭ распространяется на терминалы резервных защит автотрансформатора и автоматики управления выключателем 110-220 кВ типа «ТОР 300 РЗАТ 56Х» (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 РЗАТ 56Х» реализован комплект резервных защит присоединения (автотрансформатора) и автоматика управления выключателем 110-220 кВ.

Терминал может содержать:

- до пяти ступеней дистанционной защиты (ДЗ) от междуфазных и земляных замыканий;
- до восьми ступеней токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП);
- оперативное (ОУ) и автоматическое (АУ) ускорение выбранных ступеней ДЗ и ТНЗНП, ускорение от защит смежной стороны;
- токовую отсечку (ТО);
- две ступени ненаправленной максимальной токовой защиты (МТЗ);
- газовую защиту (ГЗ);
- устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- функцию двукратного трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) с контролем наличия и отсутствия напряжения на присоединении и шинах, а также с контролем синхронизма (КС) и улавливанием синхронизма (фазирование);
- автоматику управления выключателем (АУВ);
- защиту электромагнитов включения и отключения выключателя;
- защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и защиту от неполнофазного режима (ЗНР);
- автоматическую разгрузку при перегрузках по току (АРПТ);
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту от обрыва проводника (ЗОП);
- модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ).

Терминал также содержит функцию осциллографирования и регистрации.

1.2 Функции устройства

1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ)

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

1.2.1.1 Принцип работы

ДЗ используется для защиты энергообъектов от всех видов КЗ. Защита срабатывает при снижении замера сопротивления сети, т.е. по принципу действия является минимальной.

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

ИО защиты являются реле полного сопротивления. Каждая из ступеней ДЗ включает три ИО сопротивления для КЗ на землю (канал «фаза-земля») и три ИО сопротивления для междуфазных КЗ (канал «фаза-фаза»). Таким образом, реле сопротивления образуют полносхемную ДЗ.

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

1.2.1.2 Общая логика работы ДЗ

Функциональный блок ДЗ приведен на рисунке 1.

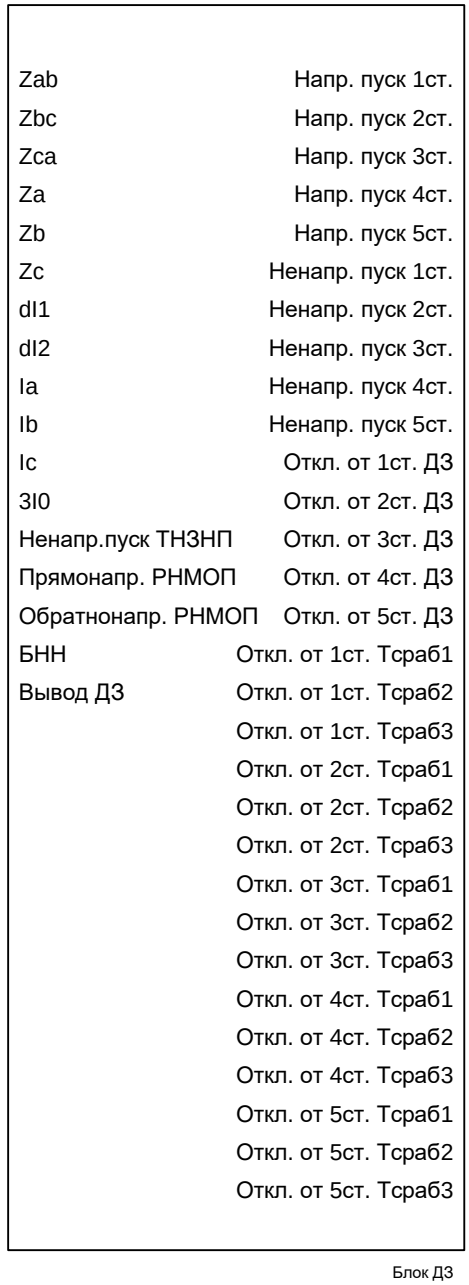


Рисунок 1 – Функциональный блок ДЗ

ДЗ реализует следующие основные блоки:
- пять ступеней ДЗ, орган направленности, орган действия ступени;
- блокировку при качаниях по замеру тока;
- блокировку при качаниях по замеру сопротивления;
- модуль общего критерия повреждения по замеру тока;
- модуль общего критерия повреждения по замеру сопротивления;

ДЗ может выводиться из работы сигналом «Вывод ДЗ».

1.2.1.3 Принцип формирования замера сопротивления ДЗ

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

- для защиты от междуфазных замыканий

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

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

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

- для защиты от замыканий на землю

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

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

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

где $K_{ПД}$ – коэффициент работы по памяти (принят 20 %). При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад). Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации $\underline{k}_0 = K0re + j \cdot K0im$ («**K0re**» и «**K0im**» изменяются в диапазоне от минус 3 до плюс 3 о.е. с шагом 0,001). Он позволяет получать эквивалентный (одинаковый при прочих равных замер сопротивления при однофазном, двухфазном и трехфазном металлических КЗ, а также при двойном замыкании на землю в различных точках энергообъекта (на участках с $3I_0 \neq 0$). В общем случае для однородной линии коэффициент компенсации определяется по формуле $\underline{k}_0 = (\underline{Z}_0 - \underline{Z}_1) / (3\underline{Z}_1)$, где $\underline{Z}_1$ и $\underline{Z}_0$ – суммарные сопротивления прямой и нулевой последовательностей защищаемого объекта.

Таблица 1 – Общие уставки ДЗ

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

1.2.1.4 Принцип работы полигонального реле сопротивления ДЗ

1.2.1.4.1 Каждая из ступеней ДЗ устройства содержит шесть ИО полного сопротивления (три канала «фаза-земля» и три канала «фаза-фаза»). Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления приведена на рисунке 2 и представляет собой многоугольник, который определяется координатами точек A, A1, B, C, C1, D. Она задается уставками «**Zсраб**», «**Rсраб**», «**Фмч**», «**ФвнешКЗ**».

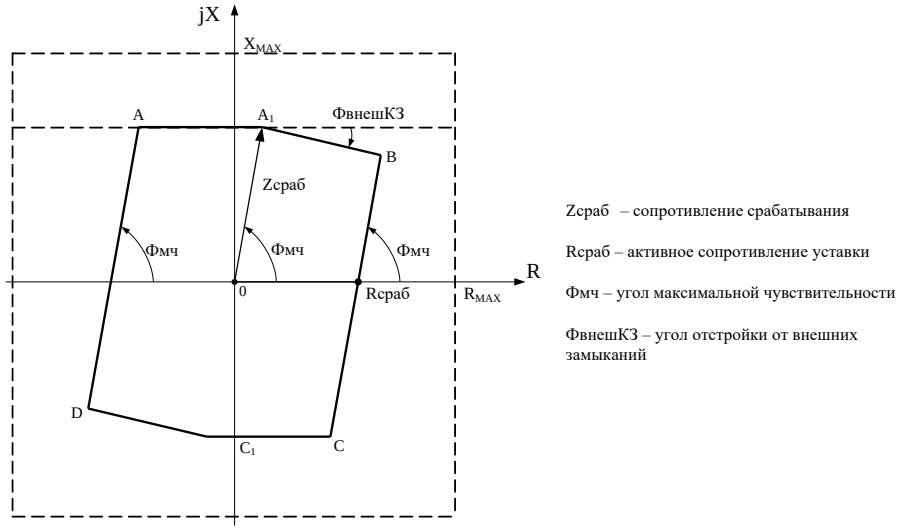


Рисунок 2 – Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления

Характеристики срабатывания ненаправленного ИО сопротивления для каналов «фаза-фаза» и «фаза-земля» могут отличаться друг от друга и задаются независимо для каждой ступени.

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

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

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

Максимальное значение зависит от исполнения токовых цепей:

R_{MAX} = 500 Ом/фазу, X_{MAX} = 500 Ом/фазу – для $I_{ном}$ = 1 А,

R_{MAX} = 100 Ом/фазу, X_{MAX} = 100 Ом/фазу – для $I_{ном}$ = 5 А.

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

Zсраб = 0,5 Ом/фазу, Rсраб = 0,5 Ом/фазу – для $I_{ном}$ = 1 А,

Zсраб = 0,1 Ом/фазу, Rсраб = 0,1 Ом/фазу – для $I_{ном}$ = 5 А.

1.2.1.4.2 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.

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

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

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

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

1.2.1.4.7 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.

1.2.1.4.8 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.

1.2.1.4.9 Коэффициент возврата ИО сопротивления не более 1,1.

1.2.1.4.10 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, соответствующей сопротивлению на зажимах ИО не менее 1,2 $Z_{сраб}$, до величины, соответствующей 0,6 $Z_{сраб}$, не превышает 25 мс.

1.2.1.4.11 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 величины, соответствующего 1,2 $Z_{сраб}$ (но не более 100 В для канала «фаза-фаза» и 57 В – для канала «фаза-земля»), не превышает 50 мс.

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

1.2.1.4.13 Работа ИО сопротивления блокируется при значениях тока, представленного знаменателем дроби сопротивления (1.2.1.3), меньших 0,02 $I_{ном}$.

1.2.1.5 Орган направленности ДЗ (Направленность ДЗ)

1.2.1.5.1 Принцип работы

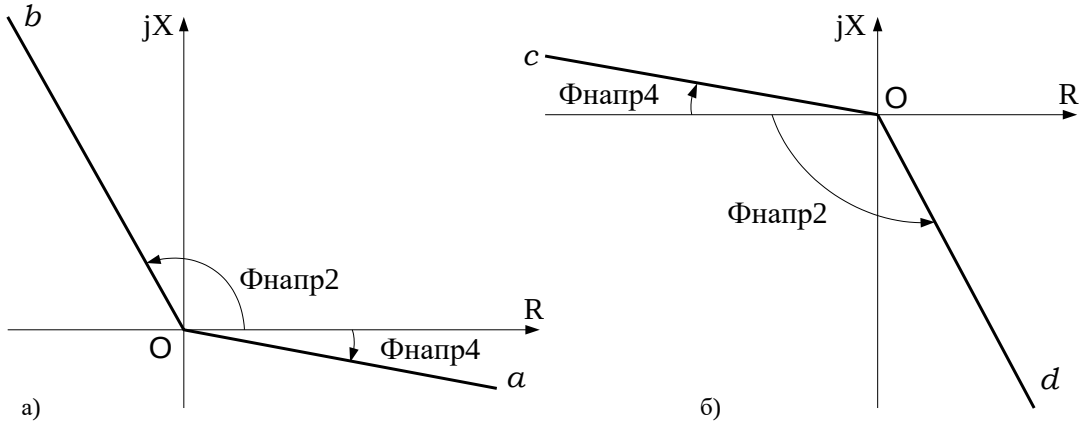
Каждая ступень ДЗ содержит ненаправленные дистанционные органы – ИО полного сопротивления. Для обеспечения направленности действия в ДЗ используются органы направленности по замеру сопротивления и РНМОП ТНЗНП.

ИО направленности по замеру сопротивления предназначены для определения направления в режимах симметричных КЗ, РНМОП – в режимах несимметричных КЗ.

Орган направленности по замеру сопротивления использует замеры сопротивления, рассчитанные по выражениям, представленным в 1.2.1.3. Прямая направленность (замыкание «в зоне») задается с помощью лучей Oa и Ob, исходящих из центра координат, как показано на рисунке 3а).

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

Обратнонаправленный орган задается лучами Oc и Od, исходящими из начала координат, как показано на рисунке 3б), которые симметричны лучам Oa и Ob прямонаправленной характеристики относительно начала координат.



а) прямое направление; б) обратное направление

Рисунок 3 – Характеристики срабатывания ИО направленности ДЗ

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

Таблица 2 – Уставки органа направленности ДЗ

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

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

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

1.2.1.5.4 Дополнительная абсолютная погрешность органа направленности по замеру сопротивления по углам «**Фнапр4**», «**Фнапр2**» при изменении тока КЗ в диапазоне от 2 $I_{тр}$ до 30 $I_{ном}$ не превышает ±7° относительно значений, измеренных при $I_{ном}$.

1.2.1.5.5 Коэффициент возврата ИО сопротивления не более 1,1.

1.2.1.5.6 Время срабатывания органа направленности по замеру сопротивления при токах КЗ не менее 3 $I_{тр}$, напряжении 3 U_{min} и скачкообразном изменении угла полного сопротивления на входе ИО от 1,2 до 0,6 Фнапр4 (аналогично, при изменении угла от 1,2 до 0,6 Фнапр2) не более 25 мс. Разность начального и конечного углов не менее 10º, а контур памяти реле сопротивления должен быть выведен из работы (задана минимальная уставка).

1.2.1.5.7 Время возврата органа направленности по замеру сопротивления при токах КЗ не менее 3 $I_{тр}$, напряжении 3 U_{min} и скачкообразном изменении угла полного сопротивления на входе ИО от 0,6 до 1,2 Фнапр4 (аналогично, при изменении угла от 0,6 до 1,2 Фнапр2) не более 50 мс. Разность начального и конечного углов не менее 10 º, а контур памяти реле сопротивления должен быть выведен из работы.

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

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

1.2.1.6 Ступень ДЗ

1.2.1.6.1 Принцип работы

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

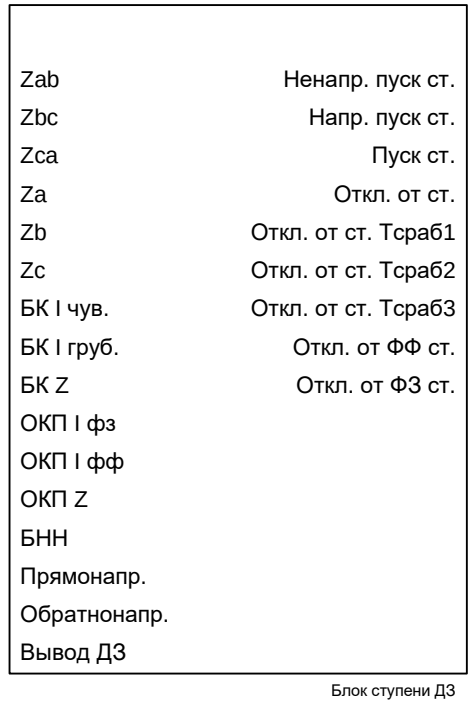


Рисунок 4 – Функциональный блок ступени ДЗ

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока ступени ДЗ

Аналоговые входы	
Zab, Zbc, Zca	Сопротивления каналов «фаза-фаза» AB, BC, CA
Za, Zb, Zc	Сопротивления каналов «фаза-земля» AN, BN, CN
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК Z	Срабатывание блокировки при качаниях по замеру сопротивления
ОКП Z	Срабатывание ОКП по сопротивлению
ОКП I фз	Срабатывание фазного канала ОКП по току
ОКП I фф	Срабатывание междуфазного канала ОКП по току
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Прямонапр.	Срабатывание прямонаправленного органа направленности ДЗ
Обратнонапр.	Срабатывание обратнонаправленного органа направленности ДЗ
Вывод ДЗ	Вывод ступени ДЗ из работы
Логические выходы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ДЗ
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ДЗ
Пуск ст.	Пуск ступени ДЗ
Откл. от ст.	Отключение от ступени ДЗ
Откл. от ст. Тсраб1	Отключение от ступени ДЗ с первой выдержкой времени
Откл. от ст. Тсраб2	Отключение от ступени ДЗ со второй выдержкой времени
Откл. от ст. Тсраб3	Отключение от ступени ДЗ с третьей выдержкой времени
Откл. от ФФ ст.	Отключение от ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза»
Откл. от ФЗ ст.	Отключение от ступени ДЗ по каналу «фаза-земля»

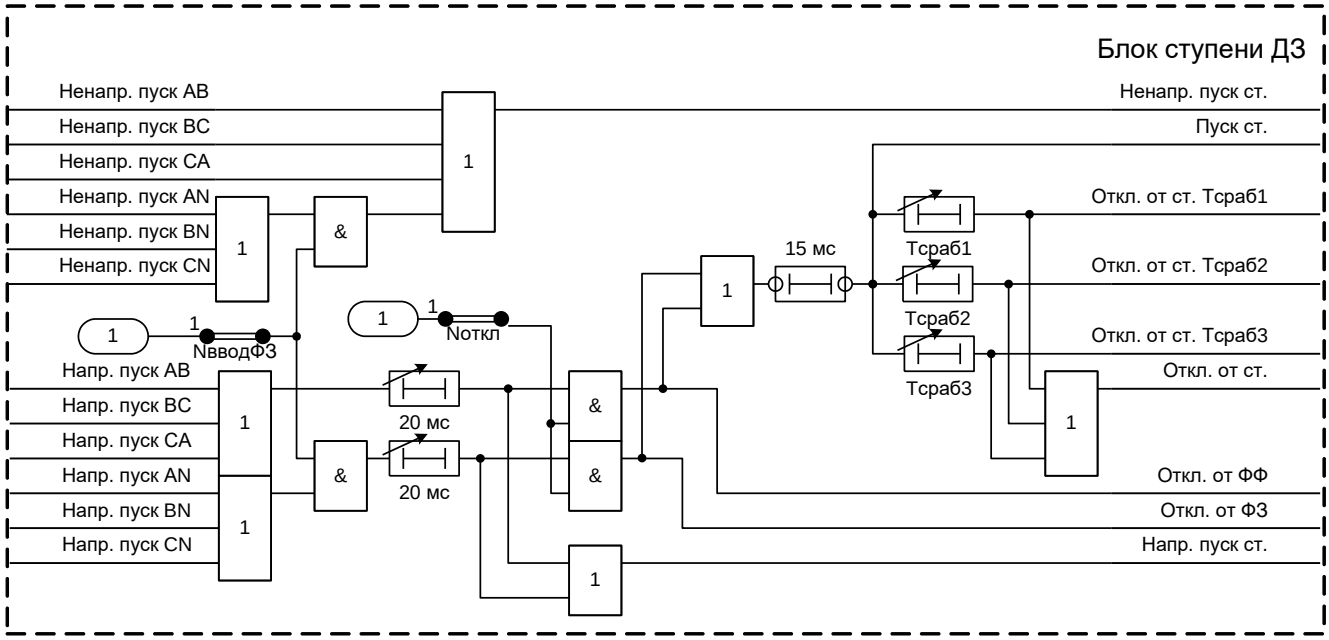


Рисунок 5 – Реализация программного модуля ступени ДЗ

Реализация логики формирования пусков канала АВ ступени приведена на рисунке 6 (для других каналов схема аналогична).

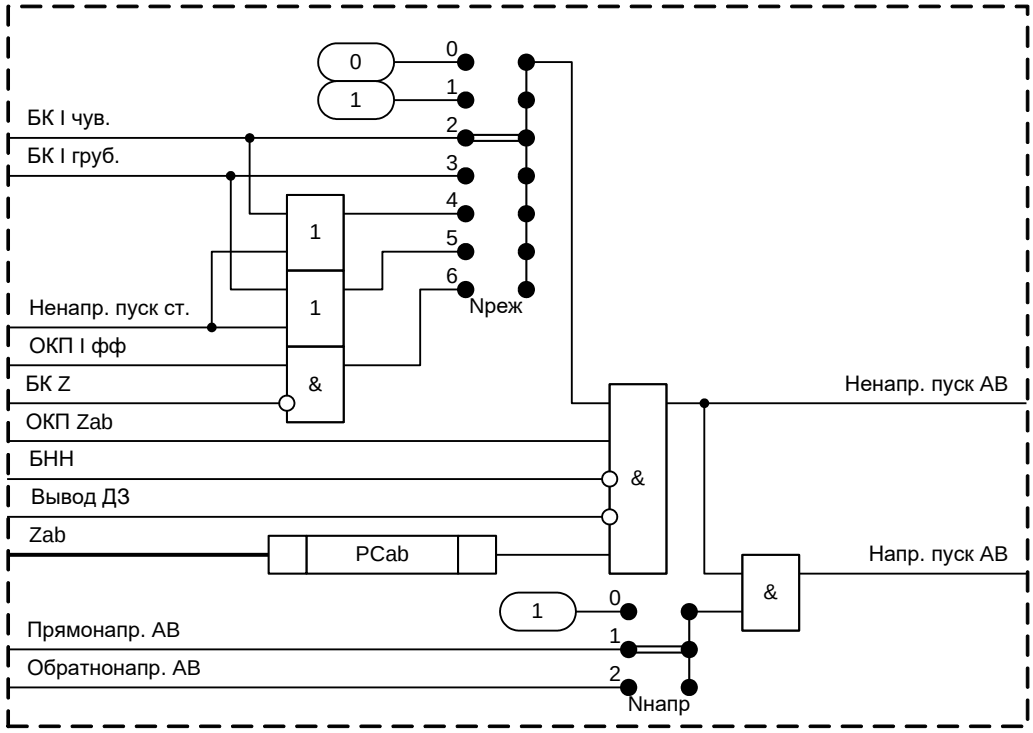


Рисунок 6 – Реализация логики формирования направленного пуска ступеней на примере канала АВ

Зона действия каждой ступени ДЗ определяется характеристиками ИО сопротивления (1.2.1.4). Каждая ступень может быть прямонаправленной, обратнонаправленной или ненаправленной. Условия пуска каждой из ступеней также могут быть различными и определяются программными накладками.

Программной накладкой «**Nреж**» определяется режим работы ступени ДЗ:

- «**Nреж**» = 0 – ступень выведена из работы;
- «**Nреж**» = 1 – ступень работает независимо от пусковых ИО;
- «**Nреж**» = 2 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I;
- «**Nреж**» = 3 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I;

- «**Nреж**» = 4 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I с фиксацией (подхватом) от ненаправленного пуска ступени;
- «**Nреж**» = 5 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I с фиксацией (подхватом) от ненаправленного пуска ступени;
- «**Nреж**» = 6 – ступень работает при срабатывании ОКП I и несрабатывании БК Z.

Программной накладкой «**Nнапр**» определяется режим направленности ступени ДЗ:

- «**Nнапр**» = 0 – ступень работает без контроля направленности;
- «**Nнапр**» = 1 – разрешается работа ступени, если орган направленности ДЗ выдает сигнал о КЗ в прямом направлении;
- «**Nнапр**» = 2 – разрешается работа ступени, если орган направленности ДЗ выдает сигнал о КЗ в обратном направлении.

Для надежного определения направления на КЗ в режиме, когда происходит смена направления мощности на противоположное, предусматривается задержка на 20 мс на формирование сигнала направленного пуска ступени.

Программная накладка «**NвводФЗ**» разрешает работу каналов «фаза-земля».

Сигналы направленных и ненаправленного пусков всех каналов объединяются по логике «ИЛИ» для формирования сигналов пуска ступени.

Программная накладка «**Nоткл**» разрешает сигнал на отключение от ступени.

Таблица 4 – Уставки ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-земля», Ом	ZсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	3
Активное сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-земля», Ом	RсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	1
Угол максимальной чувствительности по каналу «фаза-земля», градус	ФмчФЗ	от 30 до 90 (шаг 1)	80
Угол отстройки от внешних замыканий по каналу «фаза-земля», градус	ФвнешКЗфз	от 0 до 60 (шаг 1)	10
Сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	3
Активное сопротивление срабатывания ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза», Ом	RсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	1
Угол максимальной чувствительности по каналу «фаза-фаза», градус	ФмчФФ	от 30 до 90 (шаг 1)	80
Угол отстройки от внешних замыканий по каналу «фаза-фаза», градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	10
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – непрерывный, 2 – БК I чув., 3 – БК I груб., 4 – БК I чув. с подхватом, 5 – БК I груб. с подхватом, 6 – БК Z & ОКП I)	Nреж	–	2
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ненапр., 1 – прямонапр., 2 – обратнонапр.)	Nнапр	–	1
Работа каналов «фаза-земля» ступени ДЗ (0 – нет, 1 – да)	NвводФЗ	–	0
Отключение от ступени ДЗ (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0
Первая ВВС ступени ДЗ, мс	Tсраб1	от 0 до 32000 (шаг 1)	500
Вторая ВВС ступени ДЗ, мс	Tсраб2	от 0 до 32000 (шаг 1)	1000
Третья ВВС ступени ДЗ, мс	Tсраб3	от 0 до 32000 (шаг 1)	1500

1.2.1.7 Блокировка при качаниях по замеру тока (БК I)

1.2.1.7.1 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 7, его реализация приведена на рисунке 8.

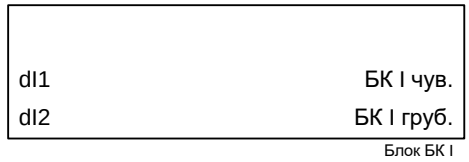


Рисунок 7 – Функциональный блок БК I

Таблица 5 – 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

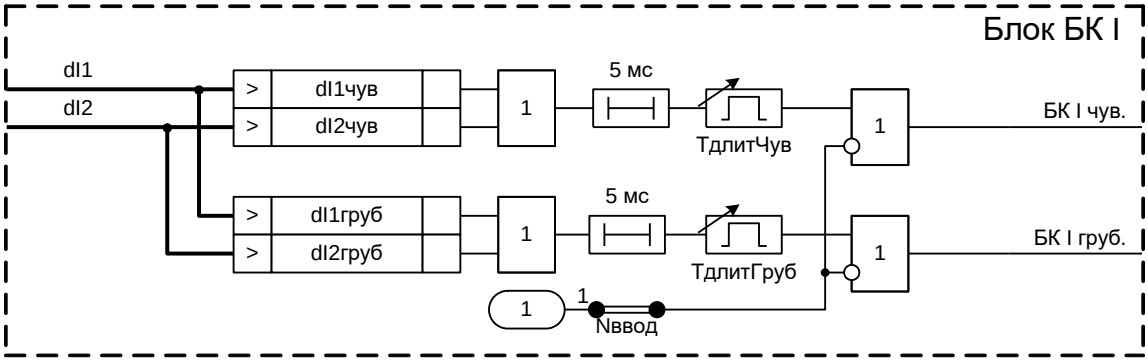


Рисунок 8 – Реализация программного модуля БК I

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

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

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

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 I 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 I.

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 6 – Уставки БК I

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Приращение тока прямой последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1чув	от 8 до 300 (шаг 1)	15
Приращение тока обратной последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2чув	от 4 до 150 (шаг 1)	12
Приращение тока прямой последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1груб	от 12 до 500 (шаг 1)	25
Приращение тока обратной последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2груб	от 6 до 250 (шаг 1)	20
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 200 до 12000 (шаг 1)	400

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

1.2.1.7.3 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.

1.2.1.7.4 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.

1.2.1.7.5 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.

1.2.1.8 Блокировка при качаниях по замеру сопротивления (БК Z)

1.2.1.8.1 Принцип работы

Функциональный блок БК Z сопротивления приведен на рисунке 9.

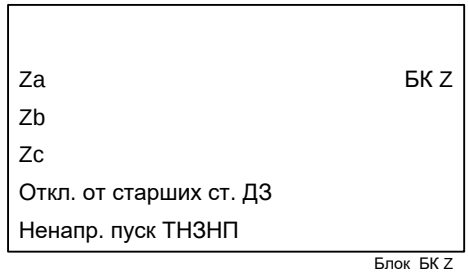


Рисунок 9 – Функциональный блок БК Z

Таблица 7 – Входы и выходы функционального блока БК Z

Аналоговые входы	
Za, Zb, Zc	Сопротивления каналов «фаза-земля» AN, BN, CN
Аналоговые выходы	Отсутствуют

Логические входы	
Откл. от старших ст. ДЗ	Отключение от старших ступеней ДЗ
Ненапр. пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Логические выходы	
БК Z	Срабатывание БК Z

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

Основными элементами БК Z являются два РС с прямоугольной характеристикой срабатывания, симметричные относительно начала координат: внутренняя уставочная характеристика задается уставками «**Хвнутр**» и «**Rвнутр**»; внешняя характеристика определяется границами Хвнутр*KX и Rвнутр*KR, как показано на рисунке 10.

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

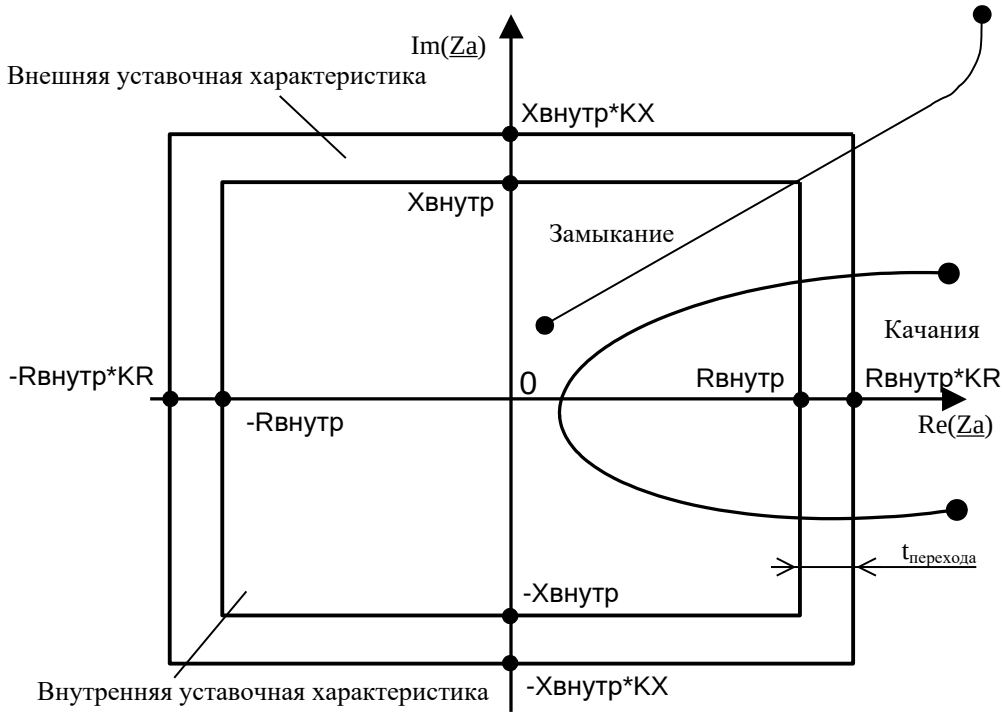


Рисунок 10 – Годографы замера комплексного сопротивления на плоскости РС фазы А при качаниях и при замыкании

РС БК Z включаются на все фазные замеры (1.2.1.3). Определение качаний для каждой фазы производится независимо. На рисунке 11 приведена логика определения качаний в фазе А (для других фаз логическая схема аналогична).

Если время перехода ($t_{перехода}$) от внешней характеристики к внутренней больше времени, определяемого уставкой «**Тцикл1**», то делается вывод о появлении качаний в фазе А (для других фаз логическая схема аналогична).

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

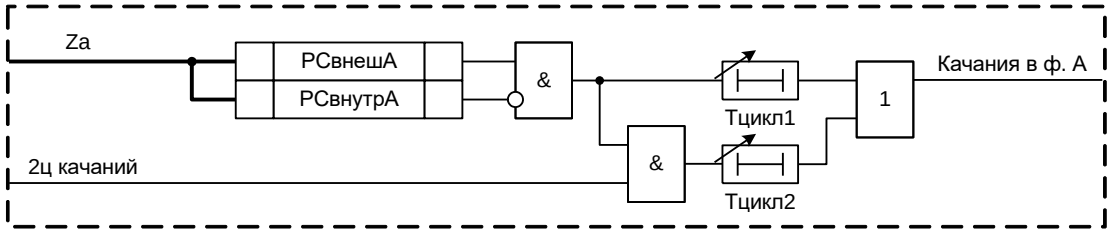


Рисунок 11 – Реализация логики обнаружения качаний в фазе А по замеру сопротивления

Факт качаний фиксируется при появлении качаний в одной либо двух фазах, что определяется программной накладкой «**Nреж**». После фиксации качаний выдается сигнал на блокирование соответствующих ступеней ДЗ на время, определяемое уставкой «**ТпродБлк**», если нет условий для разблокирования, как показано на рисунке 12.

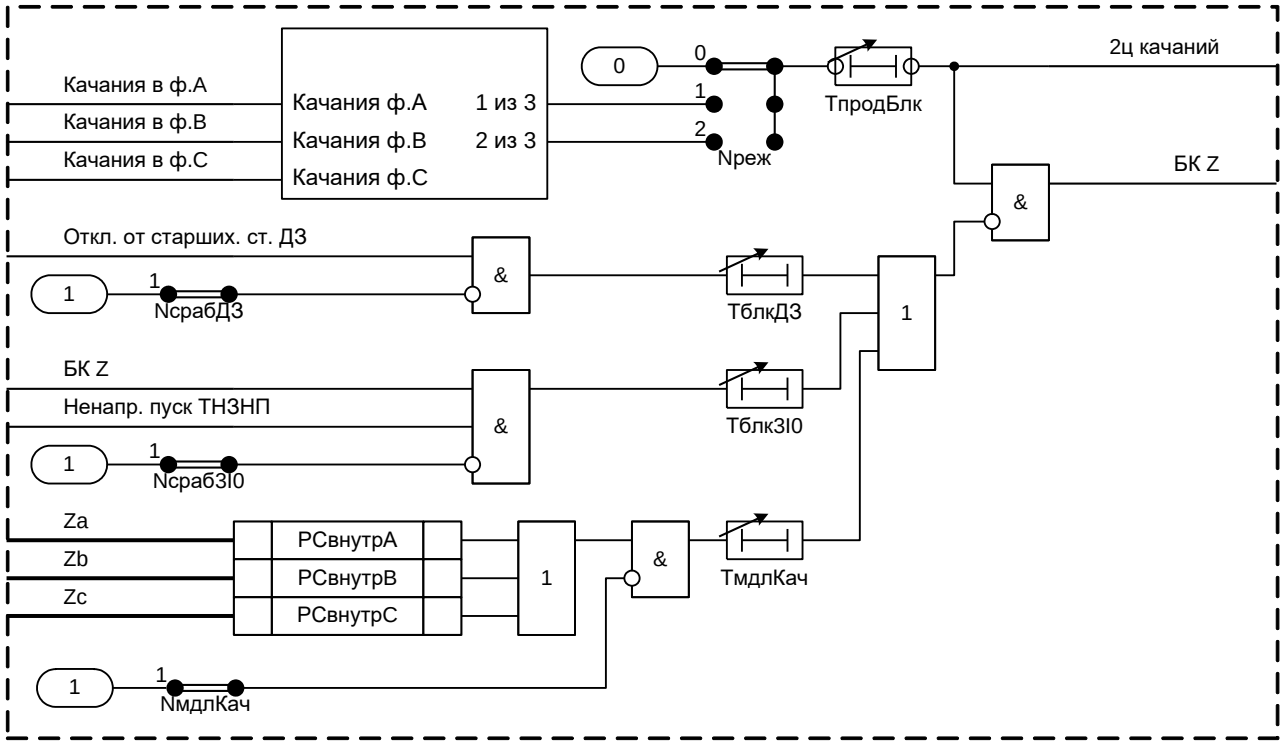


Рисунок 12 – Реализация логики формирования сигнала блокировки ДЗ от БК Z

Предусмотрена блокировка работы модуля БК Z в следующих случаях:

- при срабатывании старших ступеней ДЗ через выдержку времени «**ТблкДЗ**» (положение программной накладки **«NсрабДЗ»** = 0);
- если после появления сигнала «Качания» по сигналу пуска ТНЗНП фиксируется ток нулевой последовательности, который держится в течение времени, определяемого уставкой «**Тблк3I0**», то делается вывод о КЗ на землю в режиме качаний (положение программной накладки «**Nсраб3I0**» = 0);
- если обнаружены качания и, хотя бы один из замеров сопротивления находится во внутренней характеристике в течение времени, определяемого уставкой «**ТмдлКач**», то делается вывод о наблюдении режима КЗ на фоне качаний (положение программной накладки «**NмдлКач**» = 0).

Таблица 8 – Уставки БК Z

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси R, Ом	Rвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси X, Ом	Xвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	30
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси R по отношению к внутренней, % от Rвнутр	KR	от 120 до 200 (шаг 0,1)	120
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси X по отношению к внутренней, % от Xвнутр	KX	от 120 до 200 (шаг 0,1)	120
Режим работы БК Z (0 – вывод, 1 – 1 из 3, 2 – 2 из 3)	Nреж	–	0
Работа БК Z при срабатывании ступеней ДЗ (0 – нет, 1 – да)	NсрабДЗ	–	0
Работа БК Z при наличии тока нулевой последовательности (0 – нет, 1 – да)	Nсраб3I0	–	0
Работа БК Z при медленных качаниях (0 – нет, 1 – да)	NмдлКач	–	0
ВВС на выявление первого цикла качаний, мс	Tцикл1	от 10 до 32000 (шаг 1)	45
ВВС на выявление последующих циклов качаний, мс	Tцикл2	от 20 до 32000 (шаг 1)	25
ВВВ блокирования защит от БК Z, мс	TпродБлк	от 100 до 10000 (шаг 1)	500
ВВС на запрет БК Z при срабатывании ДЗ, мс	TблкДЗ	от 10 до 30000 (шаг 1)	2000
ВВС на сброс БК Z при пуске ТНЗНП, мс	Tблк3I0	от 10 до 5000 (шаг 1)	200
ВВС на сброс БК Z при медленных качаниях, мс	TмдлКач	от 100 до 5000 (шаг 1)	200

1.2.1.8.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.1.4.2–1.2.1.4.13.

1.2.1.9 Общий критерий повреждения по замеру сопротивления (ОКП Z)

1.2.1.9.1 Принцип работы

Основной задачей ОКП является выявление факта и вида повреждения на большей части сети, контролируемой защитой. В устройстве предусмотрена функция ОКП, основанная на контроле понижения полного сопротивления и имеющая расширенную характеристику срабатывания РС (рисунок 14).

Функциональный блок ОКП Z приведен на рисунке 13.

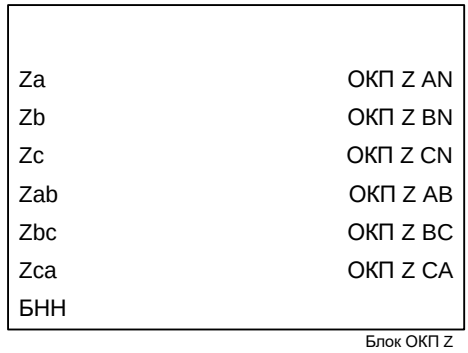


Рисунок 13 – Функциональный блок ОКП Z

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока ОКП Z

Аналоговые входы	
Za, Zb, Zc	Сопротивления каналов «фаза-земля» AN, BN, CN
Zab, Zbc, Zca	Сопротивления каналов «фаза-фаза» AB, BC, CA
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Логические выходы	
ОКП Z AN, ОКП Z BN, ОКП Z CN	Срабатывание ОКП Z каналов «фаза-земля» AN, BN, CN
ОКП Z AB, ОКП Z BC, ОКП ZCA	Срабатывание ОКП Z каналов «фаза-фаза» AB, BC, CA

Функция ОКП Z содержит шесть РС. Каналы «фаза-фаза» и «фаза-земля» имеют независимые характеристики срабатывания, которые симметричны относительно оси мнимых, как показано на рисунке 14.

РС функции ОКП реагируют на замер сопротивления ДЗ (1.2.1.3).

Функция ОКП может быть заблокирована внешним сигналом БНН.

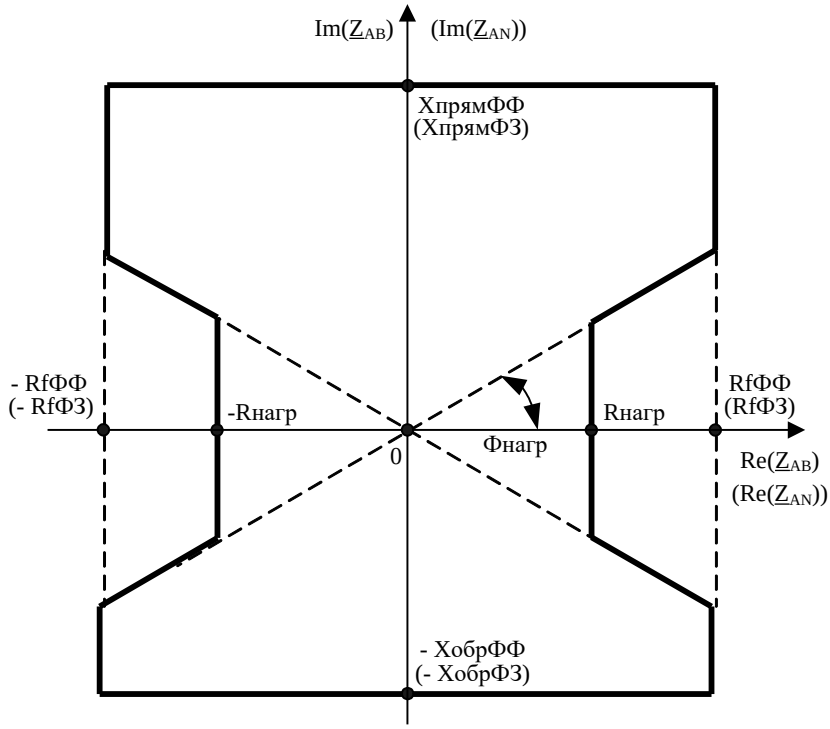


Рисунок 14 – Характеристика срабатывания РС междуфазного канала АВ ОКП Z (в скобках указаны уставки для канала «фаза-земля» AN)

Таблица 10 – Уставки ОКП Z

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка ОКП по оси X в прямом направлении по каналу «фаза-фаза», Ом	ХпрямФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка ОКП по оси X в обратном направлении по каналу «фаза-фаза», Ом	ХобрФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка ОКП по оси X в прямом направлении по каналу «фаза-земля», Ом	ХпрямФЗ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка ОКП по оси X в обратном направлении по каналу «фаза-земля», Ом	ХобрФЗ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Максимальное переходное сопротивление при замыканиях по каналу «фаза-фаза», Ом	RfФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Максимальное переходное сопротивление при замыканиях по каналу «фаза-земля», Ом	RfФЗ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Минимальное сопротивление нагрузки по оси R, Ом	Rнагр	от 1 до 500 (шаг 0,01)	20
Угол отстройки от нагрузочного режима, градус	Фнагр	от 5 до 60 (шаг 1)	26

1.2.1.9.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.1.4.2–1.2.1.4.13.

1.2.1.10 Общий критерий повреждения по замеру тока (ОКП I)

1.2.1.10.1 Принцип работы

Основной задачей ОКП является выявление факта и вида повреждения на большей части сети, контролируемой защитой. В устройстве предусмотрен орган ОКП, основанный на соотношении фазных токов и токов нулевой последовательности.

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

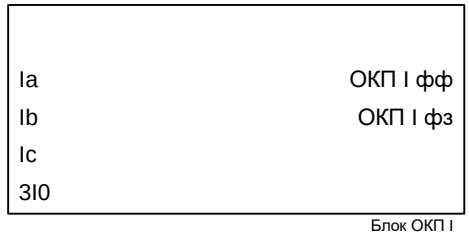


Рисунок 15 – Функциональный блок ОКП I

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока ОКП I

Аналоговые входы	
Ia	Ток фазы A
Ib	Ток фазы B
Ic	Ток фазы C
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
ОКП I фф	Срабатывание канала «фаза-фаза» ОКП I
ОКП I фз	Срабатывание канала «фаза-земля» ОКП I

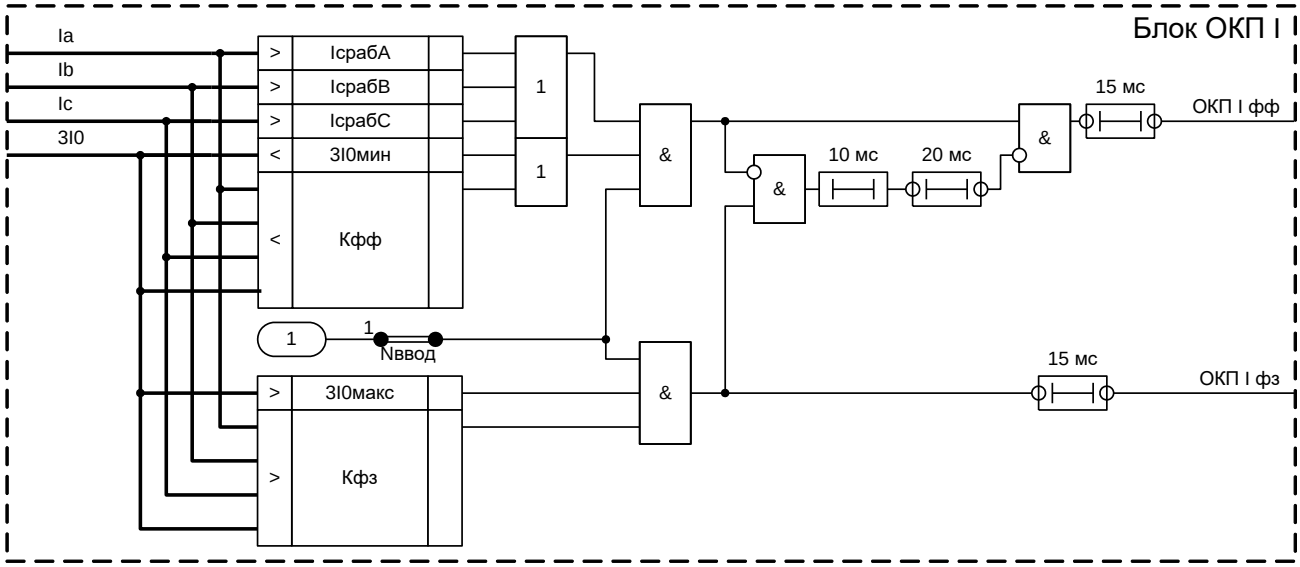


Рисунок 16 – Реализация программного модуля ОКП I

Срабатывание канала «фаза-земля» («ОКП I фз») происходит при условии превышения током нулевой последовательности минимального тока работы ДЗ («**3I0макс**») и при условии, что отношение тока нулевой последовательности к максимальному фазному току больше, чем коэффициент тока нулевой последовательности при КЗ на землю («**Кфз**»).

Срабатывание канала «фаза-фаза» («ОКП I фф») происходит при следующих условиях:

- ток нулевой последовательности меньше минимального установленного тока нулевой последовательности («**3I0мин**») или отношение утроенного тока нулевой последовательности к максимальному фазному току меньше коэффициента максимального тока нулевой последовательности при междуфазных замыканиях («**Кфф**»);
- модуль максимального фазного тока больше, чем уставка минимального тока замыкания («**IсрабФФ**»).

При срабатывании канала «фаза-земля» ранее срабатывания канала «фаза-фаза» вводится задержка на пуск канала «фаза-земля» на 20 мс, что дает больший приоритет по пуску для каналов «фаза-земля» при замыканиях на землю.

ОКП I может быть введен при помощи программной накладкой «**Nввод**».

Таблица 12 – Уставки ОКП I

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания при замыканиях по каналу «фаза-фаза», % от $I_{ном}$	IсрабФФ	от 10 до 400 (шаг 1)	200
Утроенный ток нулевой последовательности при замыканиях по каналу «фаза-фаза», % от $I_{ном}$	3I0мин	от 5 до 200 (шаг 1)	20
Утроенный ток нулевой последовательности при замыканиях по каналу «фаза-земля», % от $I_{ном}$	3I0макс	от 30 до 450 (шаг 1)	30
Коэффициент максимального тока нулевой последовательности при замыканиях по каналу «фаза-фаза», %	Кфф	от 10 до 100 (шаг 1)	40
Коэффициент минимального тока нулевой последовательности при замыканиях по каналу «фаза-земля», %	Кфз	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Работа ОКП I (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1

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

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

1.2.1.10.4 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, определенного при номинальной частоте.

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

1.2.1.10.6 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)

1.2.2.1 Принцип работы

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

ИО защиты являются реле тока и реле направления мощности нулевой последовательности. В устройстве реализованы восемь ступеней ТНЗНП. Уставки каждой зоны независимы друг от друга по направленности и по зоне охвата.

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

Функциональный блок ТНЗНП приведен на рисунке 17.

ТНЗНП реализует следующие основные блоки:

- восемь ступеней ТНЗНП, орган направленности;
- блокировку при броске намагничивающего тока.

ТНЗНП может выводиться из работы сигналом «Вывод ТНЗНП». Дополнительно предусмотрена возможность оперативного ввода/вывода ступеней 6–8 ТНЗНП сигналом «Вывод 6-8ст.».

3I0	Напр. пуск 1ст.
3U0	Напр. пуск 2ст.
3U0f3	Напр. пуск 3ст.
U2	Напр. пуск 4ст.
I2	Напр. пуск 5ст.
3I0f2	Напр. пуск 6ст.
БНН	Напр. пуск 7ст.
Вывод ТНЗНП	Напр. пуск 8ст.
Вывод 6-8ст.	Ненапр. пуск 1ст.
	Ненапр. пуск 2ст.
	Ненапр. пуск 3ст.
	Ненапр. пуск 4ст.
	Ненапр. пуск 5ст.
	Ненапр. пуск 6ст.
	Ненапр. пуск 7ст.
	Ненапр. пуск 8ст.
	Ненапр. пуск
	Пуск ТНЗНП
	Откл. от 1ст.
	Откл. от 2ст.
	Откл. от 3ст.
	Откл. от 4ст.
	Откл. от 5ст.
	Откл. от 6ст.
	Откл. от 7ст.
	Откл. от 8ст.
	Откл. от 1ст. Тсраб1
	Откл. от 1ст. Тсраб2
	Откл. от 1ст. Тсраб3
	Откл. от 2ст. Тсраб1
	Откл. от 2ст. Тсраб2
	Откл. от 2ст. Тсраб3
	Откл. от 3ст. Тсраб1
	Откл. от 3ст. Тсраб2
	Откл. от 3ст. Тсраб3
	Откл. от 4ст. Тсраб1
	Откл. от 4ст. Тсраб2
	Откл. от 4ст. Тсраб3
	Откл. от 5ст. Тсраб1
	Откл. от 5ст. Тсраб2
	Откл. от 5ст. Тсраб3
	Откл. от 6ст. Тсраб1
	Откл. от 6ст. Тсраб2
	Откл. от 6ст. Тсраб3
	Откл. от 7ст. Тсраб1
	Откл. от 7ст. Тсраб2
	Откл. от 7ст. Тсраб3
	Откл. от 8ст. Тсраб1
	Откл. от 8ст. Тсраб2
	Откл. от 8ст. Тсраб3
	Блок. по второй гарм.
	Прямонапр. РНМОП
	Обратнонапр. РНМОП

Блок ТНЗНП

Рисунок 17 – Функциональный блок ТНЗНП

1.2.2.2 Ступень ТНЗНП

1.2.2.2.1 Принцип работы

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

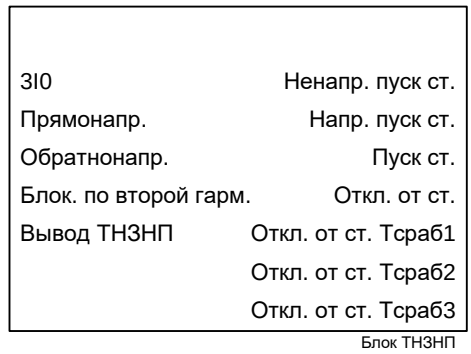


Рисунок 18 – Функциональный блок ступени ТНЗНП

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока ступени ТНЗНП

Аналоговые входы	
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Прямонапр.	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр.	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности
Блок. по второй гарм.	Блокировка действия ступени ТНЗНП при броске намагничивающего тока
Вывод ТНЗНП	Вывод ступени ТНЗНП
Логические выходы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ТНЗНП
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ТНЗНП
Пуск ст.	Пуск ступени ТНЗНП
Откл. от ст.	Отключение от ступени ТНЗНП с ВВ
Откл. от ст. Тсраб1	Отключение от ступени ТНЗНП с первой выдержкой времени
Откл. от ст. Тсраб2	Отключение от ступени ТНЗНП со второй выдержкой времени
Откл. от ст. Тсраб3	Отключение от ступени ТНЗНП с третьей выдержкой времени

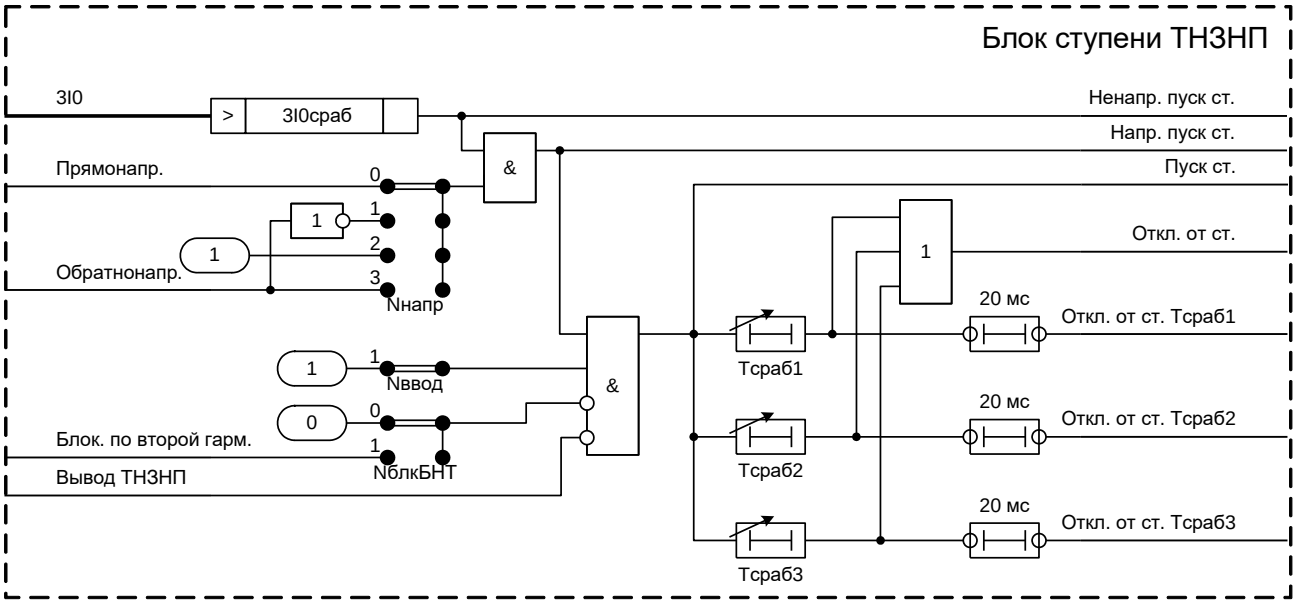


Рисунок 19 – Реализация программного модуля ступени ТНЗНП

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

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

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

Режим работы ступени ТНЗНП при БНТ смежного силового трансформатора задается при помощи программной накладки «**NблкБНТ**». Работа модуля броска намагничивающего тока приведена в 1.2.2.4.

Ступень ТНЗНП может быть выведена из работы сигналом «Вывод ТНЗНП».

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

Выдержки времени воздействия на выключатели в прямом или обратном направлении задаются уставками «**Tсраб1**», «**Tсраб2**», «**Tсраб3**».

Таблица 14 – Уставки ступени ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ступени ТНЗНП, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	270
Режим направленности ступени ТНЗНП (0 – прямонапр., 1 – не обратнонапр., 2 – ненапр., 3 –обратнонапр.)	Nнапр	–	0
Работа ступени ТНЗНП (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Блокирование ступени ТНЗНП при БНТ (0 – нет, 1 – да)	NблкБНТ	–	0
Первая ВВС ступени ТНЗНП, мс	Tсраб1	от 20 до 32000 (шаг 1)	500
Вторая ВВС ступени ТНЗНП, мс	Tсраб2	от 20 до 32000 (шаг 1)	1000
Третья ВВС ступени ТНЗНП, мс	Tсраб3	от 20 до 32000 (шаг 1)	1500

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

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

1.2.2.2.4 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, определенного при номинальной частоте.

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

1.2.2.2.6 Время срабатывания 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.2.3 Орган направленности ТНЗНП (Направленность ТНЗНП)

1.2.2.3.1 Принцип работы

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

Функциональный блок направленности ТНЗНП приведен на рисунке 20. Реализация логики работы направленности ТНЗНП приведена на рисунке 21.

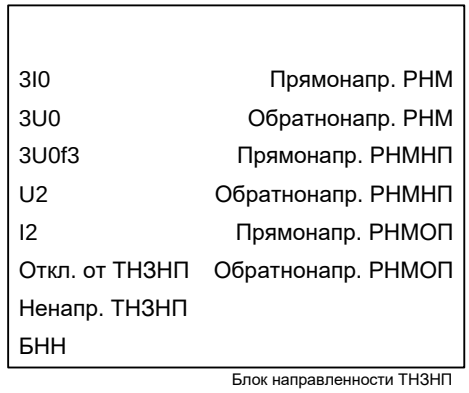


Рисунок 20 – Функциональный блок направленности ТНЗНП

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока направленности ТНЗНП

Аналоговые входы	
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
3U0	Утроенное напряжение нулевой последовательности
3U0f3	Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники
U2	Напряжение обратной последовательности
I2	Ток обратной последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Откл. от ТНЗНП	Срабатывание ступеней ТНЗНП на отключение выключателя
Ненапр. ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Логические выходы	
Прямонапр. РНМ	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности (разрешающее)
Обратнонапр. РНМ	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности (блокирующее)
Прямонапр. РНМНП	Срабатывание прямонаправленного РНМНП
Обратнонапр. РНМНП	Срабатывание обратнонаправленного РНМНП
Прямонапр. РНМОП	Срабатывание прямонаправленного РНМОП
Обратнонапр. РНМОП	Срабатывание обратнонаправленного РНМОП

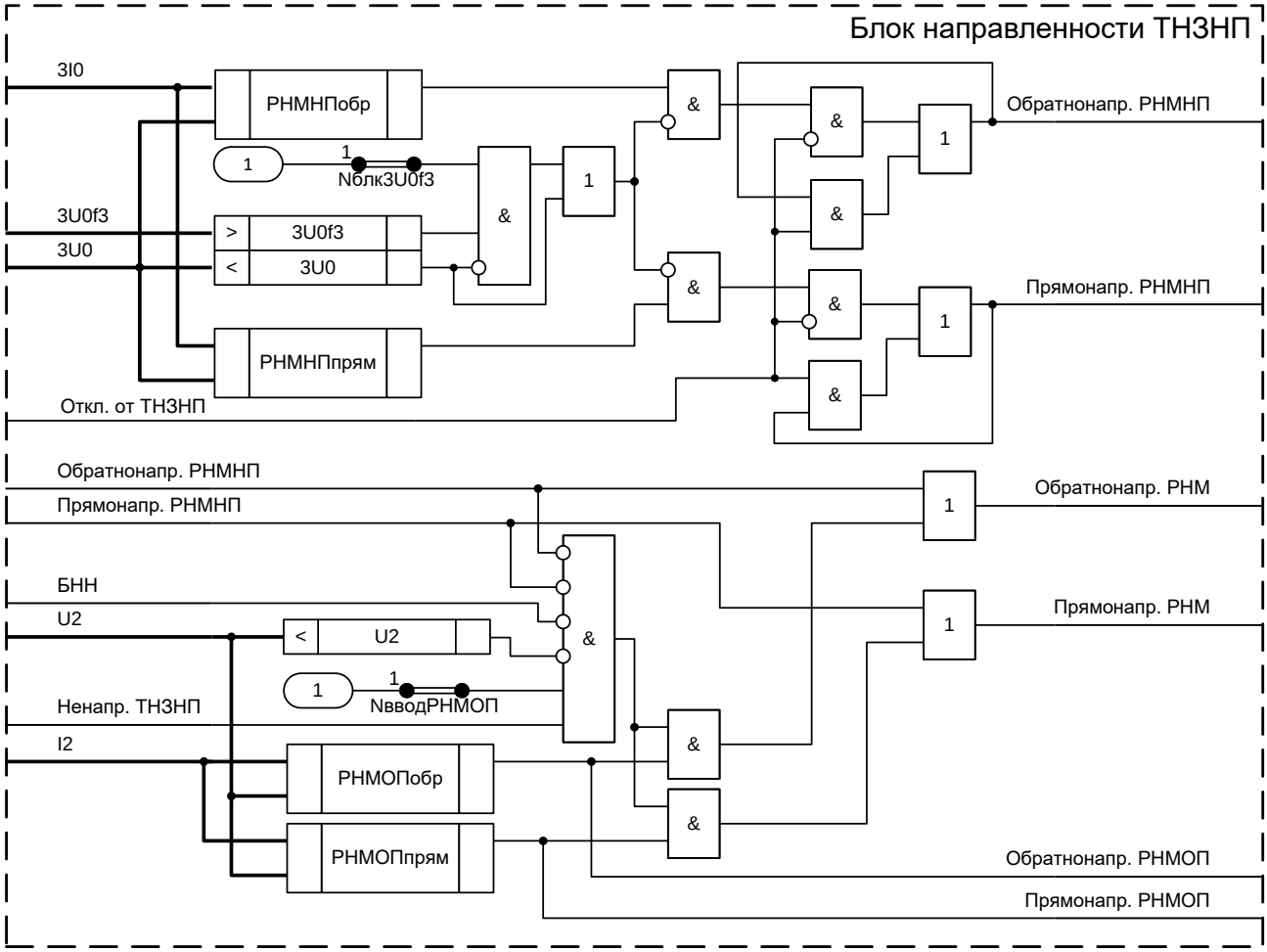


Рисунок 21 – Реализация логики работы направленности ТНЗНП

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

Прямонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

$$-3I_0\cos(\varphi_{UI}-\text{ФмчРНМНП})>\text{IпрямРНМНП},$$

где I_0 – ток нулевой последовательности;

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

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

«**ФмчРНМНП**» – уставка по углу максимальной чувствительности;

«**IпрямРНМНП**» – уставка по току срабатывания прямонаправленного органа (аналог тока точной работы реле сопротивления).

Обратнонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

$$3I_0\cos(\varphi_{UI}-\text{ФмчРНМНП})>\text{IобрРНМНП},$$

где «**IобрРНМНП**» – уставка по току срабатывания обратнонаправленного органа.

Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП приведена на рисунке 22.

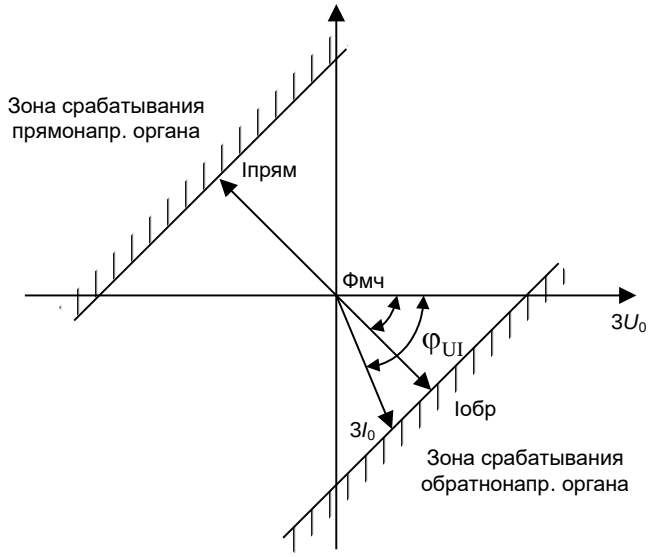


Рисунок 22 – Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП

Сопротивление смещения точки подключения ИТН в линию определяется уставками «**RсмещРНМНП**» и «**ХсмещРНМНП**». Для смещения точки подключения ИТН с шин в присоединение аргумент сопротивления смещения необходимо **принять на 180º больше** угла максимальной чувствительности.

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

ИО «**3U0**» реагирует на расчетное напряжение $3\underline{U}_{0РНМ}$.

Когда напряжение имеет низкий уровень, оно может иметь высокое содержание гармоник, особенно третьей гармоники, по отношению к составляющей частоты основной гармоники (например, при использовании емкостных ИТН), что может приводить к ложной работе органа направленности. Для предотвращения ложной работы ИО «**3U0f3**» контролирует уровень третьей гармоники напряжения нулевой последовательности по отношению к первой; контроль может быть введен программной накладкой «**Nблк3U0f3**».

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

При появлении сигнала о ненаправленном пуске ТНЗНП и отсутствии срабатывания обоих РНМНП (прямого и обратного) предусмотрена возможность ввода программной накладкой «**NвводРНМОП**» двух реле направления мощности обратной последовательности (РНМОП): прямонаправленного и обратнонаправленного, включенных по схеме «ИЛИ» с органами направления мощности нулевой последовательности, как показано на рисунке 21.

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

Для повышения чувствительности органа направленности по обратной последовательности при питании длинных ВЛ, отходящих от мощных станций, предусмотрена возможность искусственного смещения точки подключения ИТН в присоединение на величину $\underline{Z}_{смещ,2}$ = RсмещРНМОП+*j*ХсмещРНМОП.

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

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

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

Таблица 16 – Уставки органа направленности ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания прямонаправленного РНМНП, % от $I_{ном}$	IпрямРНМНП	от 5 до 150 (шаг 1)	45
Ток срабатывания обратнонаправленного РНМНП, % от IпрямРНМНП	IобрРНМНП	от 0 до 100 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности РНМНП, градус	ФмчРНМНП	от 0 до 90 (шаг 1)	75
Смещение характеристики РНМНП по оси R, Ом	RсмещРНМНП	от -50 до 50 (шаг 0,01)	0
Смещение характеристики РНМНП по оси X, Ом	XсмещРНМНП	от -50 до 50 (шаг 0,01)	0
Минимальное утроенное напряжение нулевой последовательности для работы РНМНП, % от $3U0_{ном}$	3U0	от 0,5 до 100 (шаг 0,1)	6
Коэффициент искажения формы напряжения нулевой последовательности, % от 3U0	3U0f3	от 0,5 до 50 (шаг 0,1)	40
Ток срабатывания прямонаправленного РНМОП, % от $I_{ном}$	IпрямРНМОП	от 5 до 150 (шаг 1)	10
Ток срабатывания обратнонаправленного РНМОП, % от IпрямРНМОП	IобрРНМОП	от 0 до 100 (шаг 1)	100
Угол максимальной чувствительности РНМОП, градус	ФмчРНМОП	от 0 до 90 (шаг 1)	80
Смещение характеристики РНМОП по оси R, Ом	RсмещРНМОП	от -50 до 50 (шаг 0,01)	0
Смещение характеристики РНМОП по оси X, Ом	XсмещРНМОП	от -50 до 50 (шаг 0,01)	0
Минимальное напряжение обратной последовательности для работы РНМОП, % от $U_{ф.ном}$	U2	от 0,5 до 100 (шаг 0,1)	1
Работа ИО РНМОП (0 нет, 1 – да)	NвводРНМОП	–	0
Блокирование РНМНП по уровню третьей гармоники в напряжении 3U0 (0 – нет, 1 – да)	Nблк3U0f3	–	0

1.2.2.3.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ИО напряжения, кроме ИО напряжения третьей гармоники, не превышает ±3 % от уставки или ±5 % от номинальной величины.

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

1.2.2.3.4 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.

1.2.2.3.5 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.

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

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

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

1.2.2.3.9 Средняя основная погрешность РНМ не превышает ±10 % от уставки.

1.2.2.3.10 Средняя основная абсолютная погрешность РНМ по углу максимальной чувствительности не превышает ±5 º.

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

1.2.2.3.12 Дополнительная погрешность РНМ по току и напряжению срабатывания при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±10 % от среднего значения, измеренного при номинальной частоте.

1.2.2.3.13 Дополнительная погрешность РНМ по току срабатывания при изменении напряжения от 3 $U_{срab}$ до 180 В и тока от 3 $I_{срab}$ до 20 $I_{ном}$ не превышает ±10 %.

1.2.2.3.14 Коэффициент возврата РНМ по току и напряжению не менее 0,9.

1.2.2.3.15 Время срабатывания РНМ не превышает 35 мс при одновременной подаче синусоидального напряжения 3 $U_{срab}$ и тока 3 $I_{срab}$.

1.2.2.3.16 Время возврата РНМ не превышает 40 мс при одновременном сбросе напряжения от 3 $U_{срab}$ до нуля и тока от 3 $I_{срab}$ до нуля.

1.2.2.4 Блокировка при броске намагничивающего тока (БНТ)

1.2.2.4.1 Принцип работы

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

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

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

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

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

Таблица 17 – Уставки органа блокировки при БНТ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности первой гармоники, % от $I_{ном}$	3I0f1	от 15 до 1000 (шаг 1)	100
Утроенный ток нулевой последовательности второй гармоники, % от $I_{ном}$	3I0f2	от 15 до 800 (шаг 1)	50

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Отношение второй гармоники тока нулевой последовательности к первой гармонике тока нулевой последовательности, %	Kf2f1	от 0 до 18 (шаг 1)	15

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

1.2.2.4.3 Средняя основная погрешность по уровню блокировки по второй гармонике тока не превышает ±10 %.

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

1.2.2.4.5 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.

1.2.2.4.6 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.

1.2.2.4.7 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.3 Ускорение ДЗ и ТНЗНП

В устройстве предусмотрена возможность ускорения ступеней ДЗ и ТНЗНП в следующих режимах:

- от внешних сигналов «Ввод ОУ (прям.)», «Ввод ОУ (обр.)» (оперативное ускорение);
- при отключении выключателя (автоматическое ускорение);
- от защит смежной стороны.

1.2.3.1 Оперативное ускорение (ОУ)

1.2.3.1.1 Принцип работы

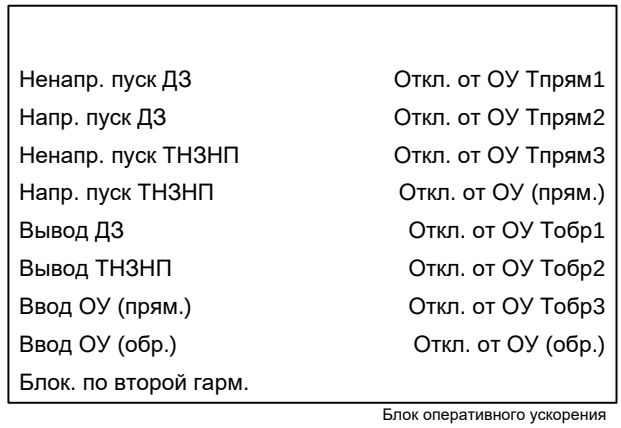
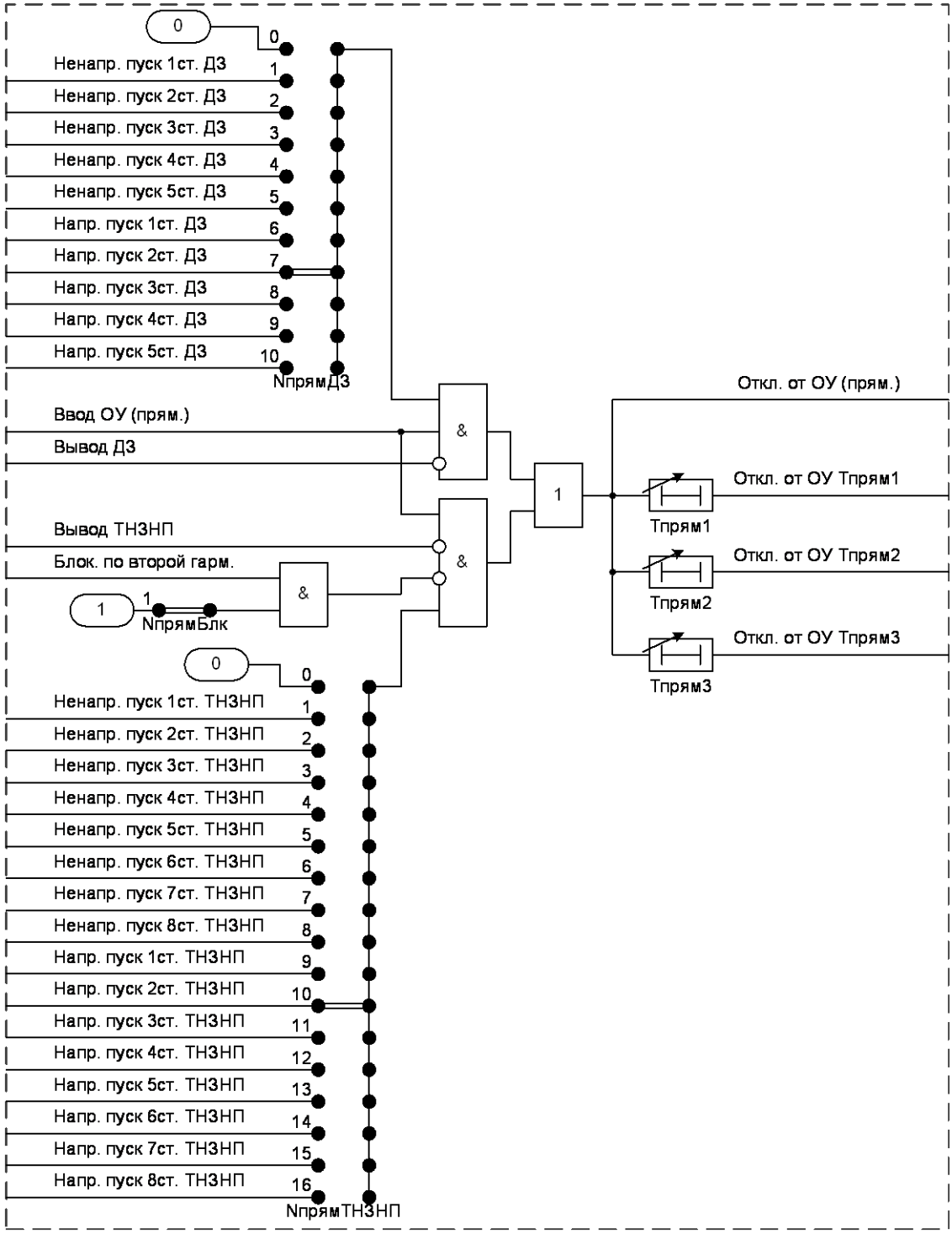


Рисунок 23 – Функциональный блок ОУ

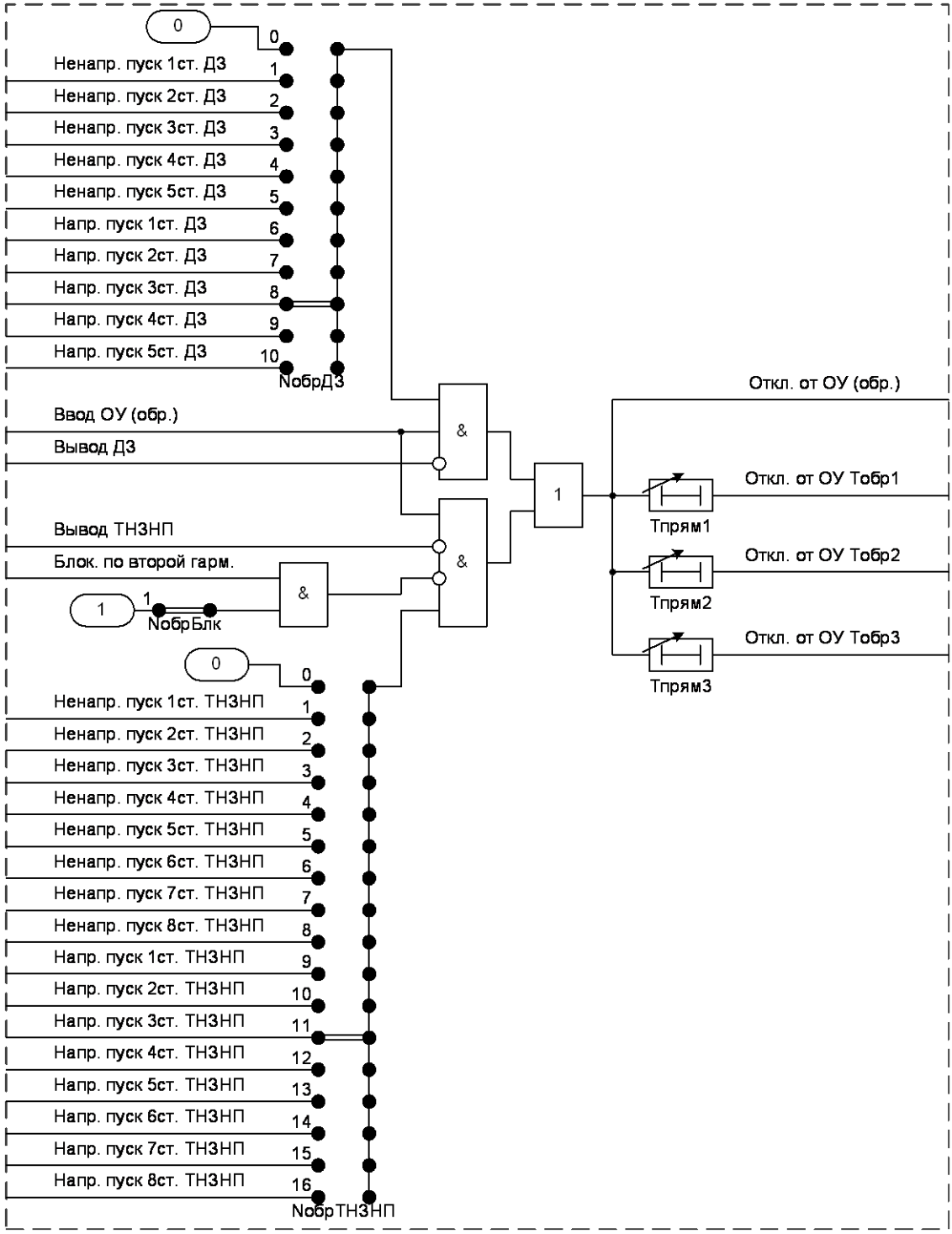
Таблица 18 – Входы и выходы функционального блока ОУ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ненапр. пуск ДЗ	Ненаправленный пуск ступеней ДЗ (1-5ст.)
Напр. пуск ДЗ	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5ст.)
Ненапр. пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8ст.)
Напр. пуск ТНЗНП	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8ст.)
Вывод ДЗ	Вывод ОУ от ступеней ДЗ

Вывод ТНЗНП	Вывод ОУ от ступеней ТНЗНП
Ввод ОУ (прям.)	Ввод прямонаправленного ОУ
Ввод ОУ (обр.)	Ввод обратнонаправленного ОУ
Блок. по второй гарм.	Блокировка пуска ОУ от ступеней ТНЗНП по уровню второй гармоники в токе нулевой последовательности
Логические выходы	
Откл. от ОУ Тпрям1	Отключение от ОУ с первой выдержкой времени в прямом направлении
Откл. от ОУ Тпрям2	Отключение от ОУ со второй выдержкой времени в прямом направлении
Откл. от ОУ Тпрям3	Отключение от ОУ с третьей выдержкой времени в прямом направлении
Откл. от ОУ (прям.)	Отключение от ОУ в прямом направлении
Откл. от ОУ Тобр1	Отключение от ОУ с первой выдержкой времени в обратном направлении
Откл. от ОУ Тобр2	Отключение от ОУ со второй выдержкой времени в обратном направлении
Откл. от ОУ Тобр3	Отключение от ОУ с третьей выдержкой времени в обратном направлении
Откл. от ОУ (обр.)	Отключение от ОУ в обратном направлении


0
Ненапр. пуск 1ст. ДЗ
Ненапр. пуск 2ст. ДЗ
Ненапр. пуск 3ст. ДЗ
Ненапр. пуск 4ст. ДЗ
Ненапр. пуск 5ст. ДЗ
Напр. пуск 1ст. ДЗ
Напр. пуск 2ст. ДЗ
Напр. пуск 3ст. ДЗ
Напр. пуск 4ст. ДЗ
Напр. пуск 5ст. ДЗ
NпрямДЗ
Ввод ОУ (прям.)
Вывод ДЗ
Вывод ТНЗНП
Блок. по второй гарм.
1
NпрямБлк
&
1
Откл. от ОУ (прям.)
Откл. от ОУ Тпрям1
Тпрям1
Откл. от ОУ Тпрям2
Тпрям2
Откл. от ОУ Тпрям3
Тпрям3
Ненапр. пуск 1ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 2ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 3ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 4ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 5ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 6ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 7ст. ТНЗНП
Ненапр. пуск 8ст. ТНЗНП
Напр. пуск 1ст. ТНЗНП
Напр. пуск 2ст. ТНЗНП
Напр. пуск 3ст. ТНЗНП
Напр. пуск 4ст. ТНЗНП
Напр. пуск 5ст. ТНЗНП
Напр. пуск 6ст. ТНЗНП
Напр. пуск 7ст. ТНЗНП
Напр. пуск 8ст. ТНЗНП
NпрямТНЗНП

а)



б)

а) ОУ в автотрансформатор; б) ОУ в шины

Рисунок 24 – Реализация программного модуля ОУ

Предусмотрен ввод ОУ, направленного в автотрансформатор при выводе ДЗАТ, для чего могут быть выбраны по одной из восьми ступеней ТНЗНП и пяти ступеней ДЗ, сконфигурированных на вход блока ОУ. Для выбора ускоряемой ступени ДЗ предусмотрена программная накладка «**NпрямДЗ**», ускоряемая ступень ТНЗНП выбирается программной накладкой «**NпрямТНЗНП**». Имеется возможность выбора как направленной ступени ДЗ и ТНЗНП, так и ненаправленной (рисунок 24а).

Предусмотрена возможность конфигурации до трех отключающих сигналов с независимыми выдержками времени. Накладки «**Nпрям1**», «**Nпрям2**», «**Nпрям3**» вводят соответствующие цепи отключения от ОУ. Выдержки времени «**Тпрям1**», «**Тпрям2**»,

«**Тпрям3**» определяют время появления отключающего сигнала на соответствующем выходе блока ОУ.

Предусмотрен ввод ОУ, направленного в шины ВН (СН) при выводе ДЗШ, для чего могут быть выбраны по одной ступени из восьми ступеней ТНЗНП и пяти ступеней ДЗ, сконфигурированных на вход блока ОУ. Для выбора ускоряемой ступени ДЗ предусмотрена программная накладка «**NобрДЗ**», ускоряемая ступень ТНЗНП выбирается программной накладкой «**NобрТНЗНП**». Имеется возможность выбора как направленной ступени ДЗ и ТНЗНП, так и ненаправленной (рисунок 24б).

Предусмотрена возможность конфигурации до трех отключающих сигналов с независимыми выдержками времени. Накладки «**Nобр1**», «**Nобр2**», «**Nобр3**» вводят соответствующие цепи отключения от ОУ. Выдержки времени «**Тобр1**», «**Тобр2**», «**Тобр3**» определяют время появления отключающего сигнала на соответствующем выходе блока ОУ.

Предусмотрена возможность блокирования ОУ ступеней ТНЗНП по току второй гармоники нулевой последовательности. Блокировка контролируется накладками «**NпрямБлк**» и «**NобрБлк**».

Таблица 19 – Уставки ОУ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сигнал прямонаправленной ступени ДЗ для ОУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	NпрямДЗ	–	7
Сигнал прямонаправленной ступени ТНЗНП для ОУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	NпрямТНЗНП	–	10
Блокировка по току второй гармоники прямонаправленной ступени ТНЗНП для ОУ (0 – нет,1 – да)	NпрямБлк	–	1
Сигнал обратнонаправленной ступени ДЗ для ОУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	NобрДЗ	–	8
Сигнал обратнонаправленной ступени ТНЗНП для ОУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	NобрТНЗНП	–	11
Блокировка по току второй гармоники обратнонаправленной ступени ТНЗНП для ОУ (0 – нет, 1 – да)	NобрБлк	–	1
Первая ВВС прямонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тпрям1	от 50 до 30000 (шаг 1)	200
Вторая ВВС прямонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тпрям2	от 50 до 30000 (шаг 1)	200
Третья ВВС прямонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тпрям3	от 50 до 30000 (шаг 1)	200
Первая ВВС обратнонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тобр1	от 50 до 30000 (шаг 1)	100

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Вторая ВВС обратнонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тобр2	от 50 до 30000 (шаг 1)	100
Третья ВВС обратнонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП от ОУ, мс	Тобр3	от 50 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.3.2 Автоматическое ускорение (АУ)

1.2.3.2.1 Принцип работы

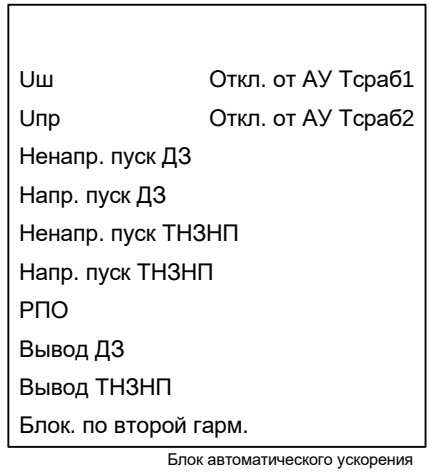


Рисунок 25 – Функциональный блок АУ

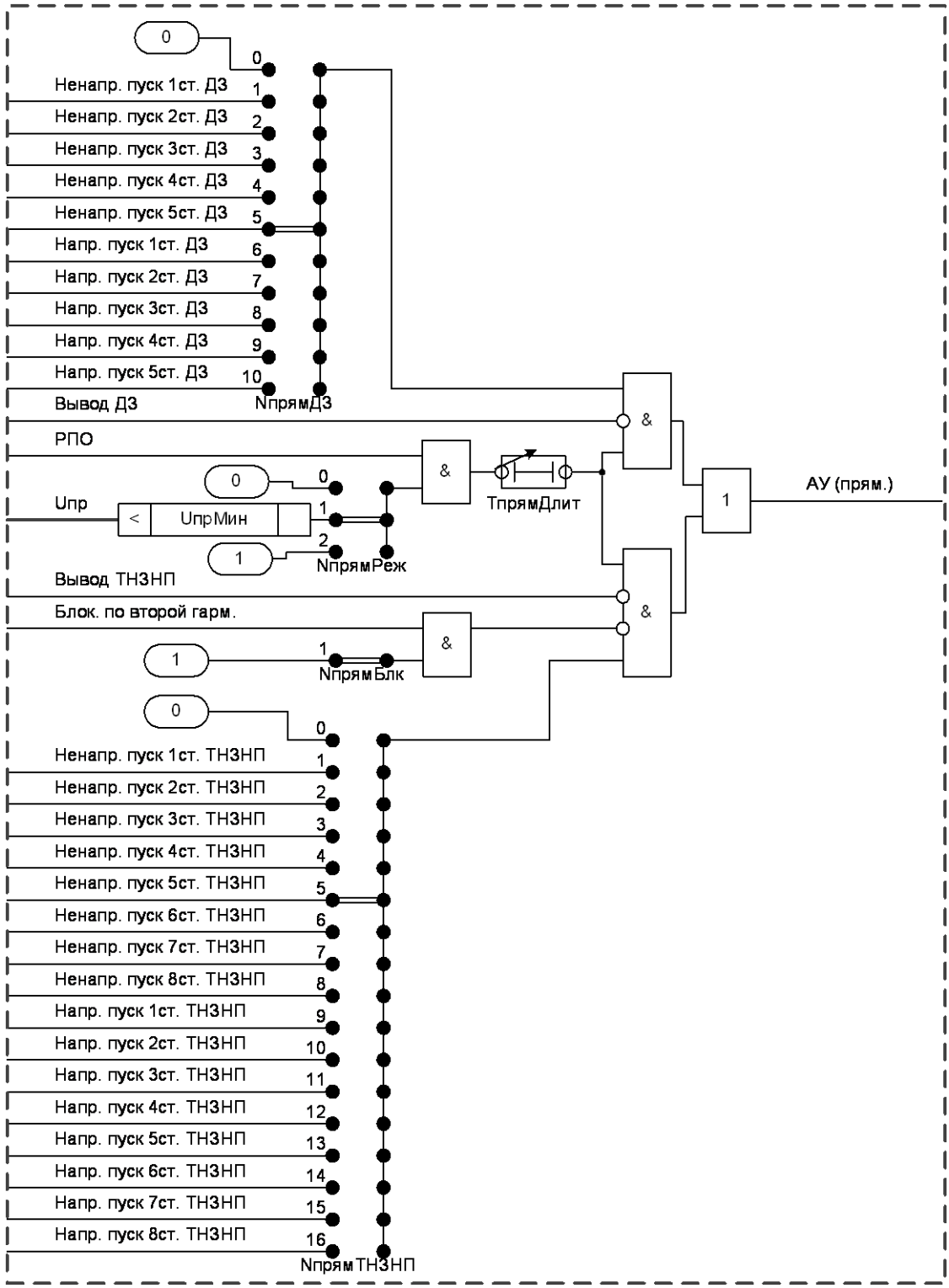
Таблица 20 – Входы и выходы функционального блока АУ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Uпр	Напряжение присоединения
Uш	Напряжение на шинах
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ненапр. пуск ДЗ	Ненаправленный пуск ступеней ДЗ (1-5ст.)
Напр. пуск ДЗ	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5ст.)
Ненапр. пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8ст.)
Напр. пуск ТНЗНП	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8ст.)
РПО	Общий сигнал отключенного положения выключателя
Вывод ДЗ	Вывод пуска АУ от ступеней ДЗ
Вывод ТНЗНП	Вывод пуска АУ от ступеней ТНЗНП
Блок. по второй гарм.	Блокировка пуска АУ от ступеней ТНЗНП по уровню второй гармоники в токе нулевой последовательности
Логические выходы	
Откл. от АУ Тсраб1	Отключение от АУ с первой выдержкой времени
Откл. от АУ Тсраб2	Отключение от АУ со второй выдержкой времени

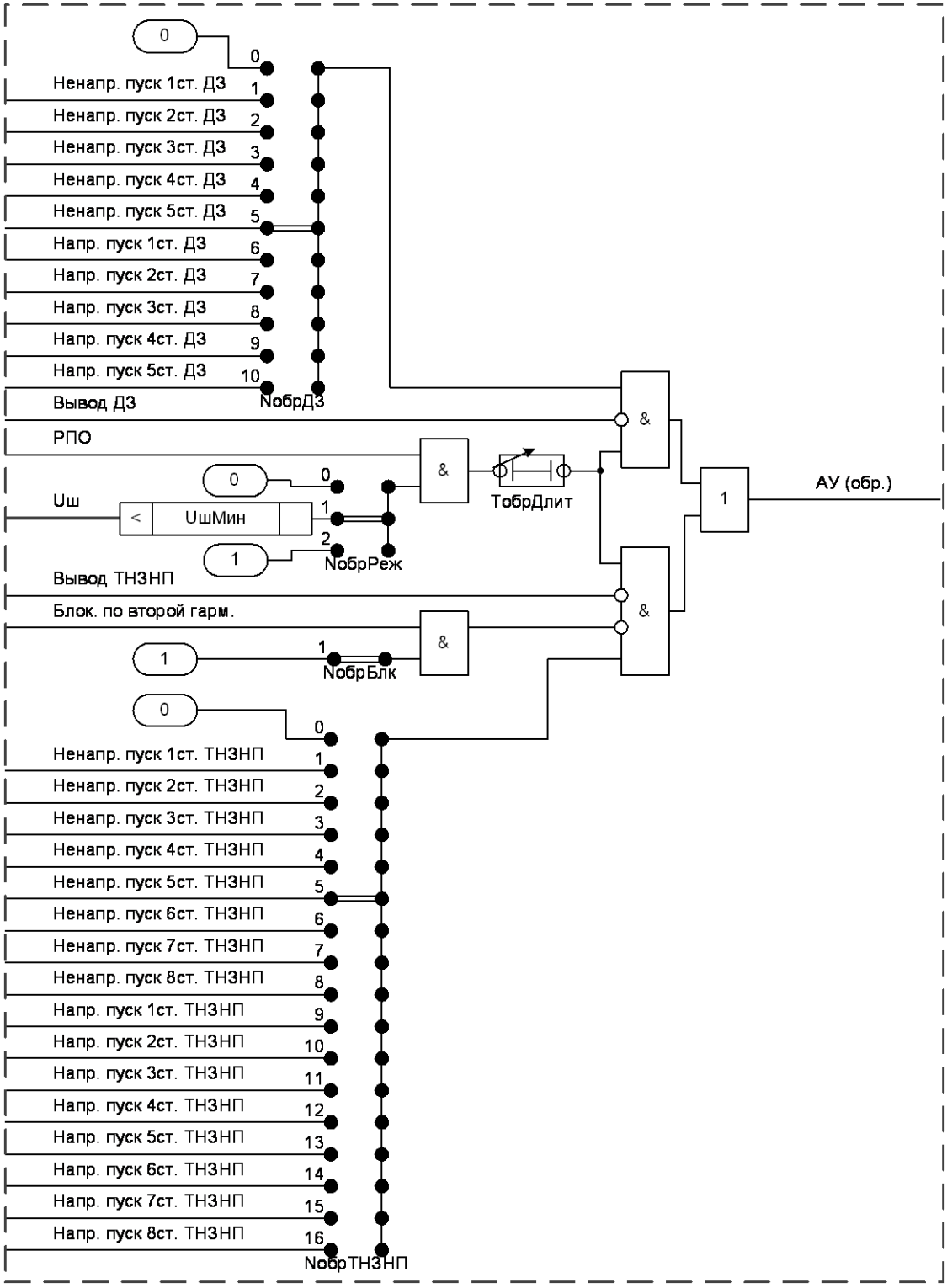
Предусмотрена возможность АУ выбранной ступени ДЗ и ТНЗНП при включении выключателя, определяемого по пропаданию сигнала «РПО». Поскольку при первом включении выключателя возможно пропадание переменного напряжения, например, при близком КЗ, работа АУ чаще всего осуществляется от ненаправленного пуска соответствующих ступеней ДЗ и ТНЗНП.

Предусмотрена возможность АУ с контролем отсутствия напряжения: для прямонаправленных ступеней – на присоединении, для обратнонаправленных и ненаправленных ступеней – на шинах. Режим ускорения для прямонаправленных защит выбирается программной накладкой «**NпрямРеж**», для обратнонаправленных защит используется накладка «**NобрРеж**». Реализация программного модуля АУ ДЗ и ТНЗНП приведена на рисунке 26. Для контроля отсутствия напряжения на присоединении и шинах

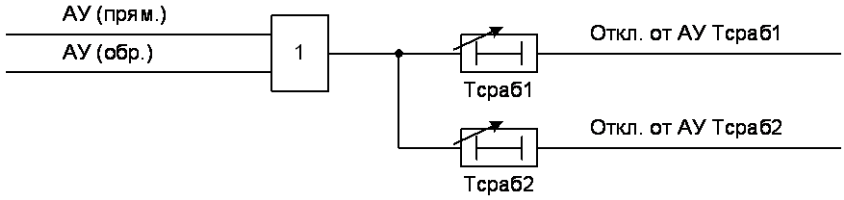
используются сигналы от ИО минимального напряжения «**UпрМин**» и «**UшМин**». Ускоряемая ступень ДЗ при включении выключателя выбирается программной накладкой «**NпрямДЗ**» для прямонаправленных ступеней и «**NобрДЗ**» для обратноправленных; для ТНЗНП – «**NпрямТНЗНП**» и «**NобрТНЗНП**» соответственно.



а)



б)



в)

а) прямонаправленное АУ; б) обратнонаправленное АУ; в) логика отключения АУ

Рисунок 26 – Реализация программного модуля АУ

Предусмотрена возможность блокирования АУ прямо- и обратнонаправленных ступеней ТНЗНП по току второй гармоники нулевой последовательности. Блокировка контролируется накладками «**NпрямБлк**» и «**NобрБлк**» для прямо- и обратнонаправленных ступеней соответственно.

Время ввода АУ для прямонаправленных (обратнонаправленных) ступеней при включении выключателя определяется таймером «**ТпрямДлит**» («**ТобрДлит**»).

Логика АУ позволяет сконфигурировать до двух независимых сигналов отключения с выдержками времени «**Тсраб1**» и «**Тсраб2**».

Таблица 21 – Уставки АУ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение присоединения, % от $U_{ф.номНН}$	UпрМин	от 0 до 80 (шаг 1)	80
Минимальное напряжение на шинах, % от $U_{ф.номНН}$	UшМин	от 0 до 80 (шаг 1)	80
Сигнал прямонаправленной ступени ДЗ для АУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	NпрямДЗ	–	5
Сигнал прямонаправленной ступени ТНЗНП для АУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пу ск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	NпрямТНЗНП	–	5
Блокировка по току второй гармоники прямонаправленной ступени ТНЗНП для АУ (0 – нет, 1 – да)	NпрямБлк	–	1
Режим АУ прямонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП (0 – запрет АУ, 1 – АУ с контролем отсутствия напряжения на АТ, 2 – АУ без контроля напряжения)	NпрямРеж	–	1
Сигнал обратнонаправленной ступени ДЗ для АУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	NобрДЗ	–	5
Сигнал обратнонаправленной ступени ТНЗНП для АУ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	NобрТНЗНП	–	5
Блокировка по току второй гармоники обратнонаправленной ступени ТНЗНП для АУ (0 – нет, 1 – да)	NобрБлк	–	1
Режим АУ обратнонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП (0 – запрет АУ, 1 – АУ с контролем отсутствия напряжения на шинах, 2 – АУ без контроля напряжения)	NобрРеж	–	1
Длительность режима ускорения прямонаправленной ступени ДЗ и ТНЗНП при включении выключателя, мс	ТпрямДлит	от 50 до 30000 (шаг 1)	2000

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Длительность режима ускорения обратно-направленной ступени ДЗ и ТНЗНП при включении выключателя, мс	ТобрДлит	от 50 до 30000 (шаг 1)	2000
Первая ВВС ступени ДЗ и ТНЗНП от АУ, мс	Тсраб1	от 50 до 30000 (шаг 1)	500
Вторая ВВС ступени ДЗ и ТНЗНП от АУ, мс	Тсраб2	от 50 до 30000 (шаг 1)	1000

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

1.2.3.2.3 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.

1.2.3.2.4 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.

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

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

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

1.2.3.3 Ускорение от защит смежной стороны (Уск. от смеж. стороны)

1.2.3.3.1 Принцип работы

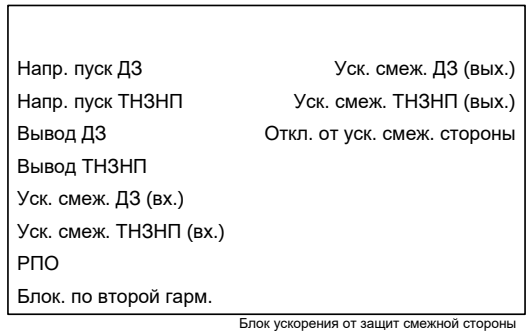


Рисунок 27 – Функциональный блок ускорения от защит смежной стороны

Таблица 22 – Входы и выходы функционального блока ускорения от защит смежной стороны

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Напр. пуск ДЗ	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5ст.)
Напр. пуск ТНЗНП	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8ст.)
Вывод ДЗ	Вывод пуска ускорения от ступеней ДЗ
Вывод ТНЗНП	Вывод пуска ускорения от ступеней ТНЗНП
Уск. смеж. ДЗ (вх.)	Ускорение от ДЗ смежной стороны
Уск. смеж. ТНЗНП (вх.)	Ускорение от ТНЗНП смежной стороны
РПО	Общий сигнал отключенного положения выключателя
Блок. по второй гарм.	Блокировка пуска АУ от ступеней ТНЗНП по уровню второй гармоники в токе нулевой последовательности
Логические выходы	
Уск. смеж. ДЗ (вых.)	Ускорение ДЗ смежной стороны
Уск. смеж. ТНЗНП (вых.)	Ускорение ТНЗНП смежной стороны
Откл. от уск. смеж. стороны	Отключение от защит смежной стороны

Предусмотрена возможность ускорения выбранной ступени ДЗ и ТНЗНП от защит смежной стороны (рисунок 28). Для этого используется логическая сумма сигналов РПО и соответственно сигналов пуска от ДЗ и ТНЗНП в составе защит смежной стороны. Комплекты резервных защит АТ обмениваются данными сигналами и взаимно ускоряют друг друга при возникновении внутренних КЗ.

Ускоряемая ступень ДЗ от такой же ступени ДЗ смежной стороны, выбираемые одинаковыми, задается программной накладкой «**NпрямДЗ**». Аналогично ступень ТНЗНП задается накладкой «**NпрямТНЗНП**».

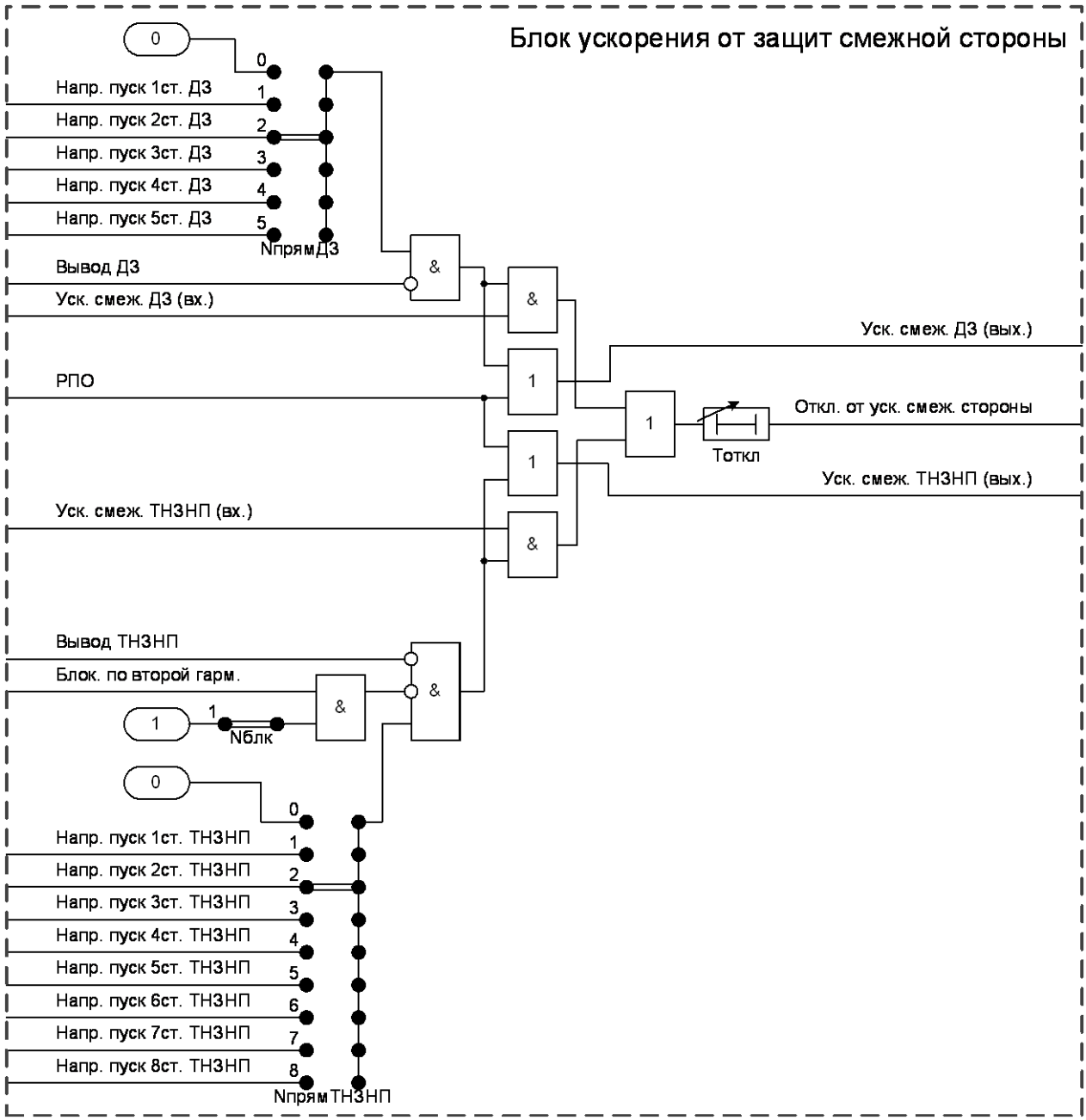


Рисунок 28 – Реализация программного модуля ускорения от защит смежной стороны

Предусмотрена возможность блокирования ускорения ТНЗНП от смежной защиты по току второй гармоники нулевой последовательности. Блокировка контролируется накладкой «**Nблк**».

Время срабатывания ДЗ и ТНЗНП в режиме ускорения от смежных защит определяется выдержкой времени «**Тоткл**».

Таблица 23 – Уставки ускорения от защит смежной стороны

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сигнал прямонаправленной ступени ДЗ для ускорения от защит смежной стороны (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	NпрямДЗ	–	2
Сигнал прямонаправленной ступени ТНЗНП для ускорения от защит смежной стороны (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	NпрямТНЗНП	–	2
Блокировка по току второй гармоники прямонаправленной ступени ТНЗНП для ускорения от защит смежной стороны (0 – нет, 1 – да)	Nблк	–	1
ВВС с ускорением от ДЗ и ТНЗНП смежной стороны, мс	Тоткл	от 50 до 30000 (шаг 1)	500

1.2.4 Токовая отсечка (ТО)

1.2.4.1 Принцип работы

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

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

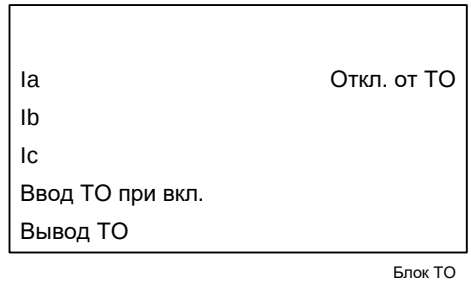


Рисунок 29 – Функциональный блок ТО

Таблица 24 – 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

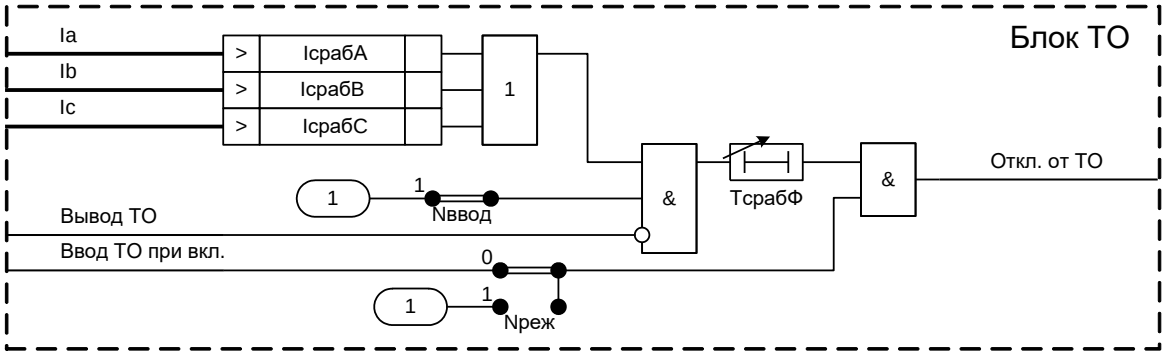


Рисунок 30 – Реализация программного модуля ТО

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 25 – Уставки ТО

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

1.2.4.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.2.2.2-1.2.2.2.7.

1.2.5 Автоматическое ускорение ТО (АУ ТО)

1.2.5.1 Принцип работы

Функциональный блок АУ ТО приведен на рисунке 31, его реализация приведена на рисунке 32.

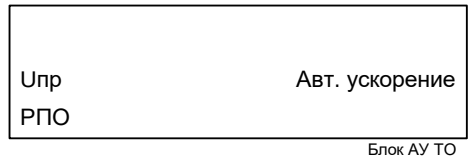


Рисунок 31 – Функциональный блок АУ ТО

Таблица 26 – Входы и выходы функционального блока АУ ТО

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

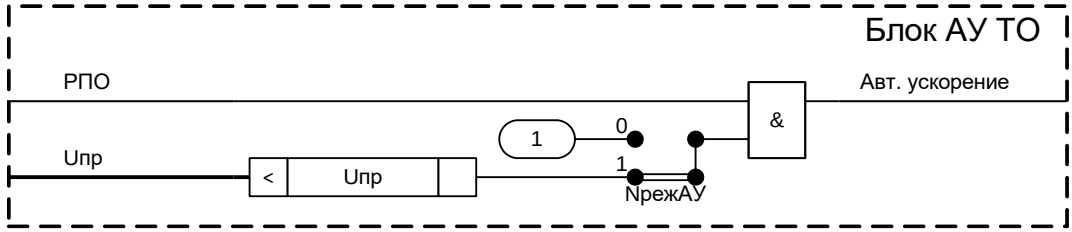


Рисунок 32 – Реализация программного модуля АУ ТО

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

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

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

Отсутствие напряжения на присоединении контролируется ИО минимального напряжения «**Uпр**».

Таблица 27 – Уставки АУ ТО

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

1.2.5.1.1 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.3.2.2-1.2.3.2.7.

1.2.6 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.2.6.1 Принцип работы

Устройство может включать двухступенчатую МТЗ.

Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 33.

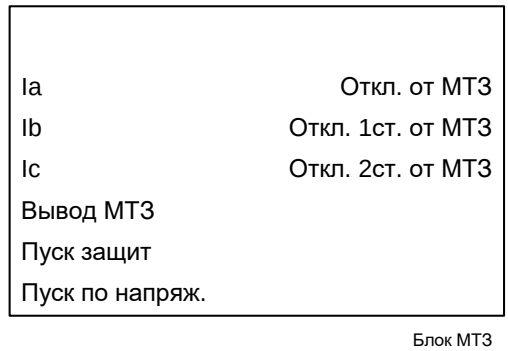


Рисунок 33 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 28 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Вывод МТЗ	Вывод МТЗ
Пуск защит	Пуск защит устройства
Пуск по напряж.	Пуск по напряжению
Логические выходы	
Откл. от МТЗ	Отключение от МТЗ
Откл. от 1ст. МТЗ	Отключение от первой ступени МТЗ
Откл. от 2ст. МТЗ	Отключение от второй ступени МТЗ

Функция МТЗ может быть выведена из работы сигналом «Вывод МТЗ». Также предусмотрена возможность вывода МТЗ сигналом «Пуск защит», действие которого определяется программной накладкой «**NвводПуск**».

Таблица 29 – Уставки МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа МТЗ при пуске защит терминала (0 –нет, 1 – да)	NвводПуск	–	0

1.2.6.2 Ступень МТЗ

1.2.6.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ступени МТЗ приведен на рисунке 34, его реализация приведена на рисунке 35.

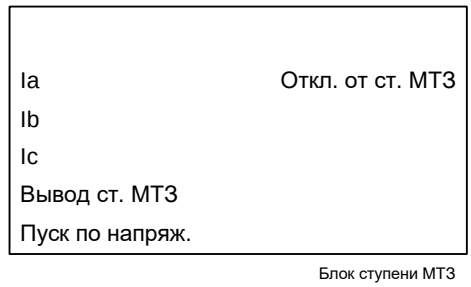


Рисунок 34 – Функциональный блок ступени МТЗ

Таблица 30 – Входы и выходы функционального блока ступени МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Вывод ст. МТЗ	Вывод ступени МТЗ
Пуск по напряж.	Пуск по напряжению
Логические выходы	
Откл. от ст. МТЗ	Отключение от ступени МТЗ

Каждая ступень содержит ИО, включенные на фазные токи («**IсрабА**», «**IсрабВ**», «**IсрабС**»).

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

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

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

Ступень выполнена с возможностью контроля пуска по напряжению.

Режим работы ступени определяется программной накладкой «**NстU**», позволяющей выполнить ступень с пуском по напряжению либо без него.

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

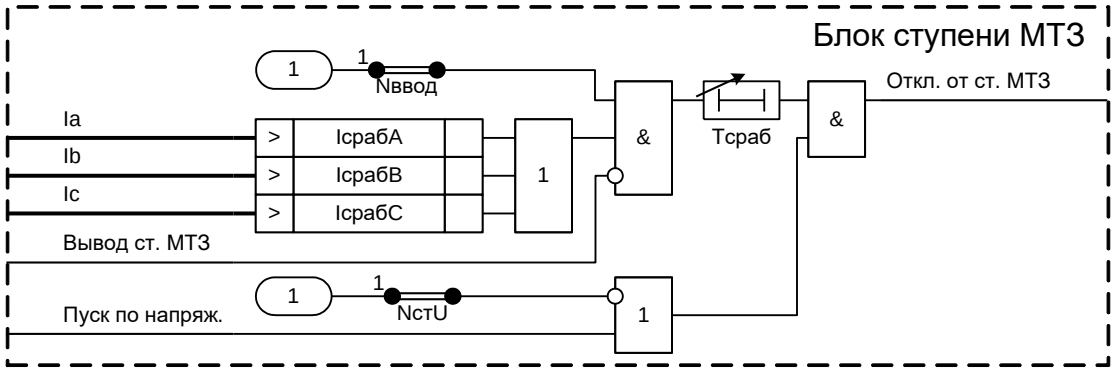


Рисунок 35 – Реализация программного модуля ступени МТЗ

Таблица 31 – Уставки ступени МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ступени МТЗ, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	390
Работа ступени МТЗ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Пуск по напряжению ступени МТЗ (0 – нет, 1 – да)	NстU	–	0
ВВС ступени МТЗ, мс	Тсраб	от 15 до 20000 (шаг 1)	400

1.2.6.3 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.2.2.2-1.2.2.2.7.

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. Функциональный блок АРПТ приведен на рисунке 36, его реализация приведена на рисунке 37.

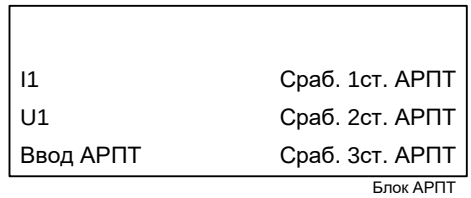


Рисунок 36 – Функциональный блок АРПТ

Таблица 32 – 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

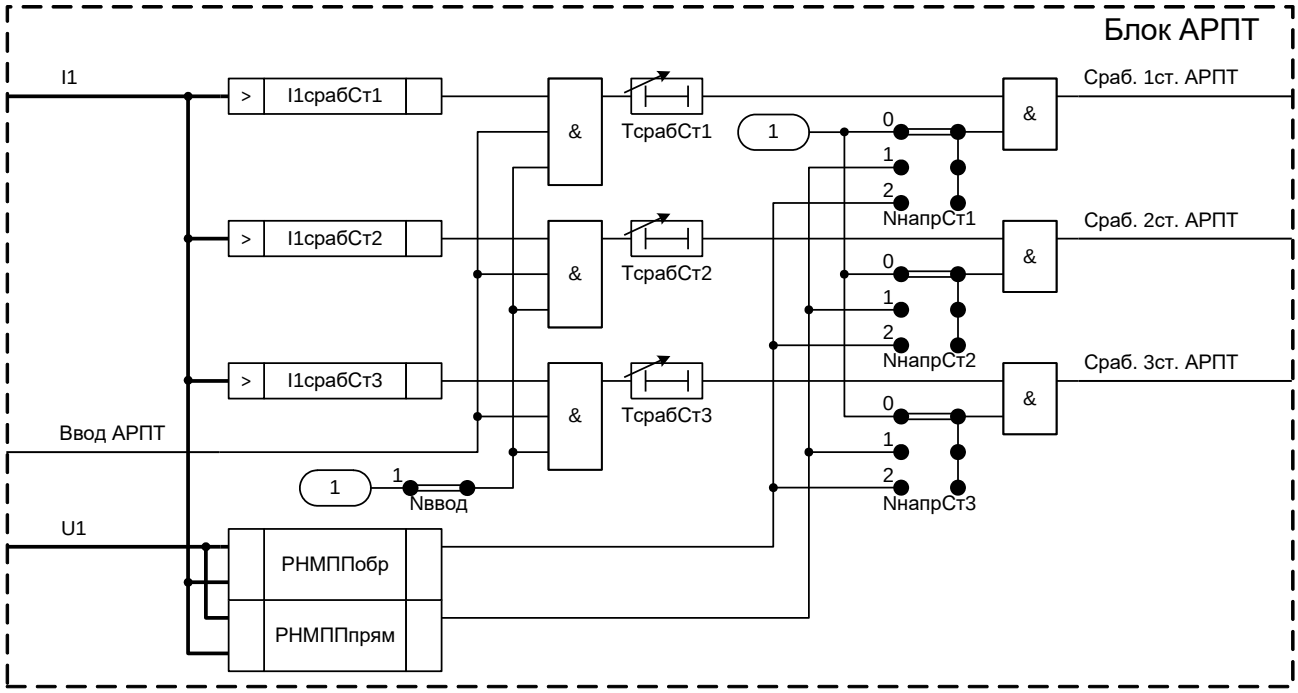


Рисунок 37 – Реализация программного модуля АРПТ

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 третьей 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 33 – 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
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 1.2.2.2.2-1.2.2.2.7.

1.2.7.3 Все точностные параметры РНМ аналогичны приведенным в 1.2.2.3.9-1.2.2.3.16.

1.2.8 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН)

1.2.8.1 Принцип работы

Функциональный блок БНН приведен на рисунке 38.

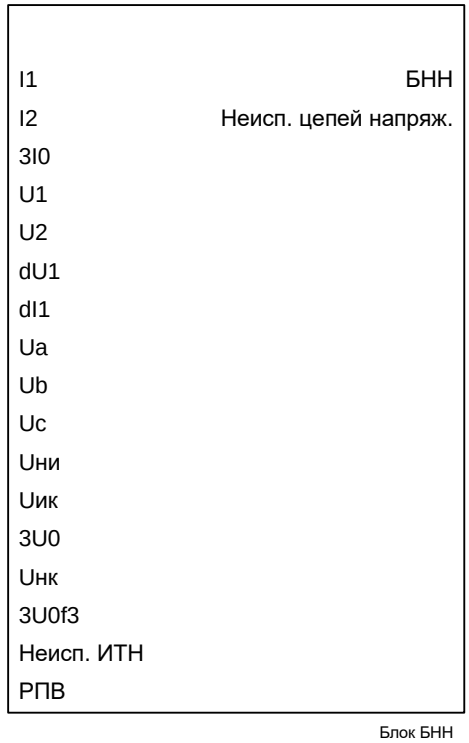


Рисунок 38 – Функциональный блок БНН

Таблица 34 –Входы и выходы функционального блока БНН

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

БНН реагирует на все виды обрывов и замыканий, как в цепях «звезды», так и в цепях «разомкнутого треугольника», а также обрыв нейтрального провода.

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

1.2.8.2 Если на терминал заведены два напряжения с «разомкнутого треугольника» ИТН, то в работу может быть введен алгоритм обнаружения неисправности в цепях напряжения, основанный на сравнении соответствующих напряжений «звезды» и «разомкнутого треугольника». Сравнение производится по алгоритму, указанному в приложении Б. Уставкой «**NособФ**», значения которой представлены в таблице 35, задается особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 39 показана логика работы для особой фазы А. Два ИО («**Uзв-Uни**» и «**Uзв-Uик**») работают с одной уставкой – «**3U0-Uнк**». Значение уставки «**NособФ**» = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 35 – Особая фаза для ИО БНН

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

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

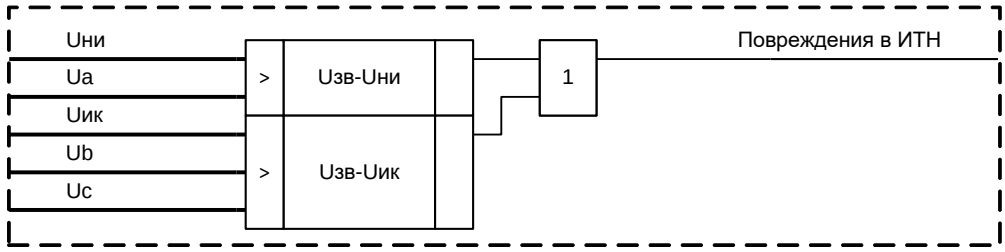


Рисунок 39 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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».

1.2.8.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 40) 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.

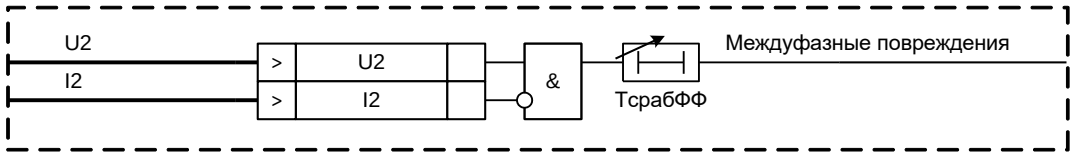


Рисунок 40 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.8.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 41. 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 36.

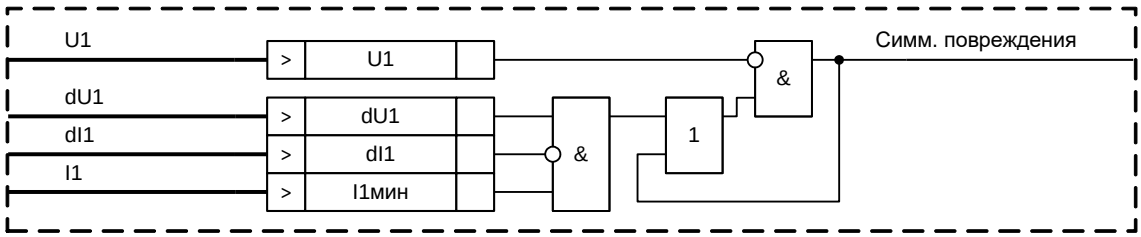


Рисунок 41 – Выявление симметричных повреждений

1.2.8.5 Дополнительно для выявления несимметричных обрывов и земляных замыканий в цепях «звезды», а также межвитковых замыканий в обмотках «разомкнутого треугольника» вводится ИО «**3U0-Uнк**», реагирующий на разность расчетного напряжения нулевой последовательности (по фазным напряжениям «звезды») и напряжения, снятого с выводов цепей «разомкнутого треугольника» (рисунок 42).

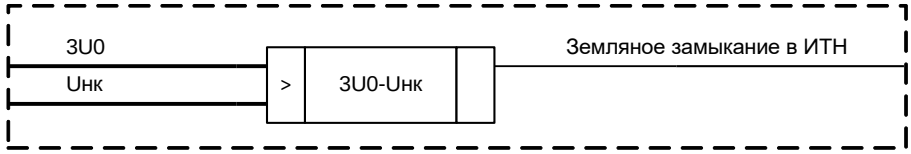


Рисунок 42 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.8.6 На рисунке 43 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**»).

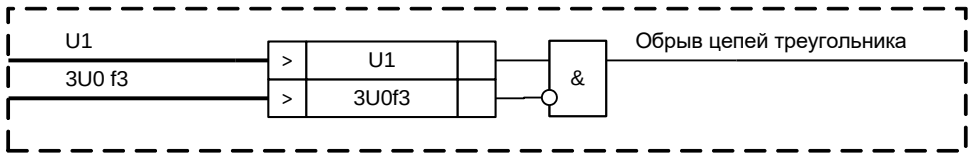


Рисунок 43 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

Программной накладкой «**NобрывUнк**» определяется режим работы логики фиксации:

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

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

1.2.8.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 44.

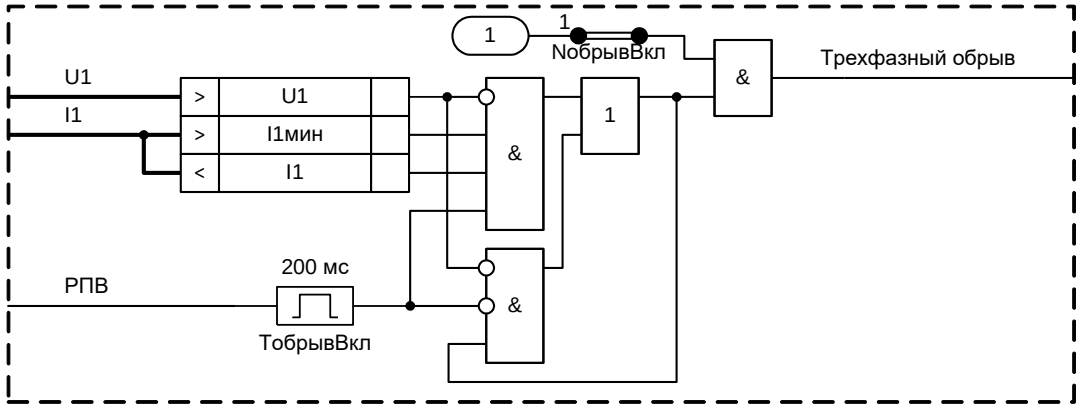


Рисунок 44 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

Уставка ИО «**I1**» задает максимальный нагрузочный ток. ИО «**I1мин**» осуществляет контроль протекания тока через выключатель. В том случае, если при включении терминала подводимое напряжение близко к нулю и ток прямой последовательности находится в пределах нагрузочного, происходит срабатывание БНН. Время, на которое схема вводится в работу, определяется фиксированной уставкой «**ТобрывВкл**», равной 200 мс. Логика определения обрывов при включении может быть введена постоянно (программная накладка зафиксирована в положении «**NобрывВкл**» = 1).

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

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

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

Таблица 36 – 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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U1	–	70
Приращение напряжения прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	dU1	–	15
Приращение тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	dI1	–	10
Минимальный ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1мин	–	2
Ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1	от 60 до 120 (шаг 1)	60
Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники, % от $3U0_{ном}$	3U0f3	от 0 до 3 (шаг 0,1)	0
Работа БНН (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NвводБНН	–	1
Особая фаза цепей напряжения (0 – вывод функции сравнения, 1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	NособФ	–	0
Обнаружение обрывов при включении (0 – нет, 1 – да)	NобрывВкл	–	1
Обнаружение 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

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

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

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

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

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

1.2.8.15 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО тока не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания 3 $I_{сраб}$ и не превышает 40 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на 20 % (1,2 $I_{сраб}$).

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

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

1.2.8.18 Время срабатывания ИО приращения тока (напряжения) не превышает 15 мс, время возврата – 30 мс при скачкообразном изменении тока (напряжения) от нуля до 3 $I_{срab}$ (3 $U_{срab}$) и от 3 $I_{срab}$ (3 $U_{срab}$) 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 45, его реализация приведена на рисунке 46.

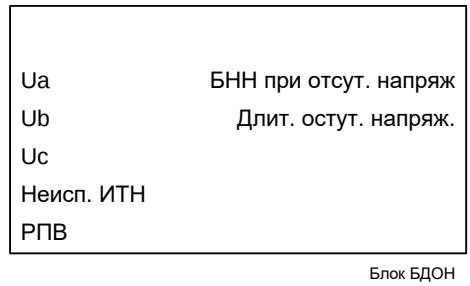


Рисунок 45 – Функциональный блок БДОН

Таблица 37 – Входы и выходы функционального блока БДОН

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

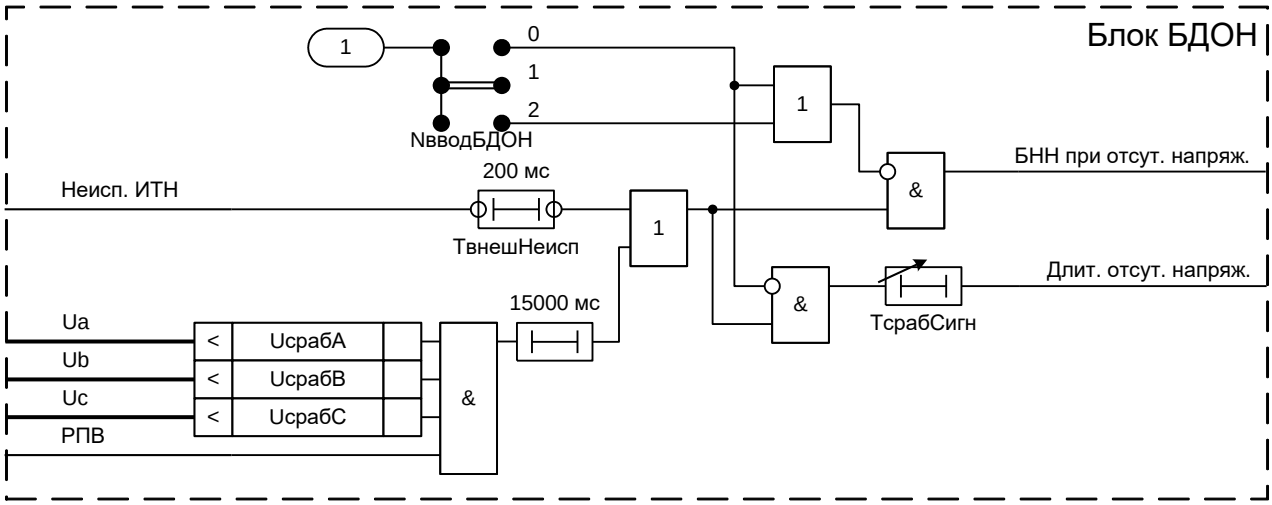


Рисунок 46 – Реализация программного модуля БДОН

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

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

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

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

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 38 – 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	–	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000

1.2.9.2 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.3.2.2-1.2.3.2.7.

1.2.10 Защита от обрыва проводника (ЗОП)

1.2.10.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция ЗОП. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей.

Функциональный блок ЗОП приведен на рисунке 47, его реализация приведена на рисунке 48.

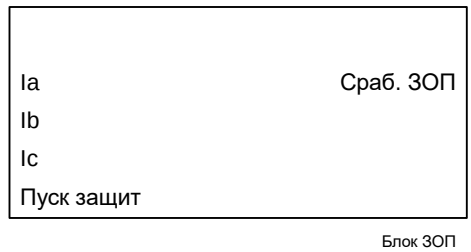


Рисунок 47 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 39 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск защит	Пуск защит устройства
Логические выходы	
Сраб. ЗОП	Срабатывание защиты от обрыва проводника

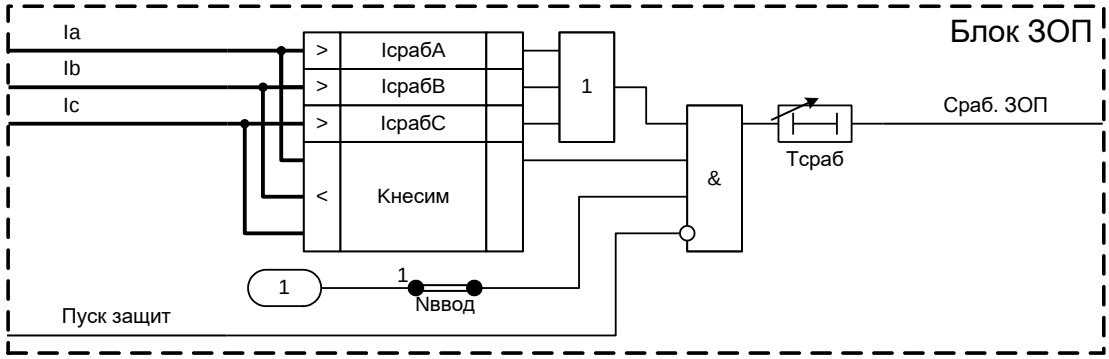


Рисунок 48 – Реализация программного модуля ЗОП

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

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

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

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

Таблица 40 – Уставки ЗОП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ЗОП, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Максимально допустимое расхождение минимального и максимального фазных токов, %	Кнесим	от 10 до 90 (шаг 1)	50
Работа ЗОП (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
ВВС ЗОП, мс	Тсраб	от 100 до 100000 (шаг 1)	5000

1.2.10.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.1.10.2-1.2.1.10.7.

1.2.11 Защиты выключателя

1.2.11.1 Принцип работы

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

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

Функциональный блок защит выключателя приведен на рисунке 49, его реализация приведена на рисунке 50.

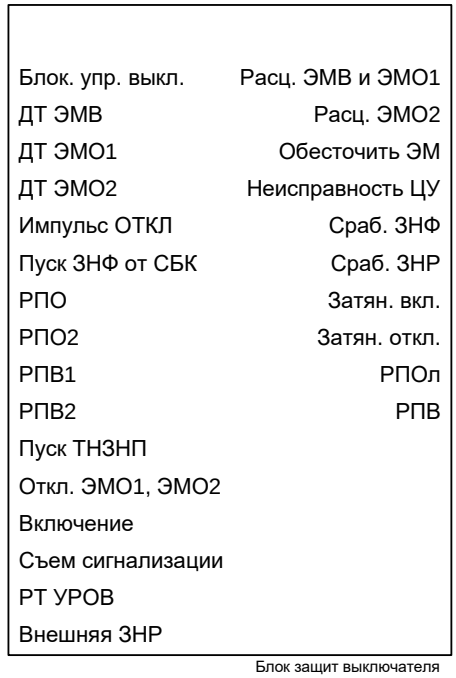


Рисунок 49 – Функциональный блок защит выключателя

Таблица 41 – Входы и выходы функционального блока защит выключателя

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

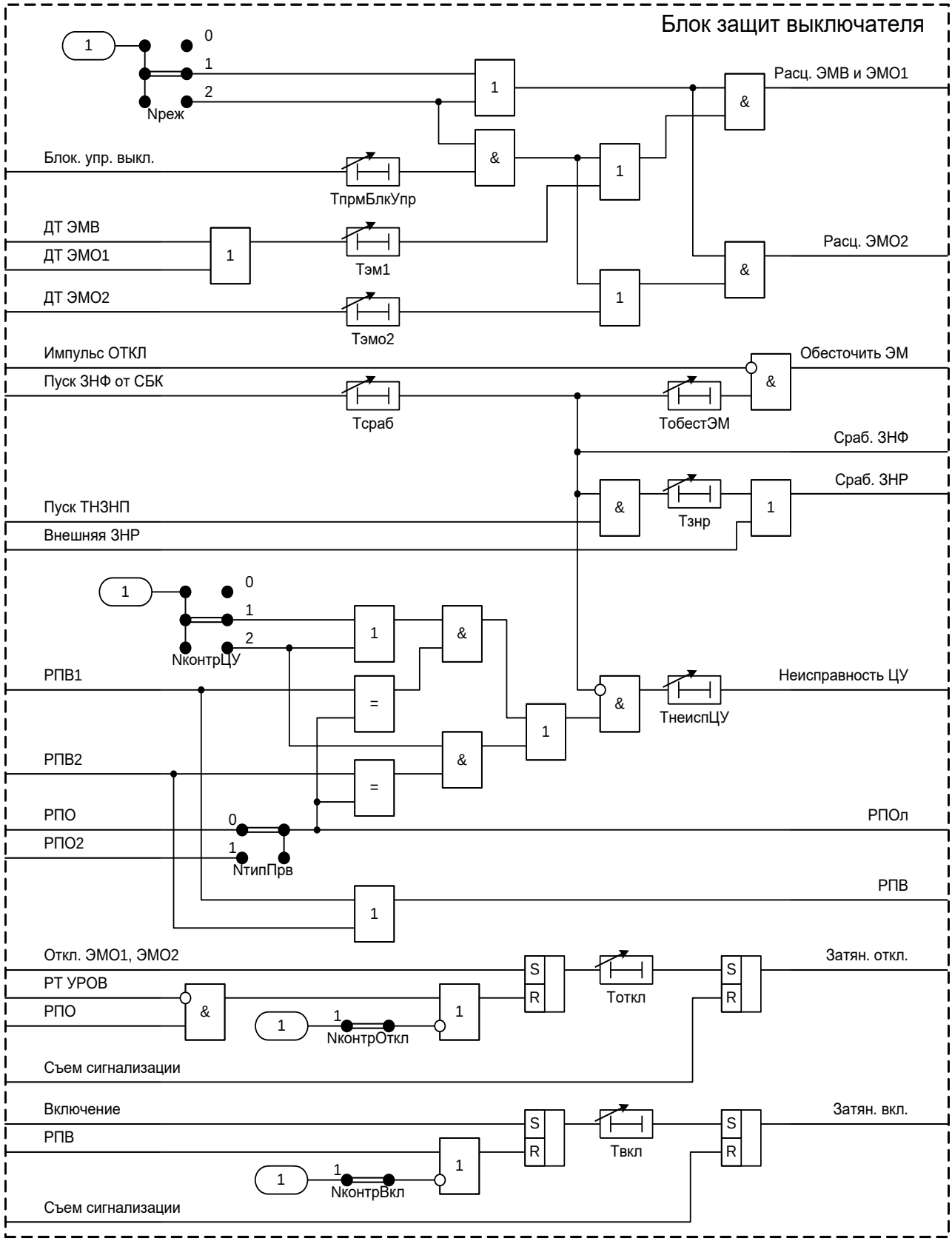


Рисунок 50 – Реализация программного модуля защит выключателя

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» и «РПО2». В этом случае сигнал «РПО» необходимо формировать через последовательно соединенные блок-контакты выключателя, а сигнал «РПО2» – через параллельно соединенные блок-контакты или ЭМВ всех трех фаз.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.11.4 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» на рисунке 50).

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.

1.2.11.5 Контроль затягивания отключения и включения выключателя (Контроль затягивания)

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

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

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

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

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

Таблица 42 – Уставки защит выключателя

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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на посыл сигнала «Обесточить цепи ЭМ выключателя», мс	ТобестЭМ	от 700 до 20000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени на запуск функции УРОВ от защиты от неполнофазного режима, мс	Тзнр	от 100 до 20000 (шаг 1)	300
Контроль затягивания отключения и включения выключателя (Контроль затягивания)			
Контроль затягивания включения (0 – нет, 1 – да)	NконтрВкл	–	0
Контроль затягивания отключения (0 –нет, 1 – да)	NконтрОткл	–	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 неисправности при блокировке включения	ТнеиспБлк	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000

1.2.12 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)

1.2.12.1 Принцип работы

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.

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

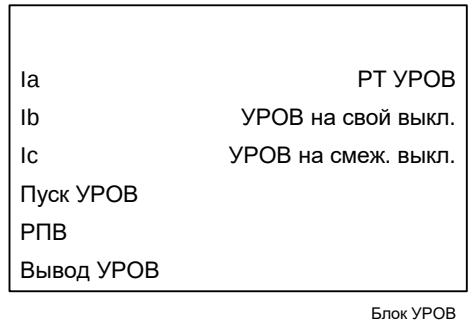


Рисунок 51 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 43 – 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
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Вывод УРОВ	Вывод УРОВ
Логические выходы	
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на отключение своего выключателя
УРОВ на смеж. выкл.	Действие УРОВ на отключение смежных выключателей

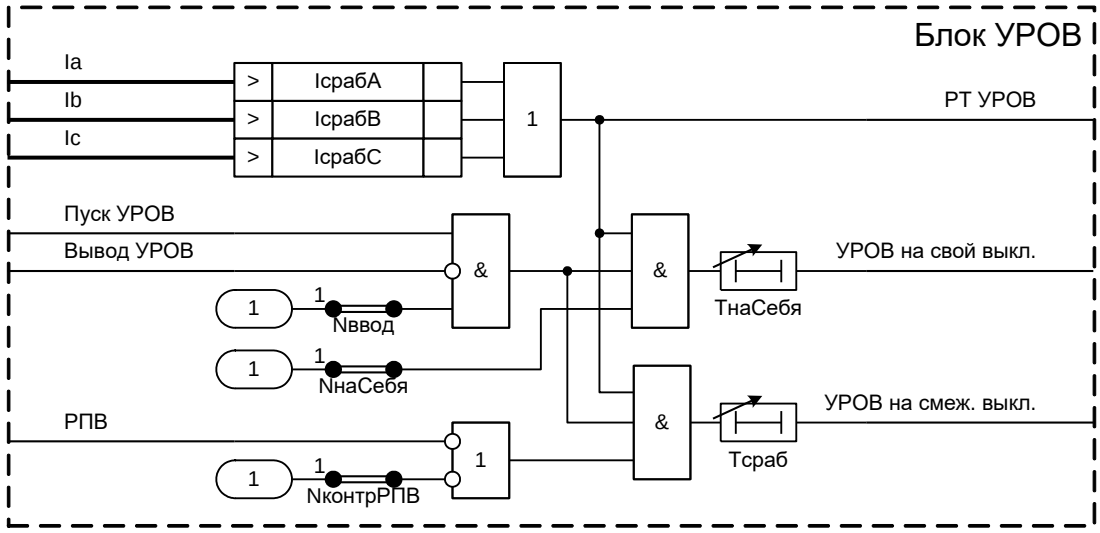


Рисунок 52 – Реализация программного модуля УРОВ

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 44 – 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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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 (улавливание синхронизма) (КСиФ)

1.2.13.1.1 Принцип работы

Включение выключателя в режиме АПВ и при оперативном включении могут производиться с контролем синхронизма и фазированием. 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 55. 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.

Функциональный блок КСиФ приведен на рисунке 53, его реализация приведена на рисунке 54. Сигнал разрешения включения формируется при появлении разрешающего сигнала от модулей КС, фазирования или контроля напряжения на присоединении и шинах.

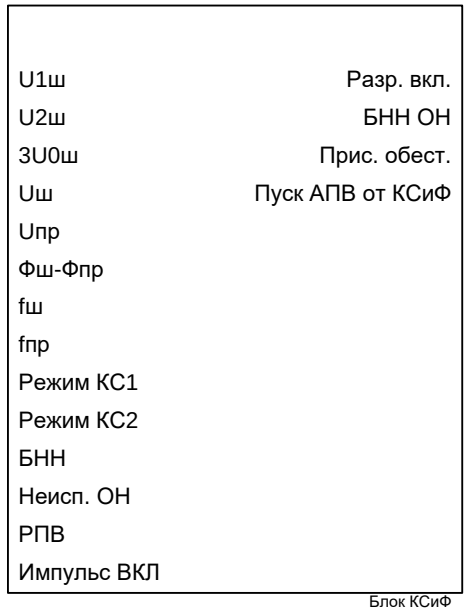


Рисунок 53 – Функциональный блок КСиФ

Таблица 45 – 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

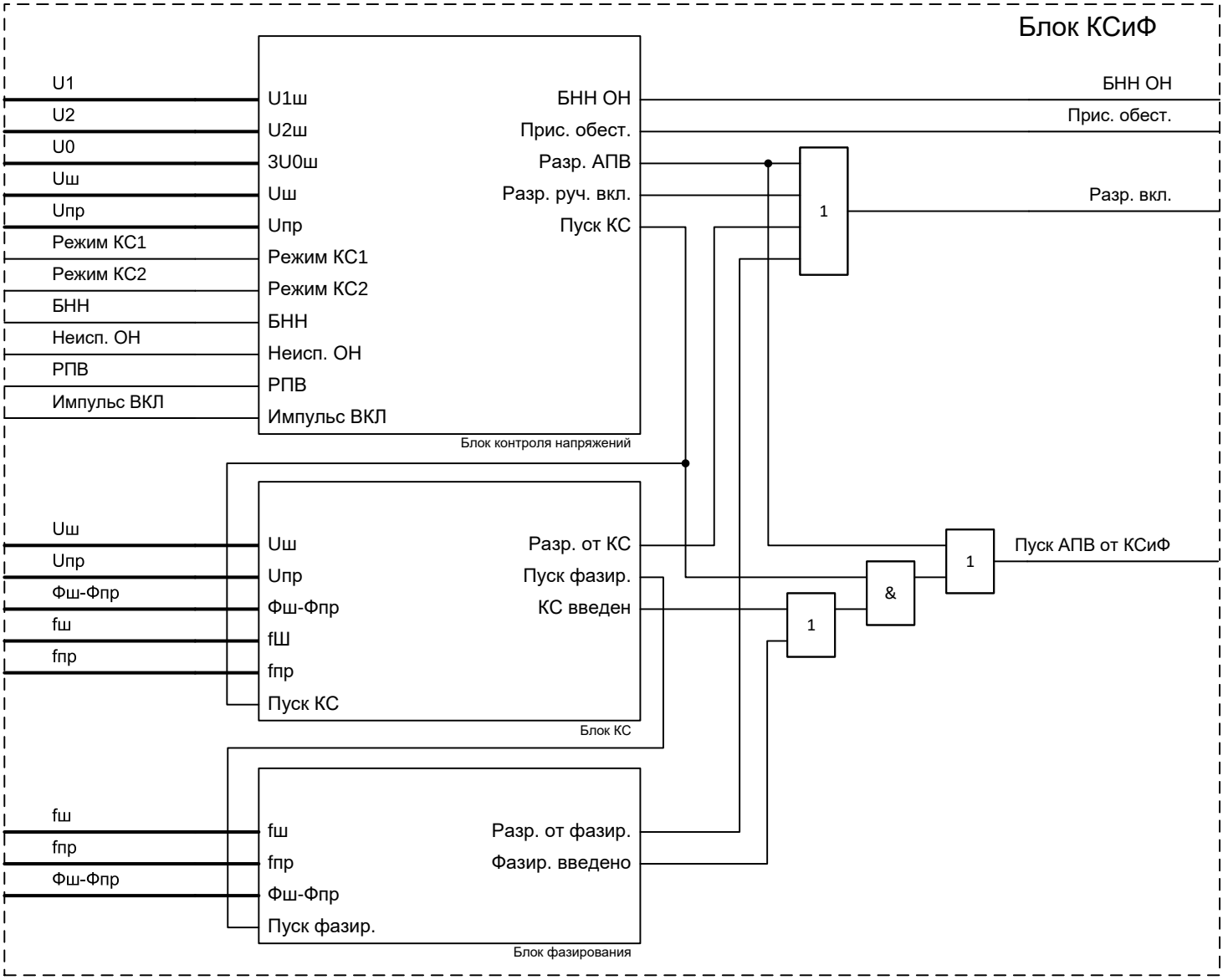


Рисунок 54 – Реализация программного модуля КСиФ

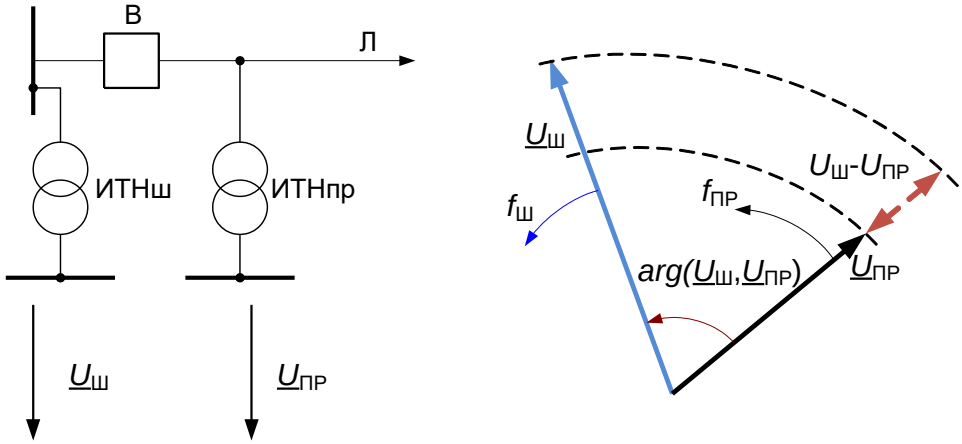


Рисунок 55 – Работа блока КСиФ

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 46 – 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	–	1
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 56, его реализация приведена на рисунке 57.

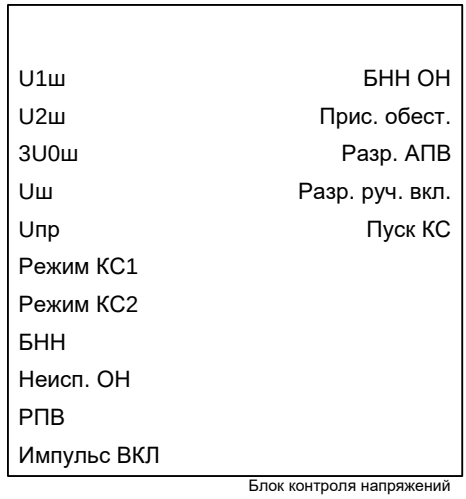


Рисунок 56 – Функциональный блок контроля напряжений

Таблица 47 – 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)
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	
БНН ОН	Неисправность канала отбора напряжения
Прис. обест.	Присоединение обесточено
Разр. АПВ	Разрешение АПВ
Разр. руч. вкл.	Разрешение ручного включения
Пуск КС	Пуск контроля синхронизма

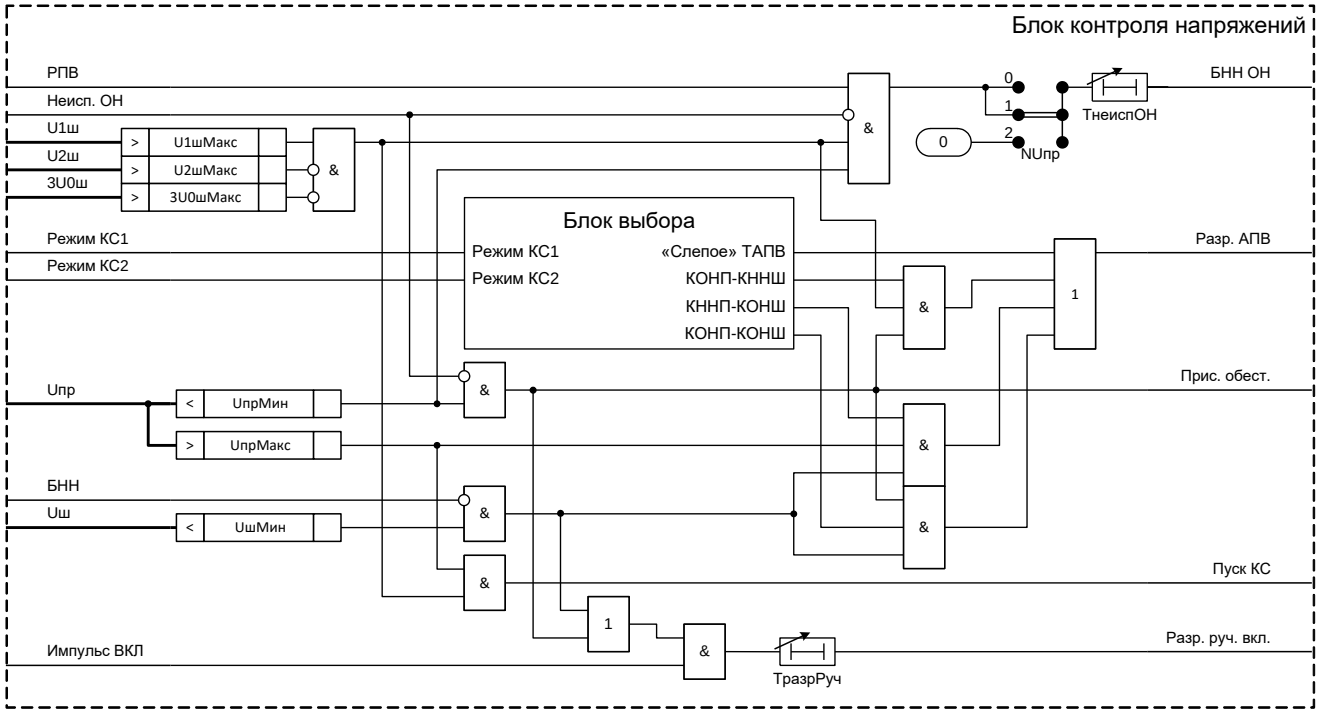


Рисунок 57 – Реализация программного модуля контроля напряжения

Режим контроля напряжений определяется положением ключа «Режим АПВ», который формирует сигналы «Режим КС1» и «Режим КС2». На основании этих сигналов в соответствии с таблицей 48 выбирается номер активной программной накладки.

Каждая из программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**», «**NрежТАПВ4**» задает режим АПВ; расшифровка их значений приведена в таблице 49. Функция контроля и улавливания синхронизма действует независимо от значений программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**» и «**NрежТАПВ4**», так как позволяет производить безударное включение присоединения.

Таблица 48 – 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**»

Таблица 49 – Режимы АПВ

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

Значение накладки	«Слепое» АПВ	КОНП–КННШ	КННП–КОНШ	КОНП–КОНШ	Контроль синхронизма
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 50 – 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

<table>
<tr><th colspan="2">Наименование уставки</th><th>Обозначение</th><th>Диапазон регулирования</th><th>Значение по умолчанию</th></tr>
<tr><td colspan="2">Напряжение прямой последовательности на шинах, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$</td><td>U1шМакс</td><td>от 70 до 100 (шаг 1)</td><td>80</td></tr>
<tr><td colspan="2">Напряжение обратной последовательности на шинах для контроля симметрии напряжения, % от $U_{ф.ном}$</td><td>U2шМакс</td><td>от 2 до 40 (шаг 1)</td><td>30</td></tr>
<tr><td colspan="2">Утроенное напряжения нулевой последовательности на шинах для контроля симметрии напряжения, % от $U_{ф.ном}$</td><td>3U0шМакс</td><td>от 6 до 120 (шаг 1)</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">Напряжение на присоединении, сигнализирующее об отсутствии напряжения, % от $U_{ф.ном}$</td><td>UпрМин</td><td>от 10 до 80 (шаг 1)</td><td>30</td></tr>
<tr><td colspan="2">Напряжение на присоединении, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$</td><td>UпрМакс</td><td>от 70 до 100 (шаг 1)</td><td>80</td></tr>
<tr><td>Режим ТАПВ для положения №1 ключа «Режим ТАПВ»</td><td rowspan="4">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</td><td>NрежТАПВ1</td><td>–</td><td>0</td></tr>
<tr><td>Режим ТАПВ для положения №2 ключа «Режим ТАПВ»</td><td>NрежТАПВ2</td><td>–</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Режим ТАПВ для положения №3 ключа «Режим ТАПВ»</td><td>NрежТАПВ3</td><td>–</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Режим ТАПВ для положения №4 ключа «Режим ТАПВ»</td><td>NрежТАПВ4</td><td>–</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Выдержка времени для выдачи в цепи сигнализации неисправности цепей напряжения со стороны присоединения, мс</td><td>ТнеиспОН</td><td>от 500 до 2000 (шаг 1)</td><td>1000</td></tr>
<tr><td colspan="2">Выдержка времени на разрешение ручного включения при отсутствии напряжения на присоединении или шинах, мс</td><td>ТразрРуч</td><td>от 20 до 1000 (шаг 1)</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="5">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.</td></tr>
</table>

1.2.13.1.2.2 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.8.10-1.2.8.18.

1.2.13.1.3 Контроль синхронизма (КС)

1.2.13.1.3.1 Принцип работы

Модуль КС выдает сигнал разрешения включения, когда напряжения 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 58, его реализация приведена на рисунке 59.

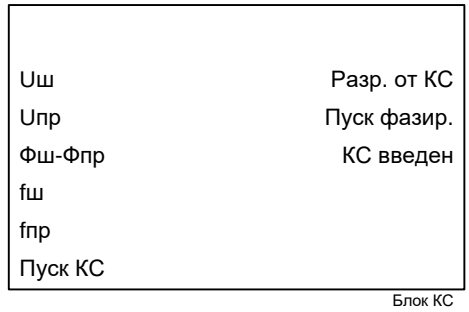


Рисунок 58 – Функциональный блок КС

Таблица 51 – 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

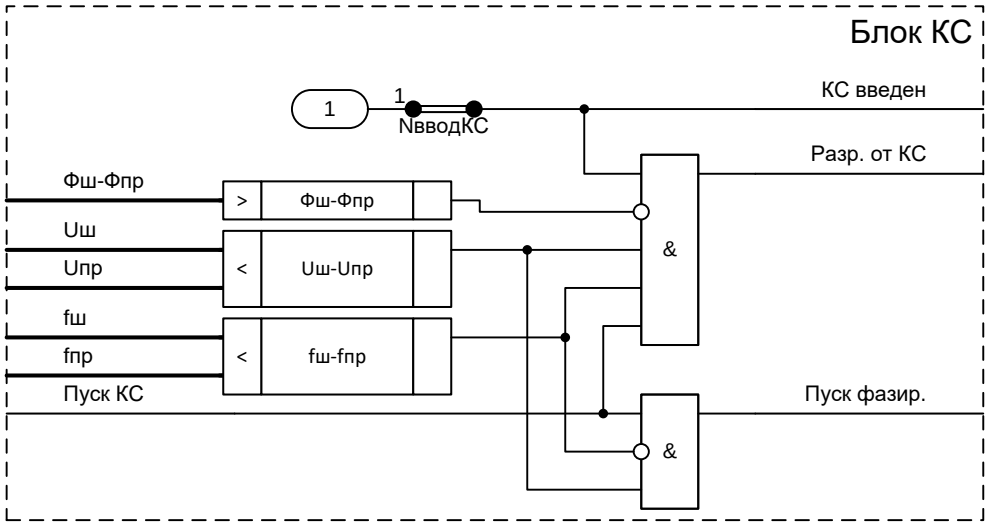


Рисунок 59 – Реализация программного модуля КС

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**».

Таблица 52 – Уставки модуля 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

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

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

1.2.13.1.3.4 Прочие точностные параметры ИО «**Uш-Uпр**» аналогичны приведенным в 1.2.8.10-1.2.8.18.

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

1.2.13.1.3.6 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.

1.2.13.1.3.7 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.

1.2.13.1.3.8 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.

1.2.13.1.3.9 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.

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

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

1.2.13.1.3.12 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 $df_{уст}$.

1.2.13.1.3.13 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 $df_{уст}$ 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 60, его реализация приведена на рисунке 61.

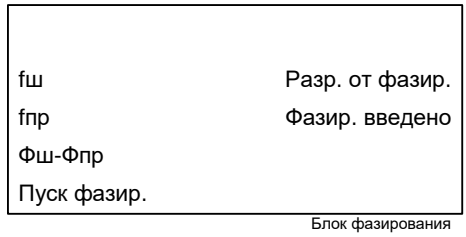


Рисунок 60 – Функциональный блок фазирования

Таблица 53 – 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

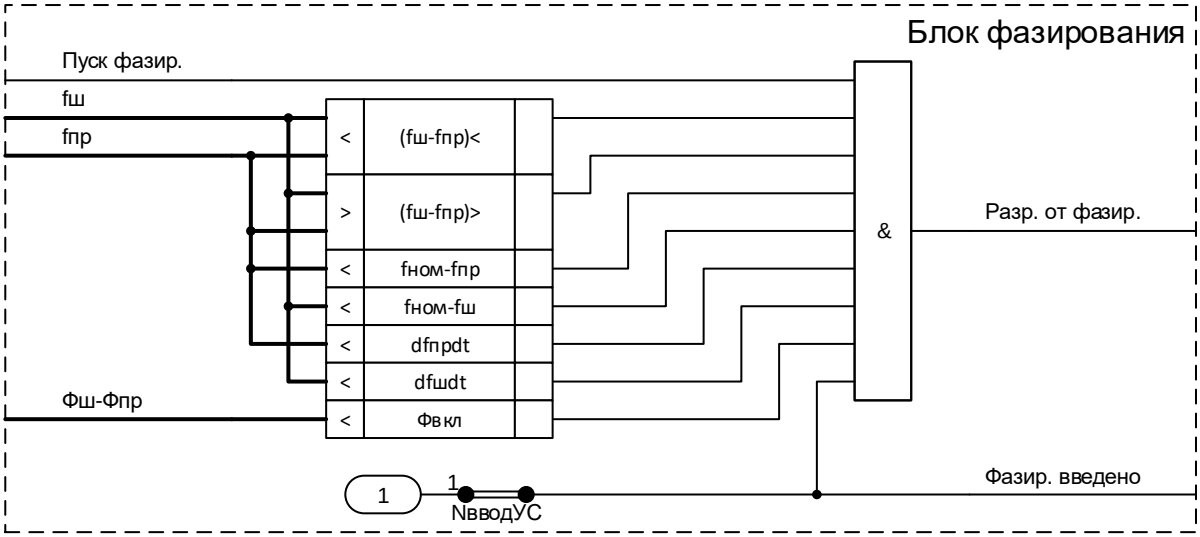


Рисунок 61 – Реализация программного модуля фазирования

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 54 – 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
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 1.2.13.1.3.10, 1.2.13.1.3.11.

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 62, обнаруживает и запоминает несоответствие между ключом управления и истинным состоянием выключателя. Команда «отключить», поступающая от оперативного переключателя, сбрасывает состояние УФН, пуск ТАПВ не разрешается.

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

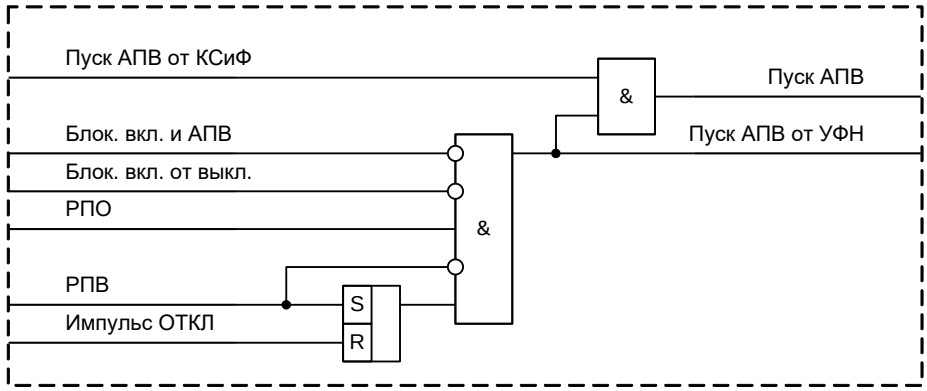


Рисунок 62 – Узел фиксации положения выключателя и фиксации несоответствия

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

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 63.

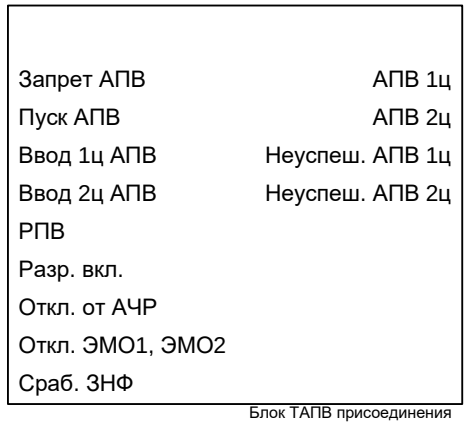


Рисунок 63 – Функциональный блок ТАПВ присоединения

Таблица 55 – 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 56 – 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 64.

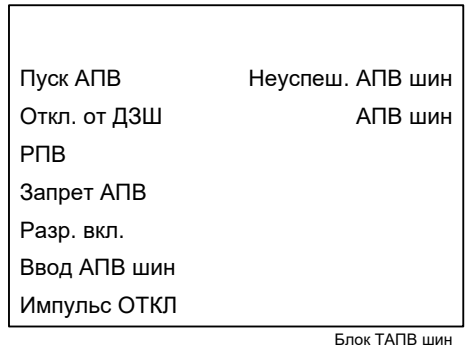


Рисунок 64 – Функциональный блок ТАПВ шин

Таблица 57 – 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 58 – 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 65.

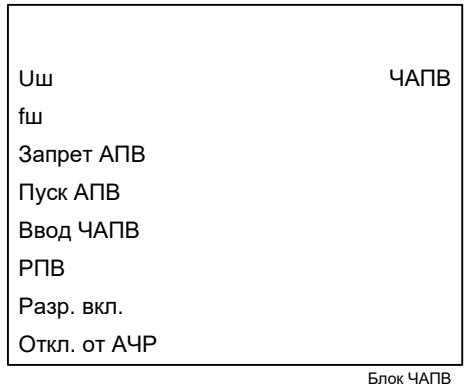


Рисунок 65 – Функциональный блок ЧАПВ

Таблица 59 – Входы и выходы функционального блока ЧАПВ

Аналоговые входы	
Uш	Напряжение на шине
Uпр	Напряжение присоединения
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 60 – 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 66, его реализация приведена на рисунке 67.

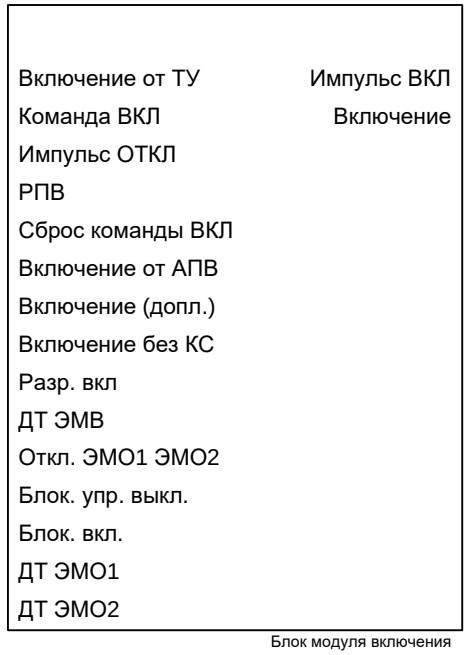


Рисунок 66 – Функциональный блок модуля включения выключателя

Таблица 61 – 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

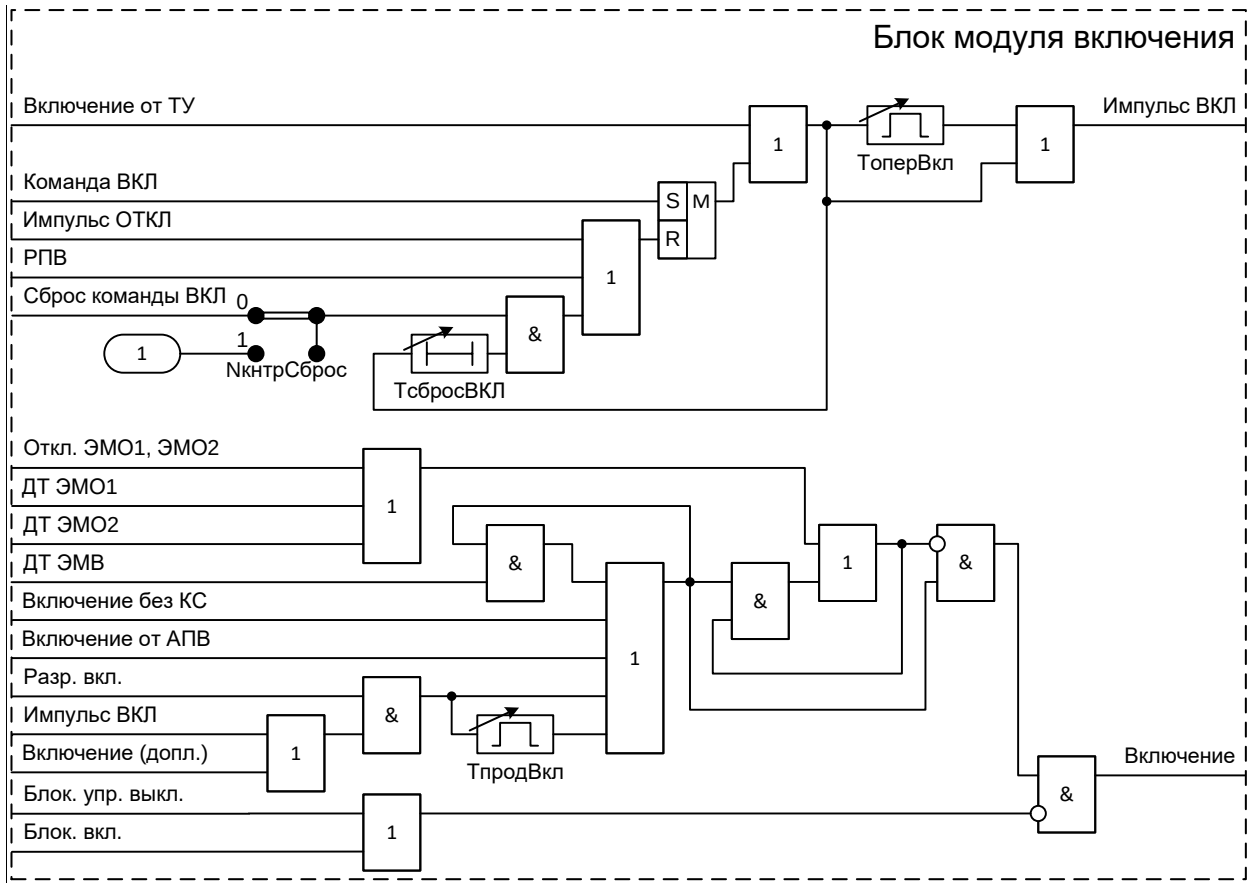


Рисунок 67 – Реализация программного модуля включения выключателя

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**». Действие на включение выключателя от импульса включения и сигнала «Включение (допл.)» выполняется с минимальной длительностью «**ТпродВкл»** после выполнения условий КСиФ. Описание уставки «**ТпродВкл»** приведено в таблице 46.

Таблица 62 – 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)

1.2.14.1 Принцип работы

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

- действие УРОВ на свой выключатель;
- срабатывание защит (ДЗШ, основной защиты объекта, защит терминала);
- защита от непереключения фаз («ЗНФ»).

Функциональный блок модуля отключения выключателя приведен на рисунке 68, его реализация приведена на рисунке 69.

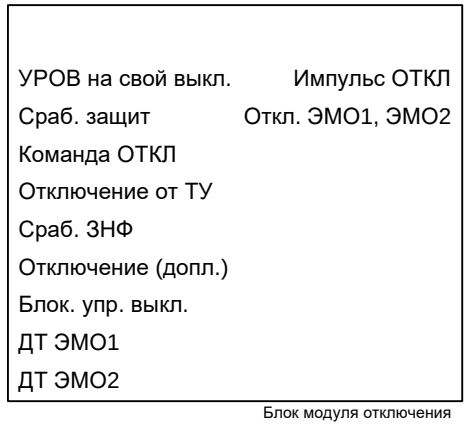


Рисунок 68 – Функциональный блок модуля отключения выключателя

Таблица 63 – 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
Отключение В	Сигнал на отключение выключателя
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

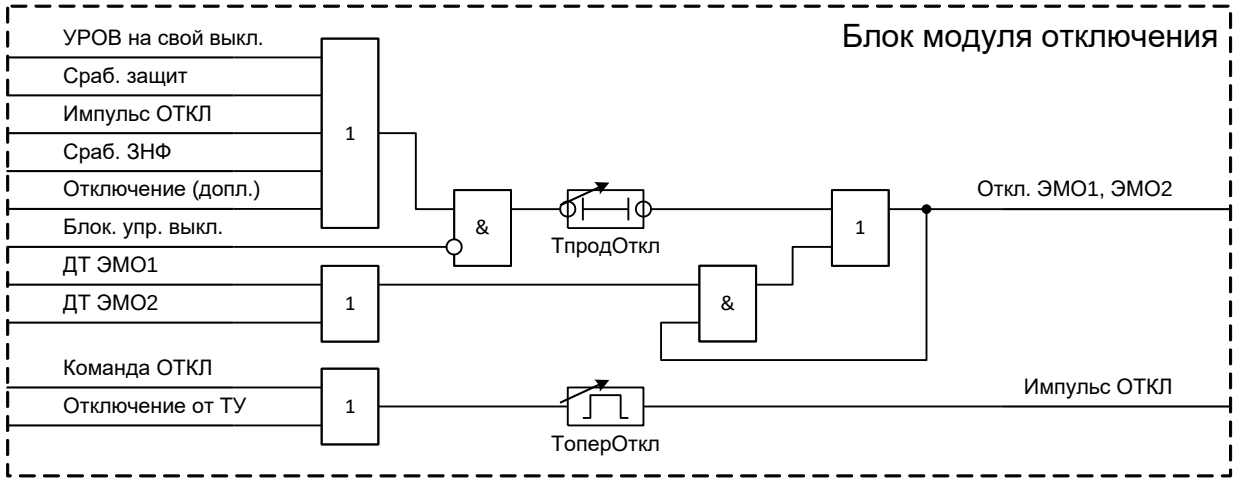


Рисунок 69 – Реализация программного модуля отключения выключателя

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 64 – 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 УФПВ приведен на рисунке 70, его реализация приведена на рисунках 71.

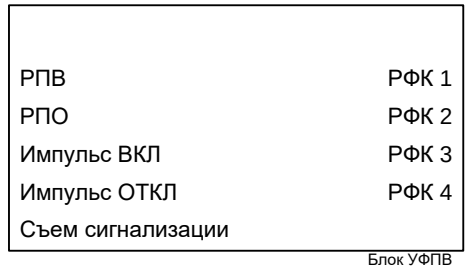


Рисунок 70 – Функциональный блок УФПВ

Таблица 65 – 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

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

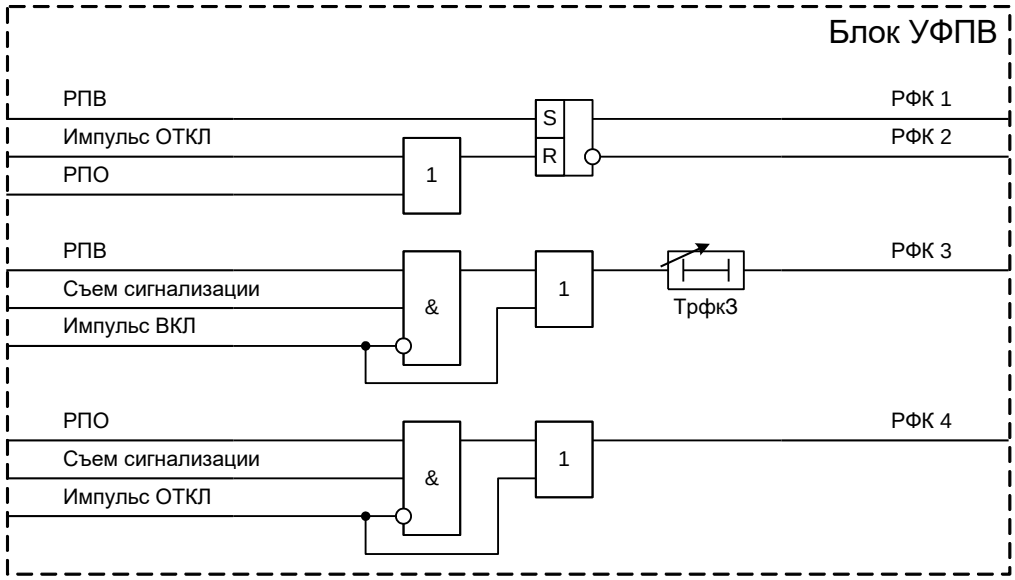


Рисунок 71 – Реализация программного модуля УФПВ

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

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

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

Таблица 66 – Уставки УФПВ

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

1.2.16 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ)

1.2.16.1 Принцип работы

Функциональный блок МКРВ приведен на рисунке 72.

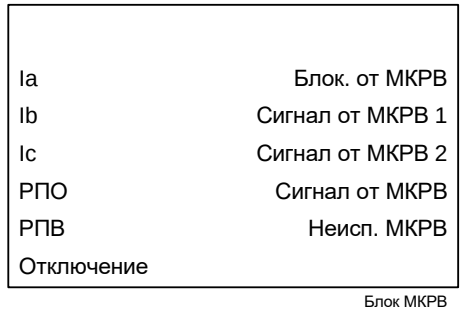


Рисунок 72 – Функциональный блок МКРВ

Таблица 67 – Входы и выходы функционального блока МКРВ

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

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

- остаточный механический ресурс выключателя (МРВ), 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.

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 73), так и двумя точками (рисунок 74) в виде пар чисел: число коммутаций – отключаемый ток (уставки

«**Моткл1**» – «**Моткл11**» и «**Іоткл1**» – «**Іоткл11**» – 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.

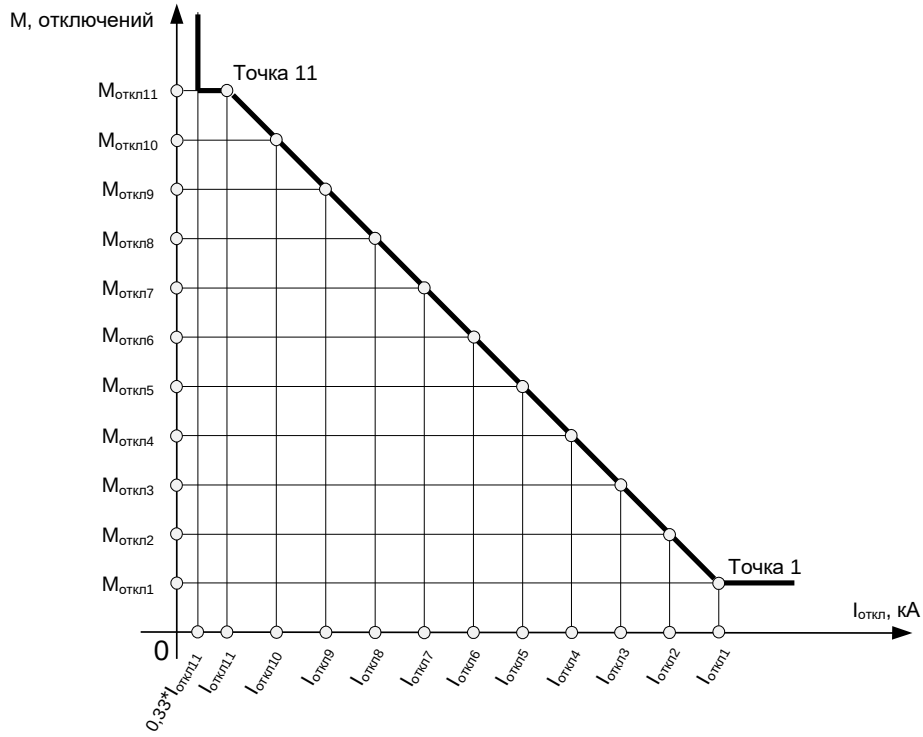


Рисунок 73 – Характеристика КРВ, задаваемая одиннадцатью точками

Характеристика, изображенная на рисунке 74, задается следующими уставками: «**Іоткл1**» – номинальный ток отключения выключателя, кА; «**Іоткл2**» – номинальный ток выключателя, кА; «**Моткл1**» – допустимое количество циклов при номинальном токе отключения; «**Моткл2**» – количество циклов при номинальном токе выключателя.

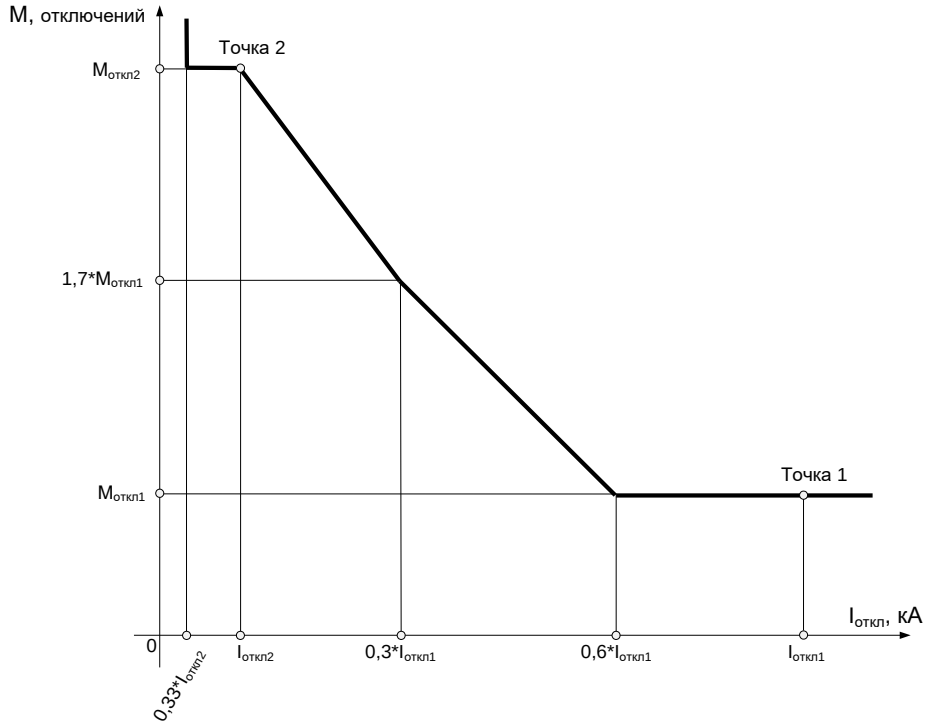


Рисунок 74 – Характеристика КРВ, задаваемая двумя точками

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

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

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

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 68 – 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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Характеристика КРВ			
Ток точки 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл1	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	60
Ток точки 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл2	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	55
Ток точки 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл3	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	50
Ток точки 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл4	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	45
Ток точки 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл5	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	40
Ток точки 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл6	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	35
Ток точки 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл7	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	30
Ток точки 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл8	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	25
Ток точки 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл9	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	20
Ток точки 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл10	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	15
Ток точки 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл11	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	10
Допустимое количество отключений в точке 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл1	от 5 до 60000 (шаг 1)	200
Допустимое количество отключений в точке 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл2	от 5 до 60000 (шаг 1)	300
Допустимое количество отключений в точке 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл3	от 5 до 60000 (шаг 1)	400
Допустимое количество отключений в точке 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл4	от 5 до 60000 (шаг 1)	500
Допустимое количество отключений в точке 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл5	от 5 до 60000 (шаг 1)	600
Допустимое количество отключений в точке 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл6	от 5 до 60000 (шаг 1)	700
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

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

1.2.17 Газовая защита (ГЗ)

1.2.17.1 Принцип работы

Функциональный блок ГЗ приведен на рисунке 75, его реализация приведена на рисунке 76.

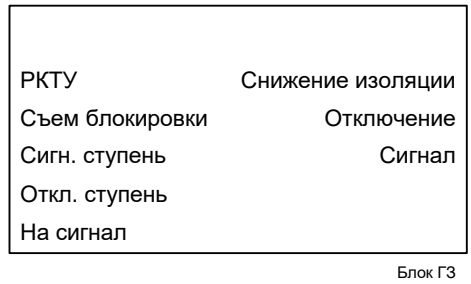


Рисунок 75 – Функциональный блок ГЗ

Таблица 69 – Входы и выходы функционального блока ГЗ

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

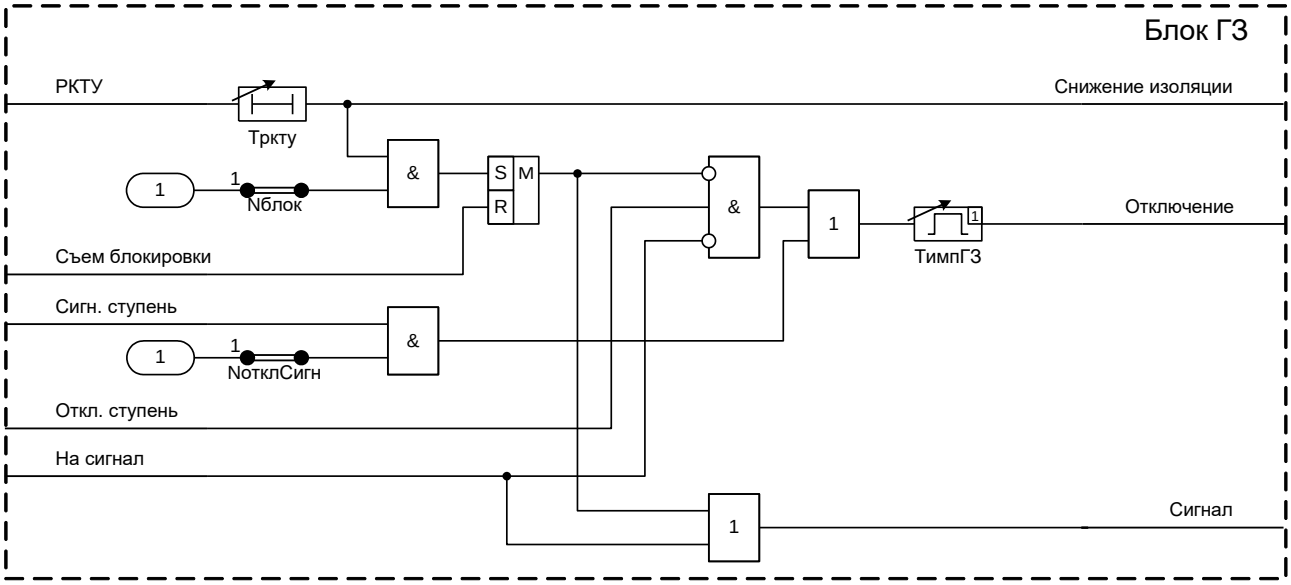


Рисунок 76 – Реализация программного модуля ГЗ

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

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

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

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

Таблица 70 – Уставки ГЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значе-ние
Автоматический запрет действия отключающей ступени ГЗ (0 – нет, 1 – да)	Nблок	–	0
Ввод действия сигнальной ступени ГЗ на отключение (0 – нет, 1 – да)	NотклСигн	–	0
ВВС блокировки ГЗ от РКТУ, мс	Тркту	от 0 до 30000 (шаг 1)	3000
Минимальная длительность отключения от ГЗ, мс	ТимпГЗ	от 0 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.18 Расчет аналоговых сигналов

1.2.18.1 Фильтр симметричных составляющих (ФСС)

Функциональный блок ФСС приведен на рисунке 77.

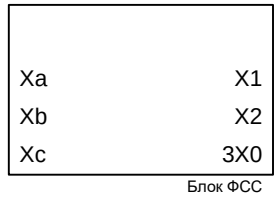


Рисунок 77 – Функциональный блок ФСС

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

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

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

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

1.2.18.2 Расчет напряжений «разомкнутого треугольника» (Расчет Uнк)

Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника» приведен на рисунке 78.

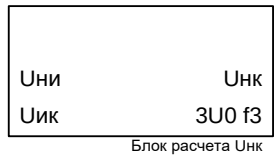


Рисунок 78 – Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Таблица 72 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

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

Напряжение Uнк «разомкнутого треугольника» рассчитываются по формуле

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

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

1.2.18.3 Расчет сопротивлений (Расчет Z)

Функциональный блок расчета сопротивлений приведен на рисунке 79.

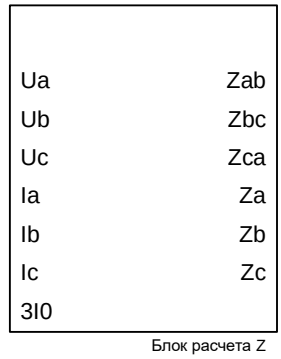


Рисунок 79 – Функциональный блок расчета сопротивлений

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

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

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

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

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

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

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

где $K_{ПД}$ – коэффициент работы по памяти (принят 20 %). При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления

формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад).

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

Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН приведен на рисунке 80.

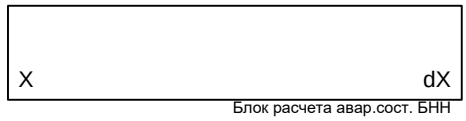


Рисунок 80 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН

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 81.

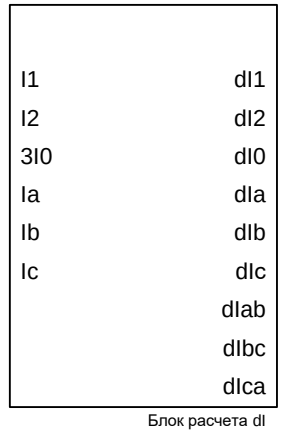


Рисунок 81 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов

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 AB, BC, CA
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, A, B, C, AB, BC, CA)

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 тока нулевой последовательности второй гармоники (Расчет 3I0 f2)

Функциональный блок расчета тока нулевой последовательности второй гармоники приведен на рисунке 82.

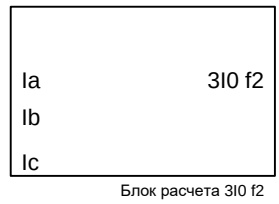


Рисунок 82 – Функциональный блок расчета тока нулевой последовательности второй гармоники

Таблица 76 – Входы и выходы функционального блока расчета тока нулевой последовательности второй гармоники

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	
3I0f2	Утроенный ток нулевой последовательности второй гармоники
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок осуществляет расчет тока нулевой последовательности второй гармоники с помощью фильтра Фурье, настроенного на частоту 100 Гц.

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

Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин приведен на рисунке 83.

Рисунок 83 – Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин

Таблица 77 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений присоединения и шин

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

Блок осуществляет расчет напряжений присоединения и шины, описанный в 1.2.13.

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.

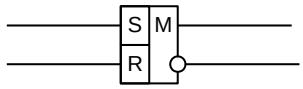
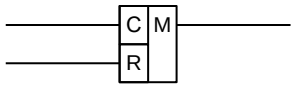
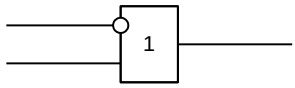
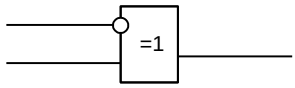
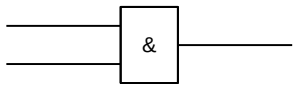
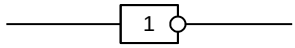
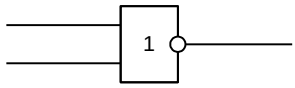
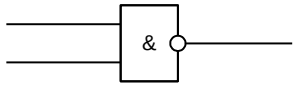
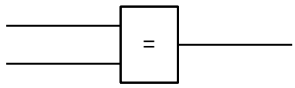
2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

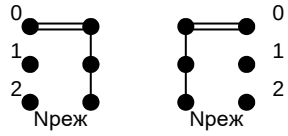
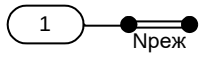
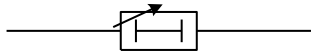
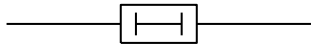
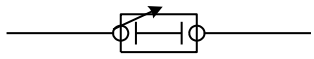
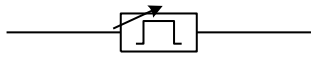
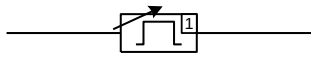
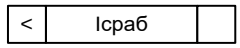
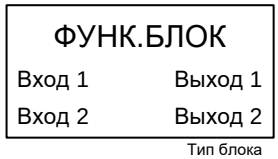
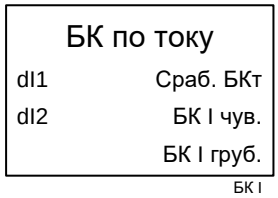
2.2.4 Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм^2 наиболее коротким путем.

2.3 Проверка функций защит

Проверка функций защиты терминала выполняется в соответствии с АИПБ.656467.966 ПМ1.

Приложение А
(справочное)
Элементы функциональных логических схем

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

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

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

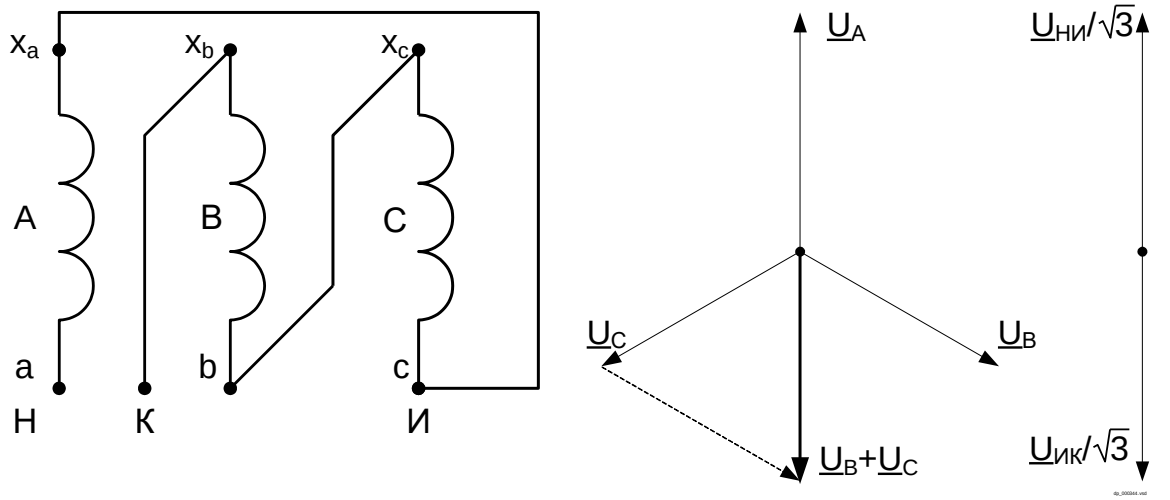


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

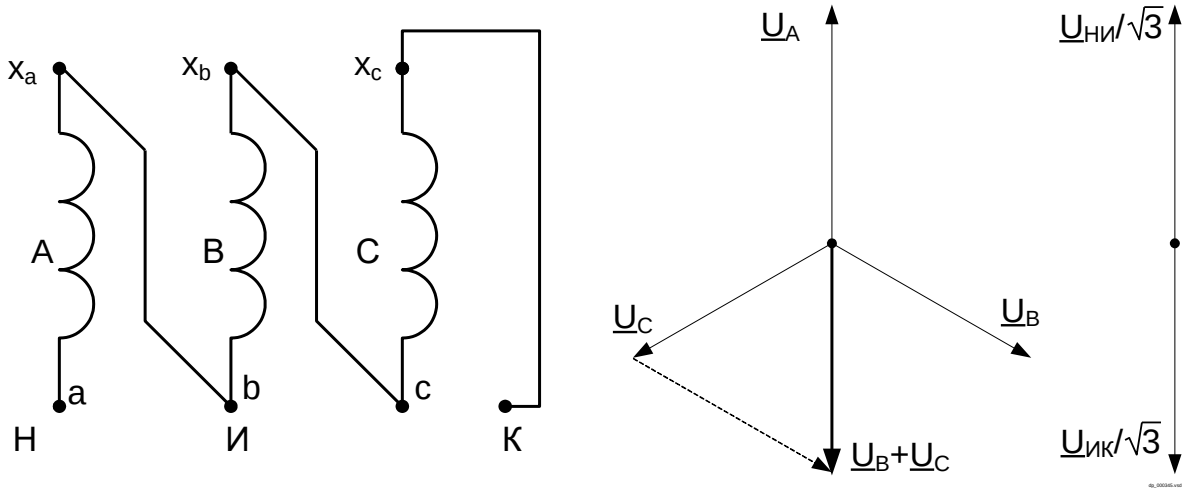


Рисунок Б.2 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

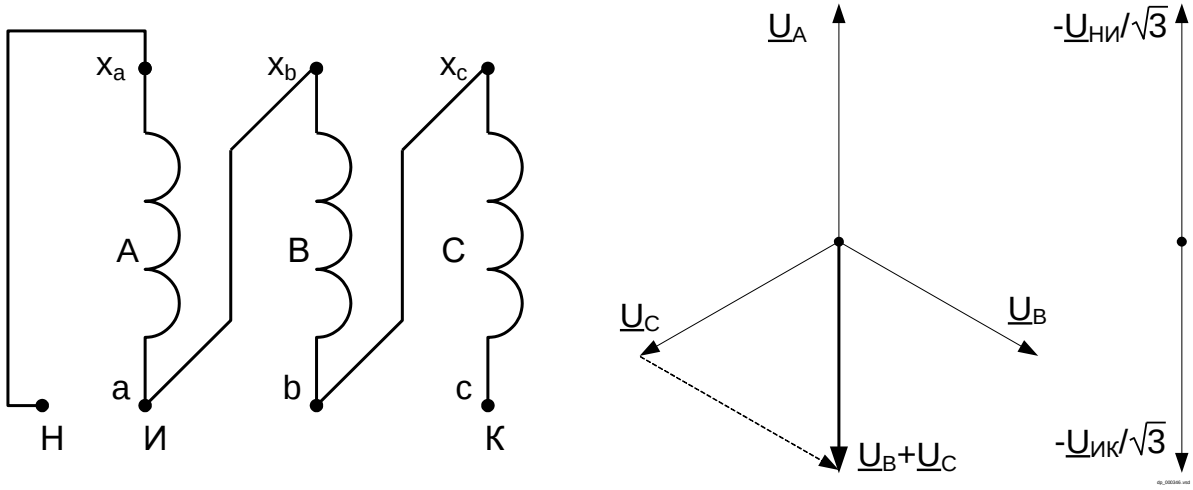


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

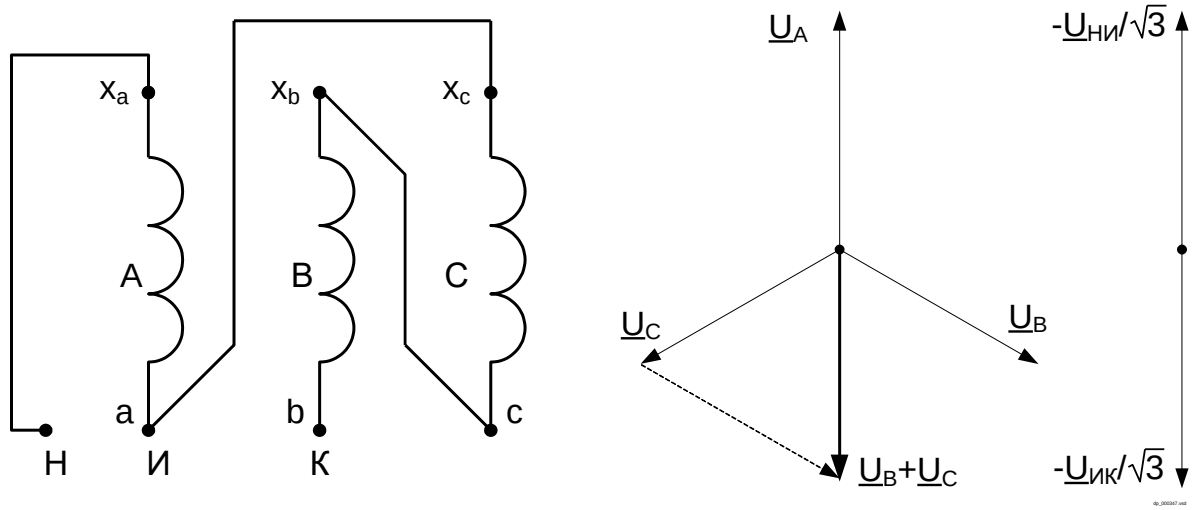


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

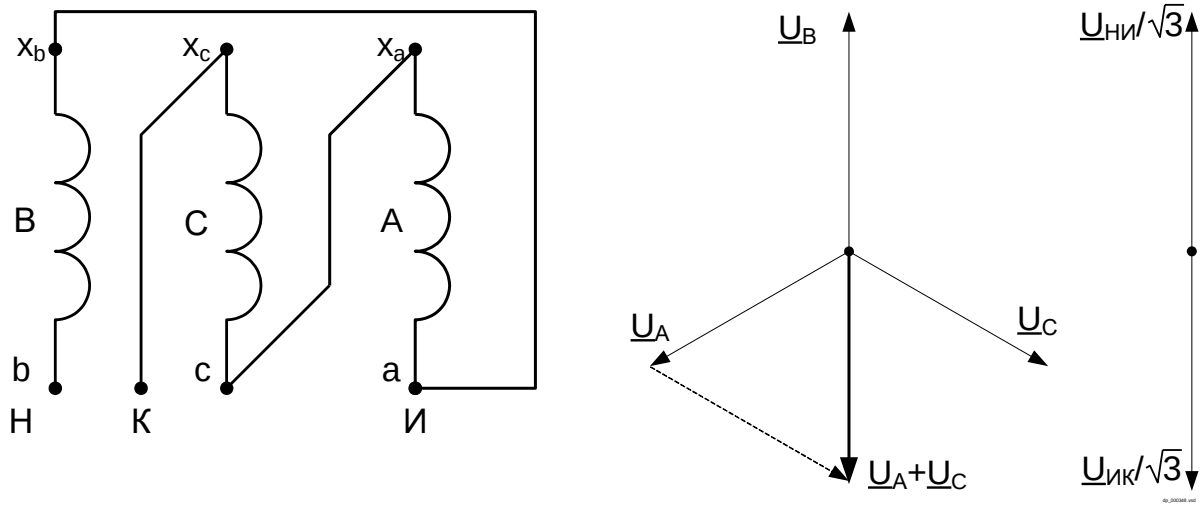


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

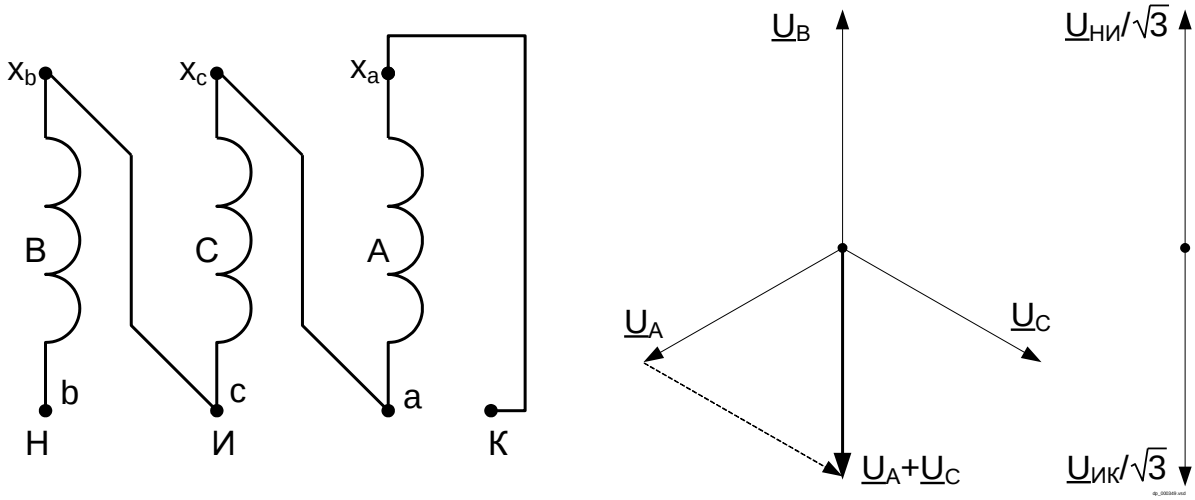


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

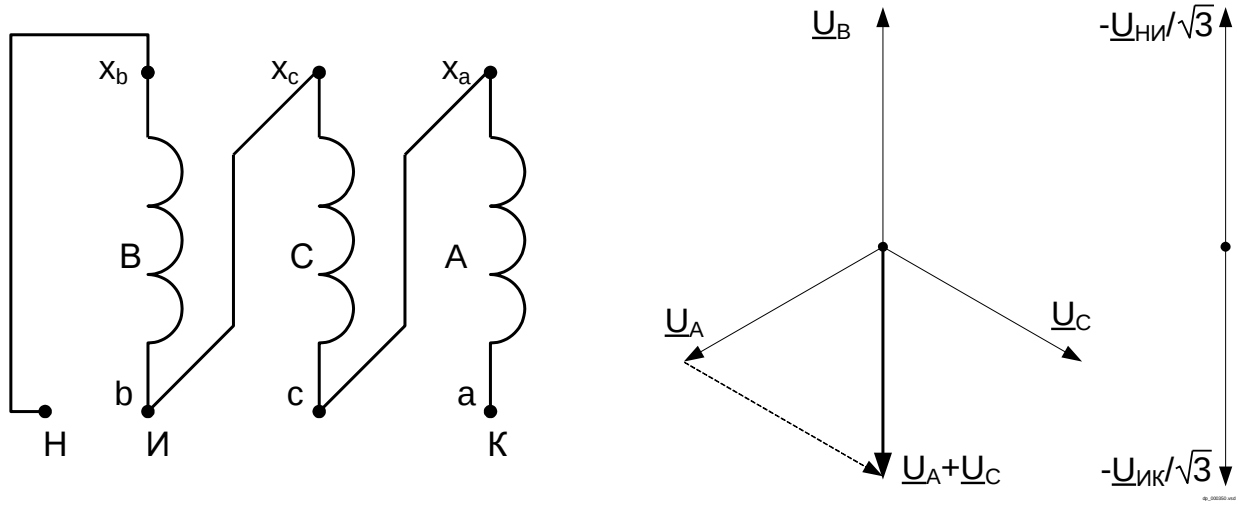


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» не совпадают)

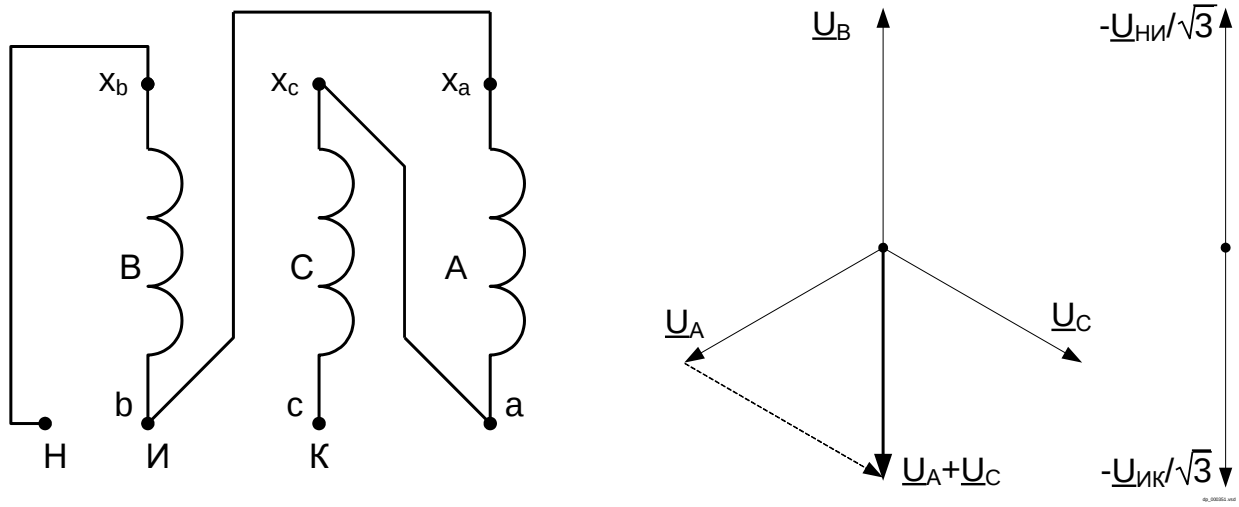


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» не совпадают)

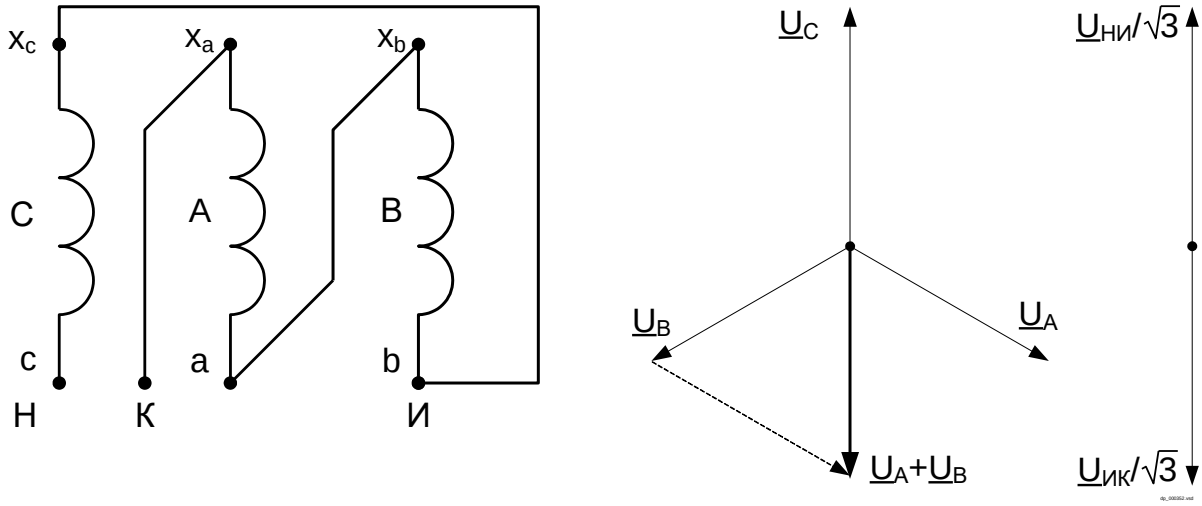


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» совпадают)

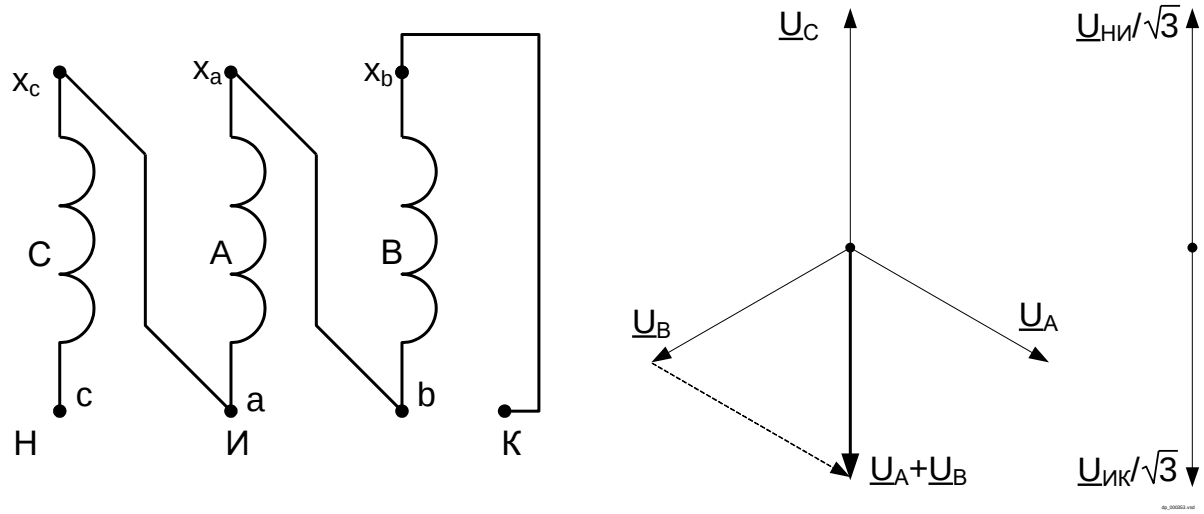


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» совпадают)

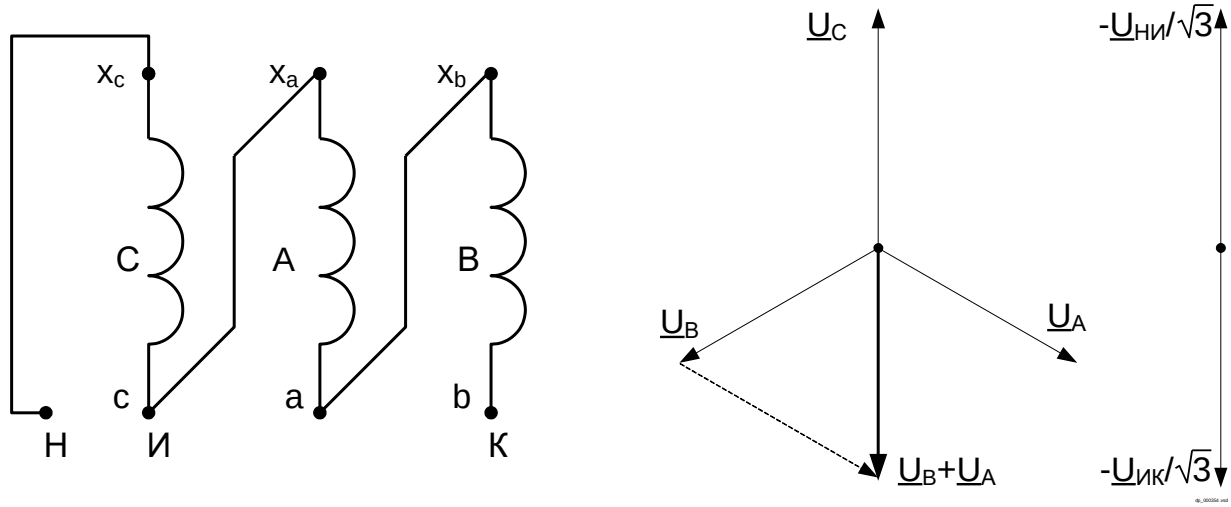


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» не совпадают)

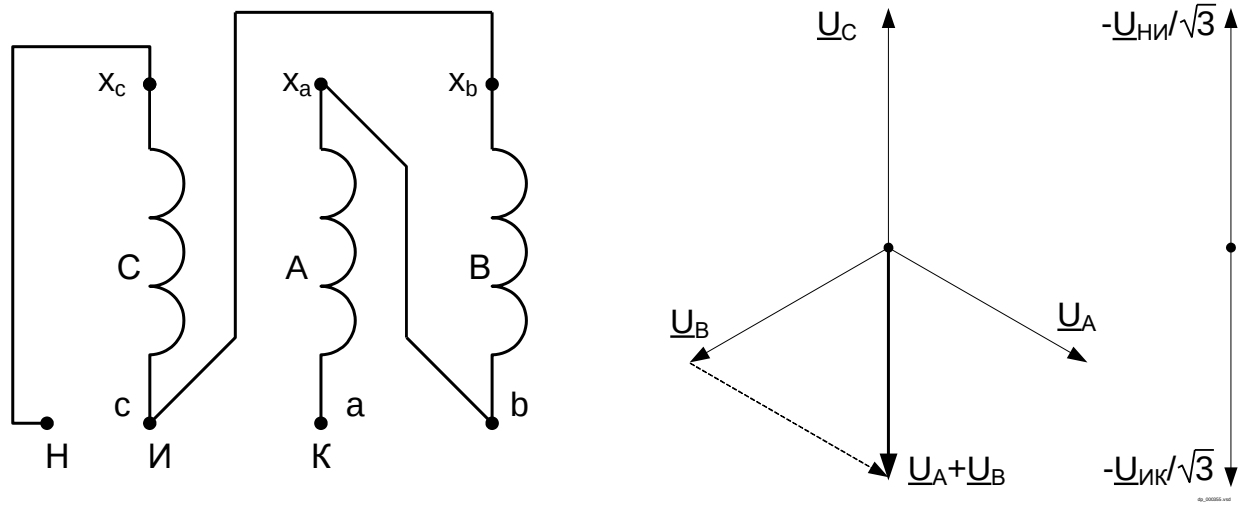


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и « разомкнутого треугольника» не совпадают) обозначают буквами З, Й, О.

Список сокращений

АУ	– автоматическое ускорение;
АУВ	– автоматика управления выключателем;
АРПТ	– автоматическая разгрузка при перегрузке по току;
АЧР	– автоматическая частотная разгрузка;
БДОН	– блокировка при длительном отсутствии напряжения;
БК I	– токовая блокировка при качаниях;
БК Z	– блокировка при качаниях по замеру сопротивления;
БНН	– блокировка при неисправностях в цепях напряжения;
БНТ	– бросок намагничивающего тока;
ВЛ	– воздушная линия электропередачи;
ВВС	– выдержка времени срабатывания;
ГЗ	– газовая защита;
ДЗ	– дистанционная защита;
ДЗШ	– дифференциальная защита шин;
ЗНР	– защита от неполнофазного режима;
ЗНФ	– защита от непереключения фаз;
ЗОП	– защита от обрыва проводника;
ИО	– измерительный орган;
ИТН	– измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ	– измерительный трансформатор тока;
КЗ	– короткое замыкание;
КРВ	– коммутационный ресурс выключателя;
КС	– контроль синхронизма;
КСиФ	– контроль синхронизма и фазирования;
МТЗ	– максимальная токовая защита;
МКРВ	– модуль контроля ресурса выключателя;
МРВ	– механический ресурс выключателя;
о.е.	– относительная единица;
ОКП	– общий критерий повреждения;
ОН	– отбор напряжения;
ОУ	– оперативное ускорение;
ПО	– программное обеспечение;
РНМНП	– реле направления мощности нулевой последовательности;
РНМОП	– реле направления мощности обратной последовательности;
РПВ	– реле положения «Включено»;
РПО	– реле положения «Отключено»;
РС	– реле сопротивления;
РТ	– реле тока;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
СБК	– сборка блок-контактов выключателя;
ТАПВ	– трехфазное автоматическое повторное включение;
ТНЗНП	– токовая направленная защита нулевой последовательности;
ТО	– токовая отсечка;
ТУ	– технические условия;
УРОВ	– устройство резервирования отказа выключателя;
УФН	– устройство фиксации несоответствия;
УФПВ	– узел фиксации положения выключателя;
ФОС	– фильтр ортогональных составляющих;
ЦУ	– цепи управления;
ЧАПВ	– частотное автоматическое повторное включение;
ШОН	– шкаф отбора напряжения;
ЭМ	– электромагнит;

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
	изме-ненных	заме-ненных	новых	аннулиро-ванных					
–			все		102	АИПБ.109-2020			06.2020
1		1,62-80	103-104		104	АИПБ.209-2021			05.2021