Утвержден
АИПБ.656122.011-015 РЭ2-ЛУ

ТЕРМИНАЛ СТУПЕНЧАТЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЙ 110-220 кВ ТИПА «ТОР 300 КСЗ 5XX», «ТОР 300 АУВ 5XX»

Руководство по эксплуатации. Описание функций защит
АИПБ.656122.011-015 РЭ2 v21.2

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 6
1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ) 6
1.2.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) 25
1.2.3 Логика ВЧ связи (ЛС) 38
1.2.4 ВЧ блокировка ДЗ и ТНЗНП (ВЧБ) 49
1.2.5 Логика отключения слабого конца от ДЗ2 (ЛОСК ДЗ2) 55
1.2.6 Логика отключения слабого конца от ТНЗНП2 (ЛОСК ТНЗНП2) 58
1.2.7 Токовая отсечка (ТО) 59
1.2.8 Максимальная токовая защита (МТЗ) 61
1.2.9 Ступень аварийной максимальной токовой защиты (Ступень аварийной МТЗ) 62
1.2.10 Автоматическое ускорение (АУ) 64
1.2.11 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току (АРПТ) 65
1.2.12 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН) 66
1.2.13 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН) 72
1.2.14 Защита от обрыва проводника (ЗОП) 73
1.2.15 Защиты выключателя 74
1.2.16 Защита от неполнофазного режима (ЗНР) 79
1.2.17 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) 80
1.2.18 Защита от понижения напряжения (ЗМН) 82
1.2.19 Автоматика включения резерва (АВР) 85
1.2.20 Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) 87
1.2.21 Автоматика управления выключателем (АУВ) 89
1.2.22 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения) 107
1.2.23 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ) 108
1.2.24 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ) 109
1.2.25 Модуль определения места повреждения (ОМП) 116
1.2.26 Расчет аналоговых сигналов 126

2 Рекомендации по проверке 132
2.1 Общие указания 132
2.2 Меры по безопасности 132
2.3 Проверка функций защит 132

Приложение А (обязательное) Элементы функциональных логических схем 133

Приложение Б (справочное) Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника» 135

Список сокращений 139

Настоящее РЭ распространяется на терминалы защиты присоединений (линия, трансформатор) и их выключателей типа «ТОР 300 КСЗ 5ХХ», «ТОР 300 АУВ 5ХХ» (далее – устройства или терминалы) содержит необходимые сведения по эксплуатации и обслуживанию.

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

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

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

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

1 Описание и работа

1.1 Назначение

Устройства защиты и автоматики типа «ТОР 300 КСЗ 5ХХ», «ТОР 300 АУВ 5ХХ» предназначены для выполнения следующих функций:

- защита воздушных двухконцевых или многоконцевых линий электропередачи с функцией ВЧ блокировки и телеускорения ДЗ и ТНЗНП («ТОР 300 КСЗ 563», изображено на рисунке 1а);
- делительная защита, защита опробования секционного (шиносоединительного) выключателя («ТОР 300 КСЗ 569», изображено на рисунке 1в);
- автоматика управления выключателем (АУВ) сетей с ТАПВ с трехфазным и пофазным приводом («ТОР 300 АУВ 566», изображено на рисунке 1в);
- защита воздушных линий электропередачи с функцией телеускорения ДЗ и ТНЗНП и автоматика управления выключателем с возможностью перевода на обходной выключатель («ТОР 300 КСЗ 560» изображено на рисунке 1б).

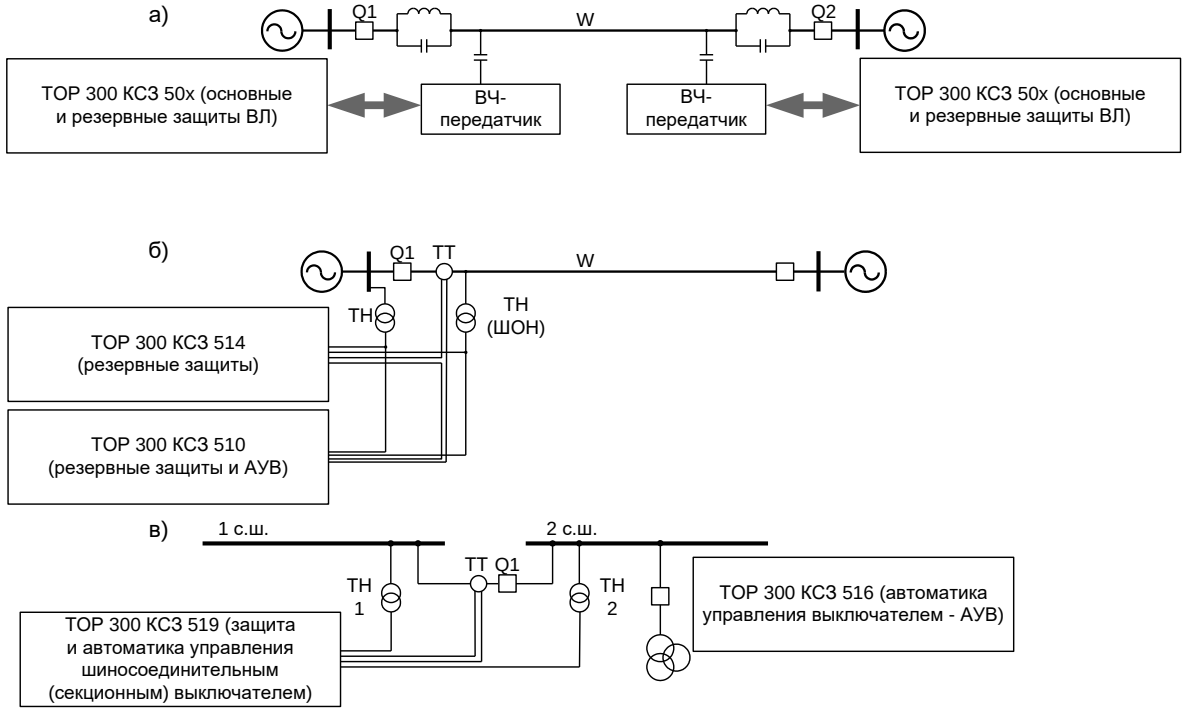


Рисунок 1 – Применение устройств защиты и автоматики серии «ТОР 300 КСЗ 5ХХ», «ТОР 300 АУВ 5ХХ»

Полнофункциональное устройство может содержать:

- пять ступеней дистанционной защиты (ДЗ) по каналам «фаза-фаза» и «фаза-земля»;
- восемь ступеней токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП);
- логику высокочастотного телеотключения (ВЧТО) и ВЧ блокировки;
- алгоритмы ускорения ДЗ и ТНЗНП;
- токовую отсечку (ТО);
- ненаправленную максимальную токовую защиту (МТЗ);
- ступень аварийной максимальной токовой защиты (ступень аварийной МТЗ);
- автоматическое ускорение (АУ);
- защиты выключателя;
- автоматическую разгрузку при перегрузке по току (АРПТ);
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту от обрыва проводника (ЗОП);

- устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- защиту от понижения напряжения (ЗМН);
- делительную автоматику (ДА);
- автоматику включения резерва (АВР);
- автоматическую частотную разгрузку (АЧР);
- 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 неполнофазного режима (ЗНР) и непереключения фаз (ЗНФ);
- контроль времени включения и отключения выключателя;
- функцию определения места повреждения (ОМП).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

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

АУВ формирует сигналы на включение и отключение выключателя по командам, приходящим от защит и устройств телемеханики или ключа дистанционного управления. Устройство может использоваться как для выключателей с трехфазным, так и с пофазным управлением.

1.2 Функции устройства

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

1.2.1 Дистанционная защита (ДЗ)

ДЗ селективно **срабатывает** при всех 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. Основными преимуществами ДЗ являются:

- надежная защита определенной части защищаемого объекта при всех видах КЗ вне зависимости от режимов питающей системы;
- при наличии каналов связи с устройством защиты противоположного конца ЛЭП ДЗ позволяет реализовать функцию основной защиты ЛЭП от всех видов КЗ;
- ДЗ может применяться для обеспечения дальнего резервирования защит смежных присоединений.

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

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

1.2.1.2 Общая логика работы ДЗ

Функциональный блок ДЗ приведен на рисунке 2.

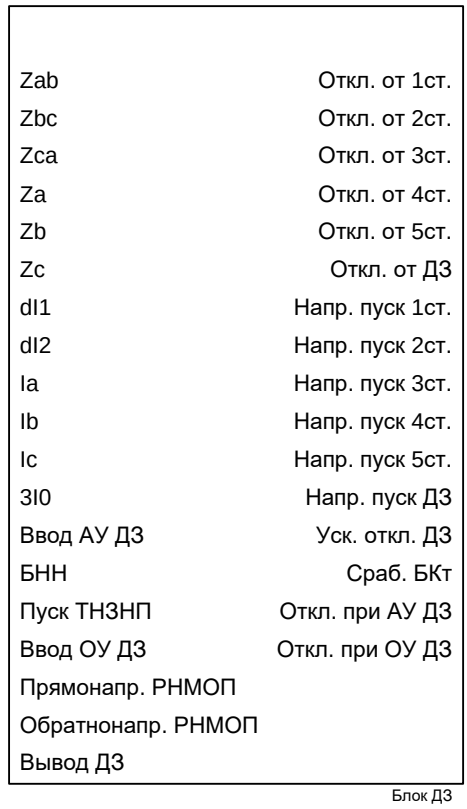


Рисунок 2 – Функциональный блок ДЗ

ДЗ реализует следующие основные блоки:

- пять ступеней ДЗ, орган направленности;
- блокировку при качаниях по замеру тока;
- блокировку при качаниях по замеру сопротивления;
- модуль общего критерия повреждения по замеру тока;
- модуль общего критерия повреждения по замеру сопротивления;
- логику ускорения;
- логику связи.

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

$$\underline{Z}_{\text{АВ}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})(\underline{U}_{\text{А}} - \underline{U}_{\text{В}}) + K_{\text{ПД}}(\underline{U}_{\text{А,предш}} - \underline{U}_{\text{В,предш}})}{\underline{I}_{\text{А}} - \underline{I}_{\text{В}}},$$

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

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

$$\underline{Z}_{\text{A0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{A}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{A,предш}}}{\underline{I}_{\text{A}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

$$\underline{Z}_{\text{B0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{B}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{B,предш}}}{\underline{I}_{\text{B}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

$$\underline{Z}_{\text{C0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{C}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{C,предш}}}{\underline{I}_{\text{C}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

где $K_{\text{ПД}}$ – коэффициент работы по памяти (принят 20 %).

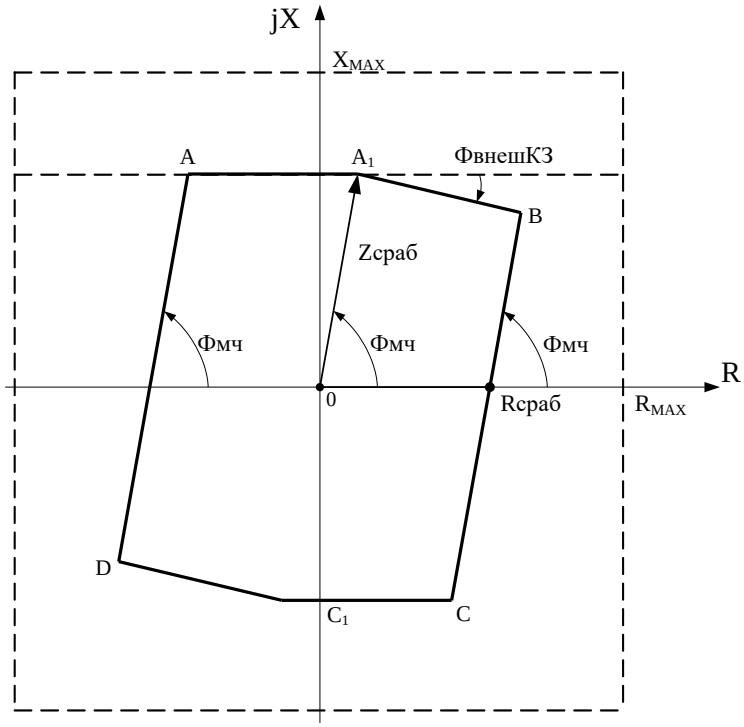
При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад). Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации $\underline{k}_0 = K0\text{re}+j\cdot K0\text{im}$ («**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 может содержать шесть ИО полного сопротивления (три канала «фаза-земля» и три канала «фаза-фаза»). Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления приведена на рисунке 3 и представляет собой многоугольник, который определяется координатами точек A, A1, B, C, C1, D. Она задается уставками «**Zсраб**», «**Rсраб**», «**Фмч**», «**ФвнешКЗ**».



Zсраб – сопротивление срабатывания

Rсраб – активное сопротивление уставки

Фмч – угол максимальной чувствительности

ФвнешКЗ – угол отстройки от внешних замыканий

Рисунок 3 – 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

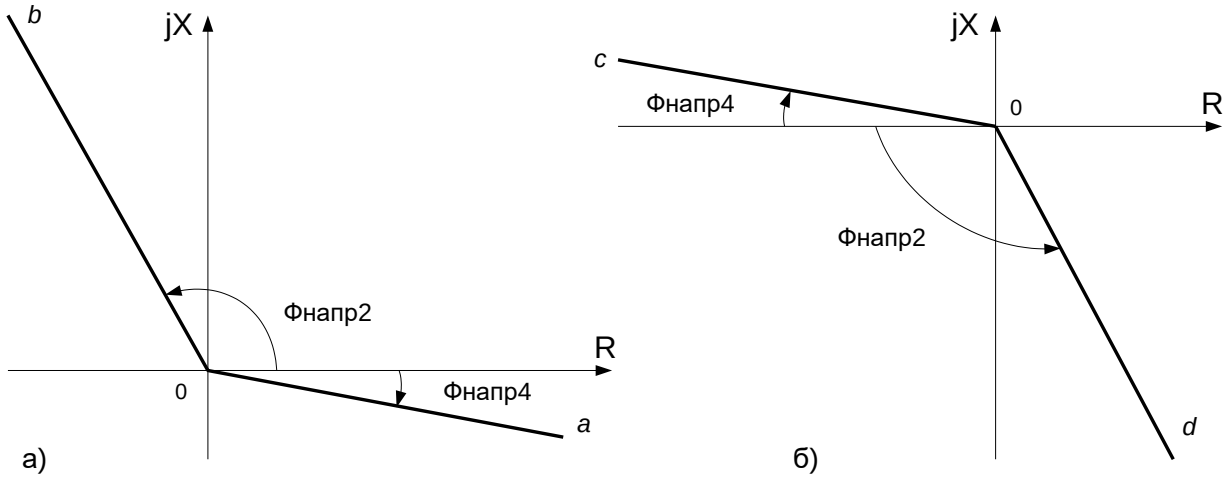
Каждая ступень ДЗ содержит ненаправленные дистанционные органы – ИО полного сопротивления. Для обеспечения направленности действия в ДЗ используются органы направленности по замеру сопротивления и РНМОП ТНЗНП.

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 4а).

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 4б), которые симметричны лучам Oa и Ob прямонаправленной характеристики относительно начала координат.



а) прямое направление; б) обратное направление

Рисунок 4 – Характеристики срабатывания ИО направленности ДЗ

Уставки 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 10º, 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 5, его реализация приведена на рисунках 6 и 7.

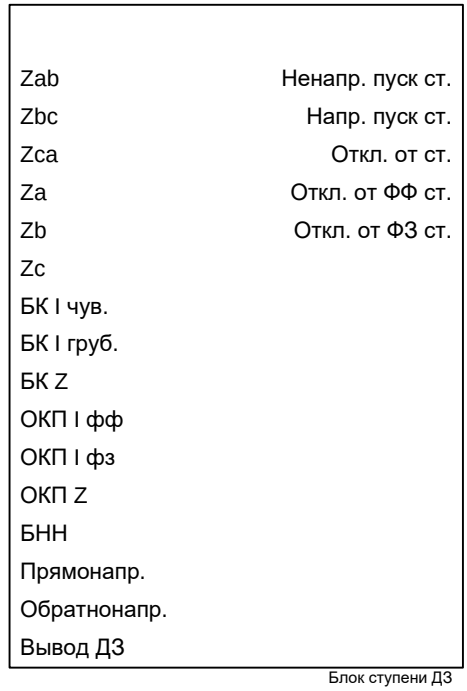


Рисунок 5 – Функциональный блок ступени ДЗ

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 I фф	Срабатывание канала «фаза-фаза» ОКП по замеру тока
ОКП I фз	Срабатывание канала «фаза-земля» ОКП по замеру тока
ОКП Z	Срабатывание ОКП по сопротивлению
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

Откл. от ст.	Отключение от ступени ДЗ
Откл. от ФФ ст.	Отключение от ступени ДЗ по каналу «фаза-фаза»
Откл. от ФЗ ст.	Отключение от ступени ДЗ по каналу «фаза-земля»

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

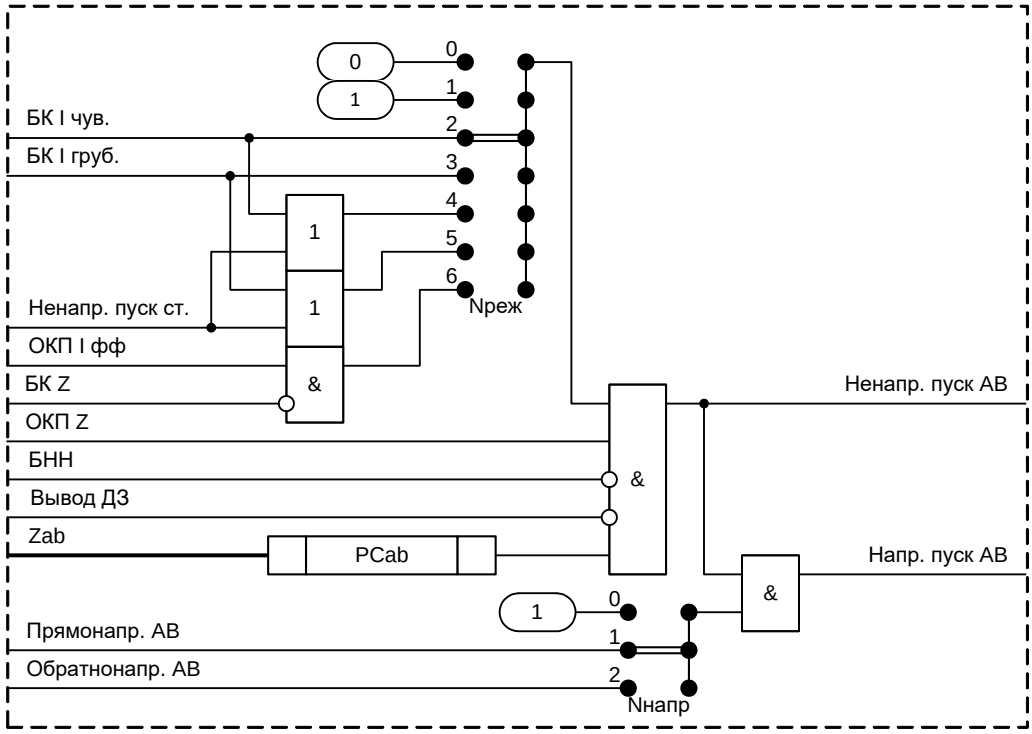


Рисунок 6 – Реализация логики формирования направленного пуска ступеней на примере канала АВ

Зона действия каждой ступени ДЗ определяется характеристиками ИО сопротивления (1.2.1.4). Каждая ступень может быть прямонаправленной, обратнонаправленной или ненаправленной. Условия пуска каждой ступени 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.

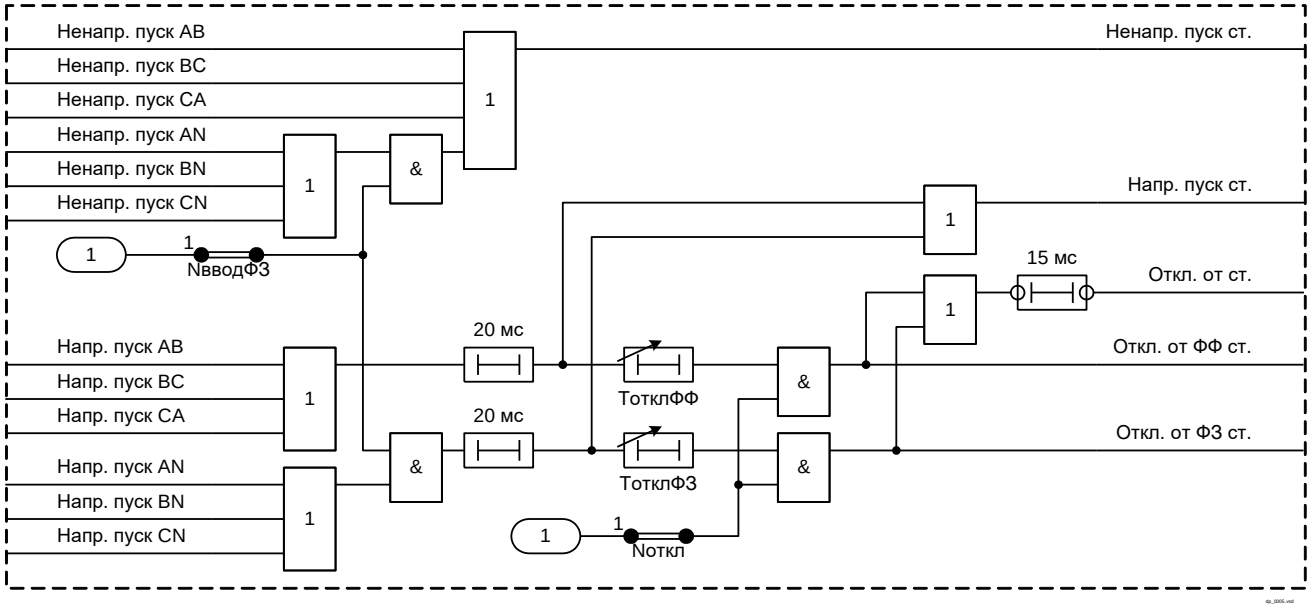


Рисунок 7 – Реализация программного модуля ступени ДЗ

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

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

Для формирования сигнала на отключение сигналы направленного пуска ступени разделяются на каналы «фаза-фаза» и «фаза-земля», которые по логике «ИЛИ» формируют сигнал на отключение с выдержками времени «**ТоткклФФ**» и «**ТоткклФЗ**» соответственно. Программная накладка «**Nоткл**» разрешает действие ступени на отключение.

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)	2
Угол максимальной чувствительности по каналу «фаза-земля», градус	ФмчФЗ	от 30 до 90 (шаг 1)	70
Угол отстройки от внешних замыканий по каналу «фаза-земля», градус	ФвнешКЗфз	от 0 до 60 (шаг 1)	15
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)	2
Угол максимальной чувствительности по каналу «фаза-фаза», градус	ФмчФФ	от 30 до 90 (шаг 1)	70
Угол отстройки от внешних замыканий по каналу «фаза-фаза», градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	15
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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Отключение от ступени ДЗ (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0
ВВС отключения по каналам «фаза-фаза» ступени ДЗ, мс	ТоткклФФ	от 0 до 32000 (шаг 1)	400
ВВС отключения по каналам «фаза-земля» ступени ДЗ, мс	ТоткклФЗ	от 0 до 32000 (шаг 1)	400

1.2.1.7 Ускорение ДЗ

1.2.1.7.1 Принцип работы

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

Функциональный блок ускорения ДЗ приведен на рисунке 8.

Общий сигнал ускоренного отключения «Уск. откл. ДЗ» формируется при срабатывании АУ или ОУ ДЗ.

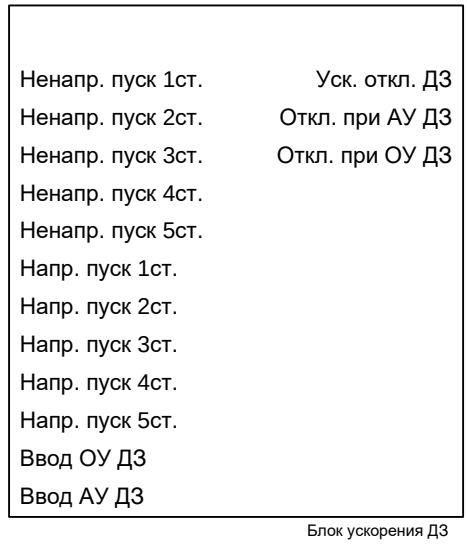


Рисунок 8 – Функциональный блок ускорения ДЗ

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока ускорения ДЗ

Логические входы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
Ввод ОУ ДЗ	Ввод оперативного ускорения ДЗ
Ввод АУ ДЗ	Ввод автоматического ускорения ДЗ
Логические выходы	
Уск. откл. ДЗ	Ускоренное отключение от логики ускорения ДЗ
Откл. при АУ ДЗ	Отключение при автоматическом ускорении ДЗ
Откл. при ОУ ДЗ	Отключение при оперативном ускорении ДЗ

1.2.1.7.2 Автоматическое ускорение ДЗ (АУ ДЗ)

Реализация программного модуля АУ ДЗ приведена на рисунке 9.

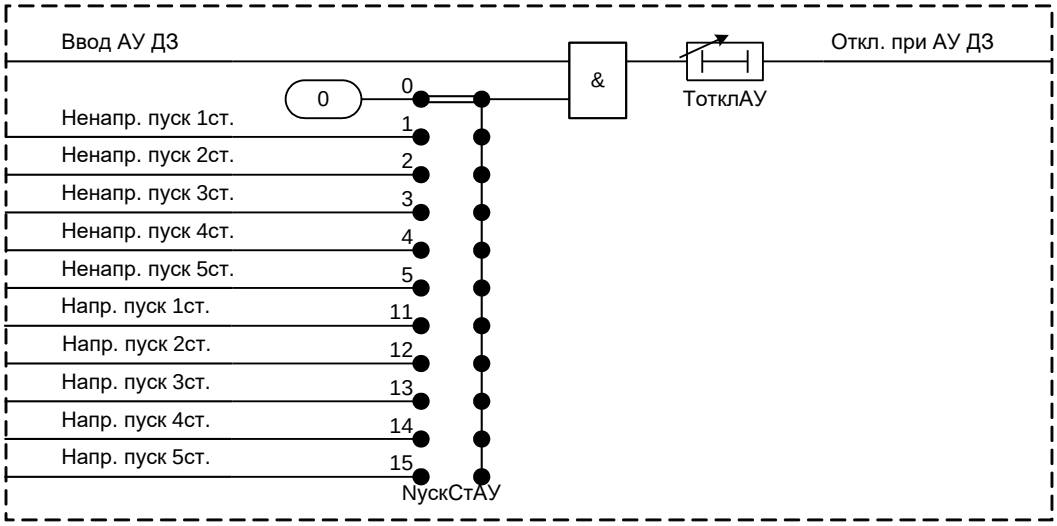


Рисунок 9 – Реализация программного модуля АУ ДЗ

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

Ускоряемая ступень при АУ выбирается программной накладкой «**НускСтАУ**».

Время срабатывания ускоряемой ступени при АУ определяется уставкой «**ТотклАУ**».

1.2.1.7.3 Оперативное ускорение ДЗ (ОУ ДЗ)

Реализация программного модуля ОУ ДЗ приведена на рисунке 10.

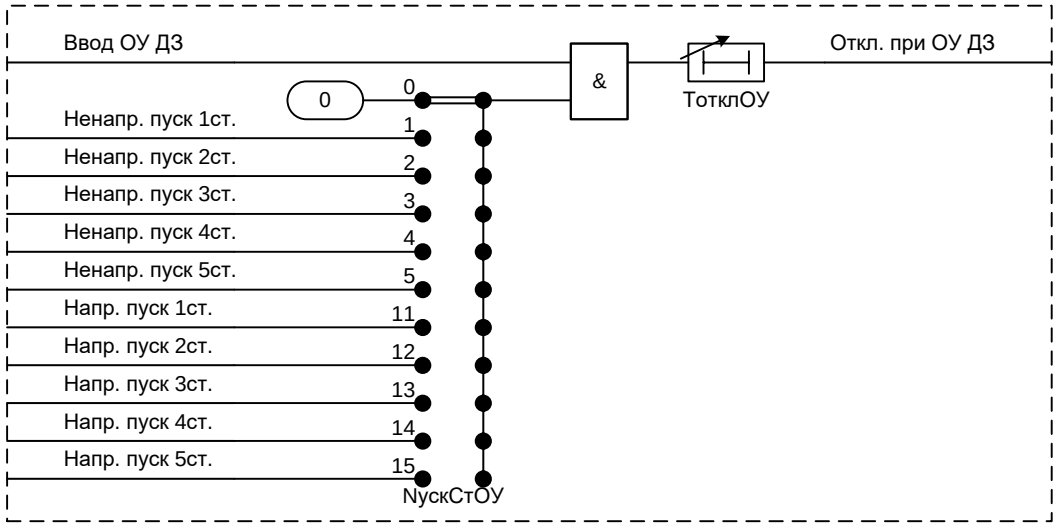


Рисунок 10 – Реализация программного модуля ОУ ДЗ

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

Ускоряемая ступень при ОУ выбирается программной накладкой «**НускСтОУ**».

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

Таблица 6 – Уставки ускорения ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим автоматического ускорения ДЗ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненапр.пуск 1, 2, 3, 4, 5 ст., 11, 12, 13, 14, 15 – напр.пуск 1, 2, 3, 4, 5 ст.)	NускСтАУ	–	0
Режим оперативного ускорения ДЗ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненапр.пуск 1, 2, 3, 4, 5 ст., 11, 12, 13, 14, 15 – напр.пуск 1, 2, 3, 4, 5 ст.)	NускСтОУ	–	0
ВВС логики автоматического ускорения ДЗ, мс	ТотклАУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100
ВВС логики оперативного ускорения ДЗ, мс	ТотклОУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100

1.2.1.8 Блокировка при качаниях по замеру тока (БК I)

1.2.1.8.1 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 11, его реализация приведена на рисунке 12.

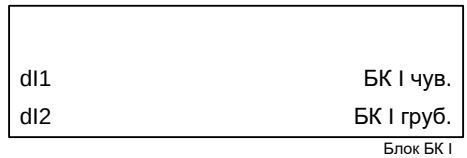


Рисунок 11 – Функциональный блок БК I

Таблица 7 – 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

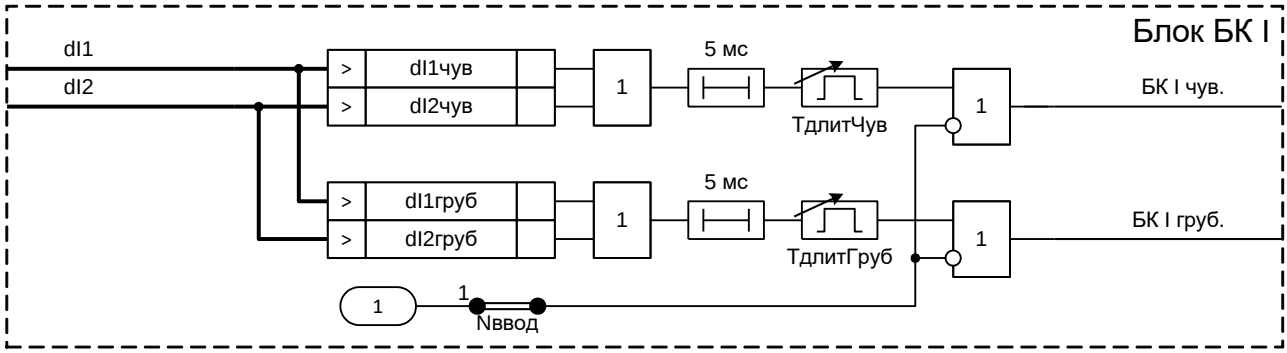


Рисунок 12 – Реализация программного модуля БК I

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

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

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

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

Узлом БК 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 8 – 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)	12
Приращение тока прямой последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1груб	от 12 до 500 (шаг 1)	25
Приращение тока обратной последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2чув	от 4 до 150 (шаг 1)	15
Приращение тока обратной последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2груб	от 6 до 250 (шаг 1)	15
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

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

1.2.1.8.3 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.

1.2.1.8.4 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.

1.2.1.8.5 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.

1.2.1.9 Блокировка при качаниях по замеру сопротивления (БК Z)

1.2.1.9.1 Принцип работы

Функциональный блок БК Z приведен на рисунке 13.

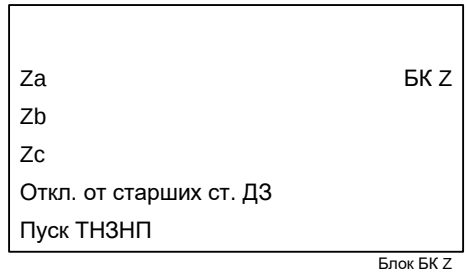


Рисунок 13 – Функциональный блок БК Z

Таблица 9 – 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
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 14.

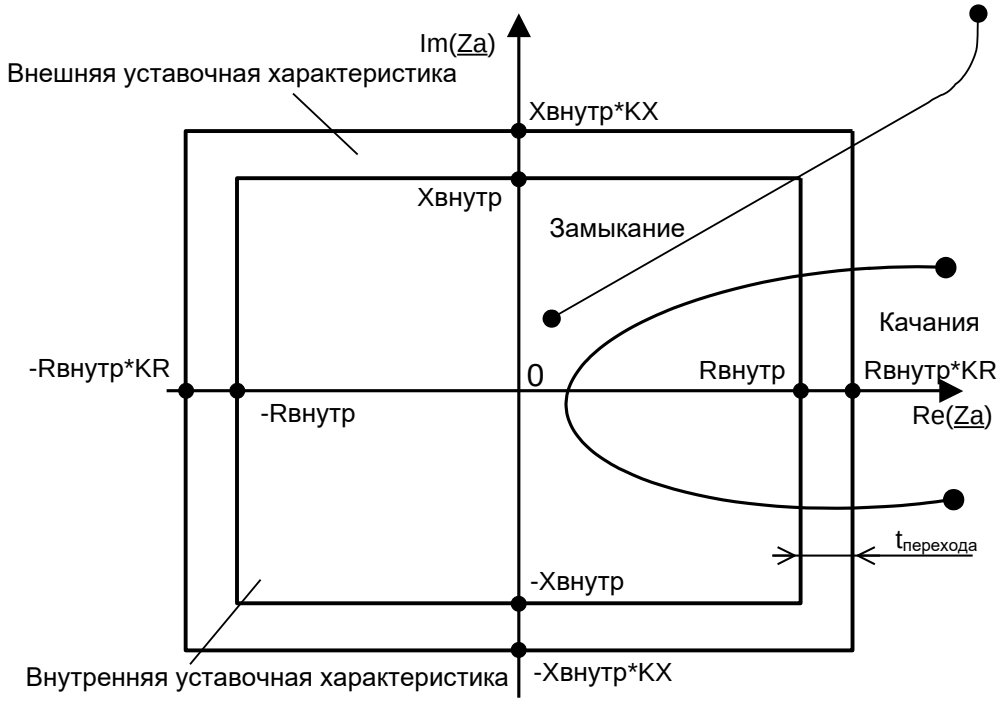


Рисунок 14 – Годографы замера комплексного сопротивления на плоскости РС фазы А при качаниях и при замыкании

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

РС БК Z включаются на все фазные замеры (1.2.1.3). Определение качаний для каждой фазы производится независимо. На рисунке 15 приведена логика определения качаний в фазе А (для других фаз логическая схема аналогична).

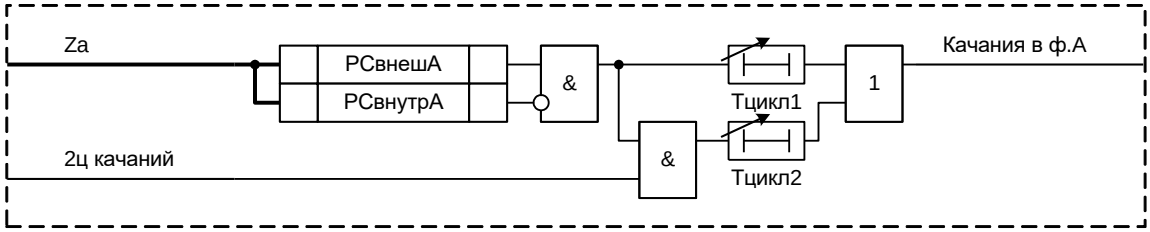


Рисунок 15 – Реализация логики обнаружения качаний в фазе А по замеру сопротивления

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

Как правило, начальное развитие качаний происходит достаточно медленно, затем процесс ускоряется и $t_{перехода}$ 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.

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 16.

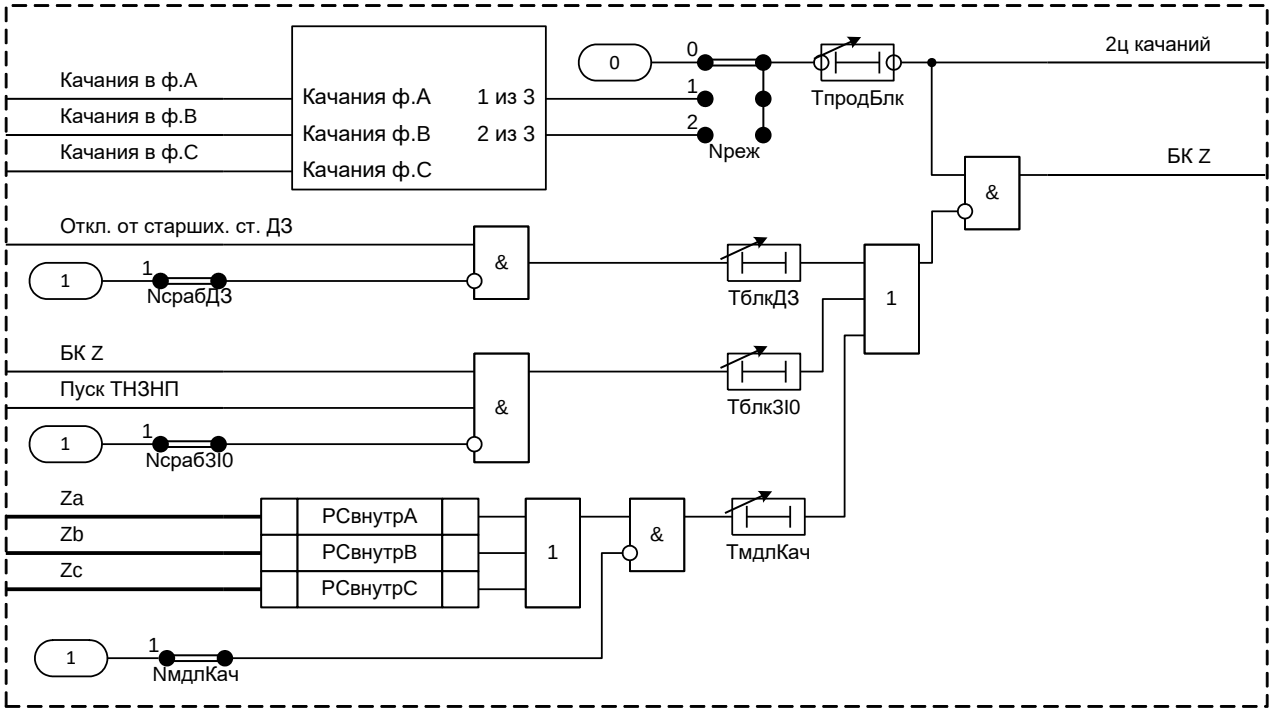


Рисунок 16 – Реализация логики формирования сигнала блокировки ДЗ от БК Z

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 «**ТблкЗI0**», то делается вывод о КЗ на землю в режиме качаний (положение программной накладки «**NсрабЗI0**» = 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 10 – 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)	30
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси X, Ом	Xвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	40
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 30 до 32000 (шаг 1)	45
ВВС на выявление последующих качаний, мс	Tцикл2	от 10 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)	60
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

1.2.1.9.2 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 сопротивления (ОКП Z)

1.2.1.10.1 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 18). Функциональный блок ОКП Z приведен на рисунке 17.

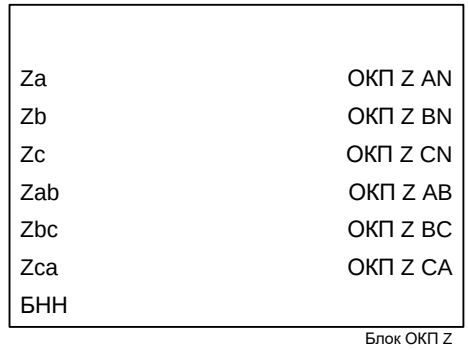


Рисунок 17 – Функциональный блок ОКП Z

Таблица 11 – 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 Z CA	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 18.

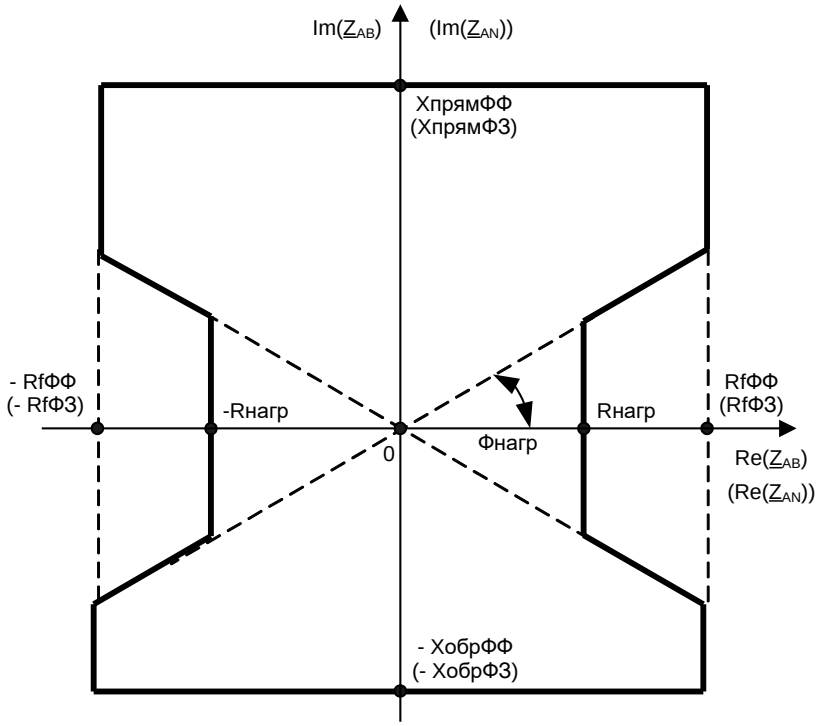


Рисунок 18 – Характеристика срабатывания РС канала «фаза-фаза» AB ОКП Z (в скобках указаны уставки для канала «фаза-земля» AN)

РС функции ОКП реагируют на замер сопротивления ДЗ (1.2.1.3). Функция ОКП может быть заблокирована внешним сигналом БНН.

Таблица 12 – 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)	30
Уставка ОКП по оси X в обратном направлении по каналу «фаза-фаза», Ом	ХобрФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Уставка ОКП по оси X в прямом направлении по каналу «фаза-земля», Ом	ХпрямФЗ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Уставка ОКП по оси X в обратном направлении по каналу «фаза-земля», Ом	ХобрФЗ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Максимальное переходное сопротивление при замыканиях по каналу «фаза-фаза», Ом	RfФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	35
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)	30

1.2.1.10.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.1.4.2-1.2.1.4.13.

1.2.1.11 Общий критерия повреждения по замеру тока (ОКП I)

1.2.1.11.1 Принцип работы

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

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

Рисунок 19 – Функциональный блок ОКП I

Таблица 13 – Входы и выходы функционального блока ОКП I

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, 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

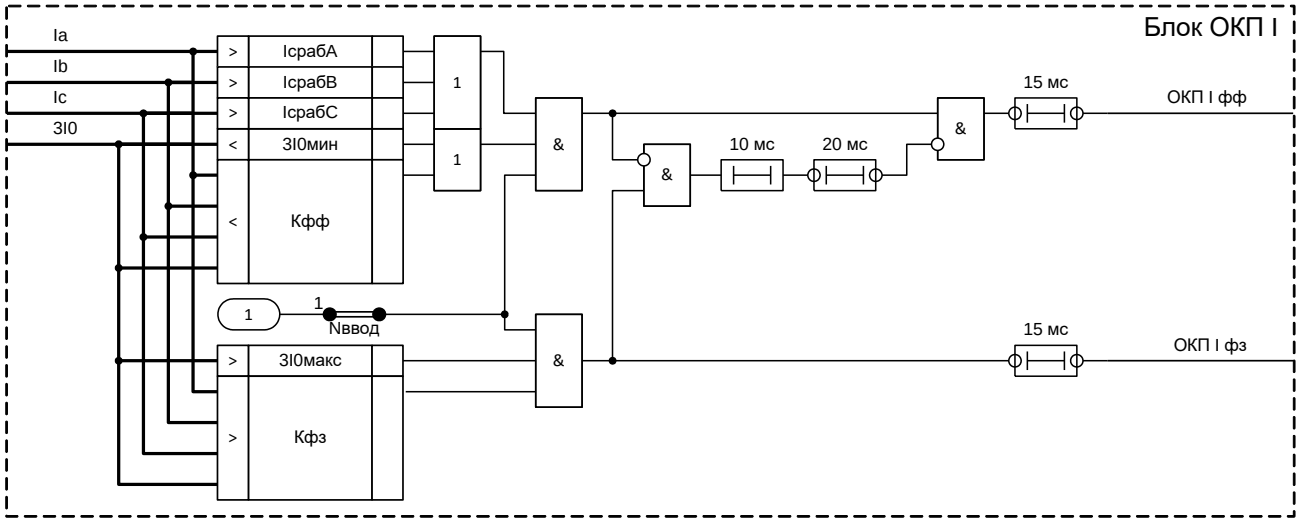


Рисунок 20 – Реализация программного модуля ОКП I

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 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-фаза» 20 мс, что дает больший приоритет по пуску для каналов «фаза-земля» при замыканиях на землю.

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

Таблица 14 – 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

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

1.2.1.11.3 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.

1.2.1.11.4 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.

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

1.2.1.11.6 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 $I_{сраб}$).

1.2.1.11.7 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. Для линий, оснащенных защитами с абсолютной селективностью (например, дифференциально-фазной или ВЧ направленной защитами линии) от замыканий на землю, функция ТНЗНП является резервной. При этом ТНЗНП может выполнять функции основной защиты от замыканий на землю за трансформаторами и автотрансформаторами противоположного конца линии.

ТНЗНП 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 21.

ТНЗНП реализует следующие основные блоки:

- восемь ступеней ТНЗНП, орган направленности;
- блокировку при броске тока намагничивания;
- логику ускорения;
- логику связи.

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

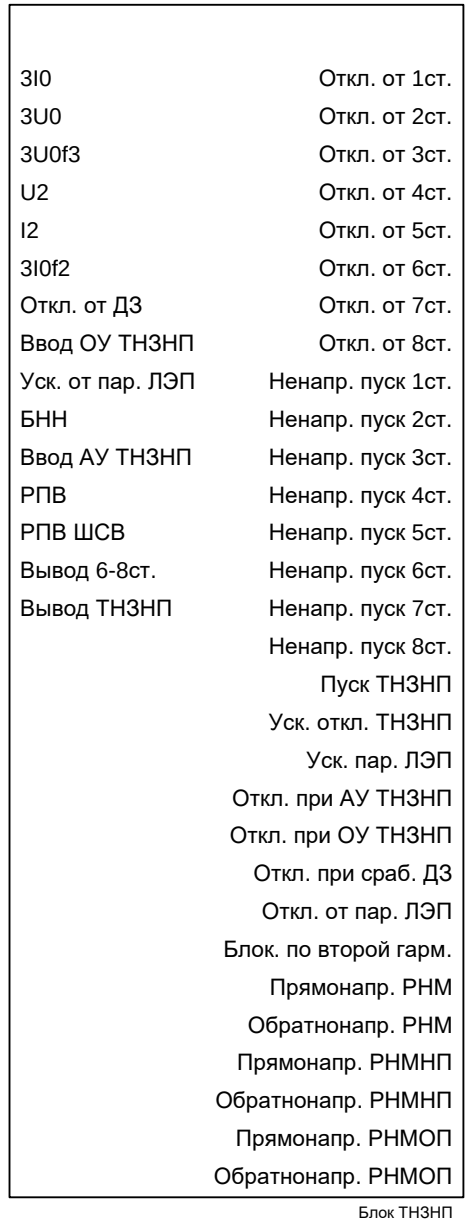


Рисунок 21 – Функциональный блок ТНЗНП

1.2.2.2 Ступень ТНЗНП

1.2.2.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ступени ТНЗНП приведен на рисунке 22, его реализация приведена на рисунке 23.

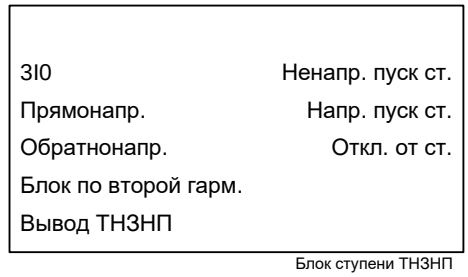


Рисунок 22 – Функциональный блок ступени ТНЗНП

Таблица 15 – 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 ТНЗНП
Логические выходы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ТНЗНП
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ТНЗНП
Откл. от ст.	Отключение от ступени ТНЗНП

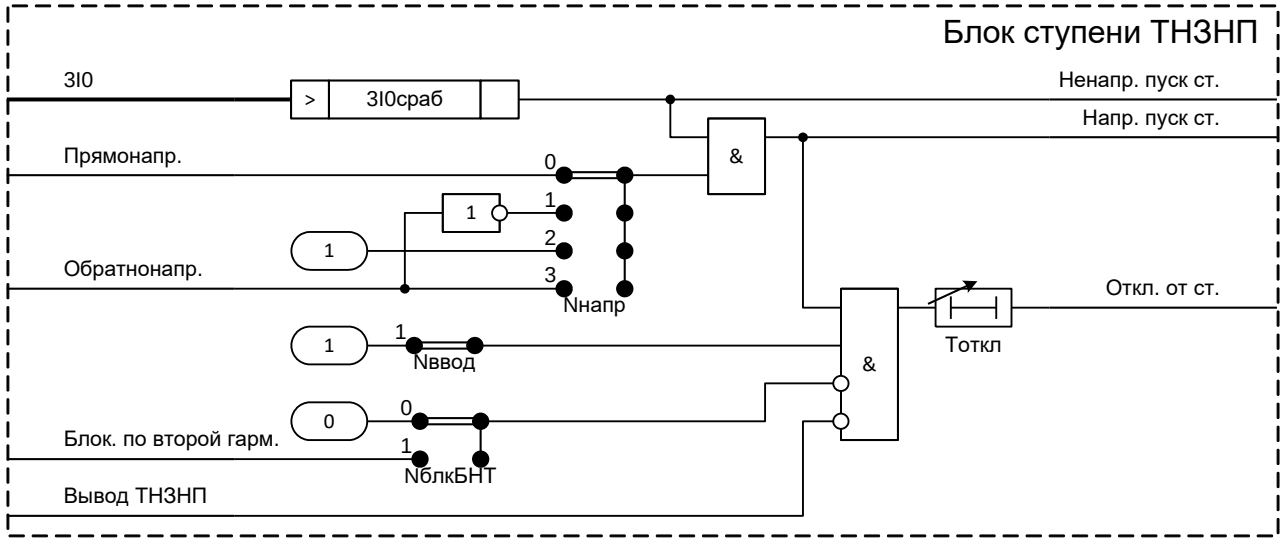


Рисунок 23 – Реализация программного модуля ступени ТНЗНП

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.

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

Режим работы ступени ТНЗНП при БНТ смежного силового трансформатора задается при помощи программной накладки «**NблкБНТ**». Работа модуля БНТ приведена в 1.2.2.3.

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

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

Таблица 16 – 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
ВВС ступени ТНЗНП, мс	Тоткл	от 20 до 30000 (шаг 1)	20

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

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

1.2.2.3 Блокировка при броске намагничивающего тока (БНТ)

1.2.2.3.1 Принцип работы

Для предотвращения ложной работы ступени ТНЗНП в сетях с силовыми трансформаторами предусмотрена блокировка при 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. Минимальный ток нулевой последовательности второй гармоники, при котором вводится в работу ИО «**Kf2f1**» составляет 15 % от $I_{ном}$. Уставка ИО «**3I0f2**» 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
Отношение второй гармоники тока нулевой последовательности к первой гармонике тока нулевой последовательности, %	Kf2f1	от 0 до 18 (шаг 1)	15

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

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

1.2.2.3.4 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.

1.2.2.3.5 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.

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

1.2.2.3.7 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.2.4 Орган направленности ТНЗНП (Направленность ТНЗНП)

1.2.2.4.1 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 24. Реализация логики работы направленности ТНЗНП приведена на рисунке 25.

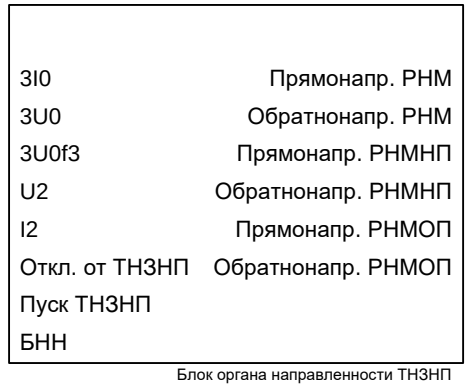


Рисунок 24 – Функциональный блок органа направленности ТНЗНП

Таблица 18 – Входы и выходы функционального блока органа 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
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Логические выходы	
Прямонапр. РНМ	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр. РНМ	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности
Прямонапр. РНМНП	Срабатывание прямонаправленного РНМНП
Обратнонапр. РНМНП	Срабатывание обратнонаправленного РНМНП
Прямонапр. РНМОП	Срабатывание прямонаправленного РНМОП
Обратнонапр. РНМОП	Срабатывание обратнонаправленного РНМОП

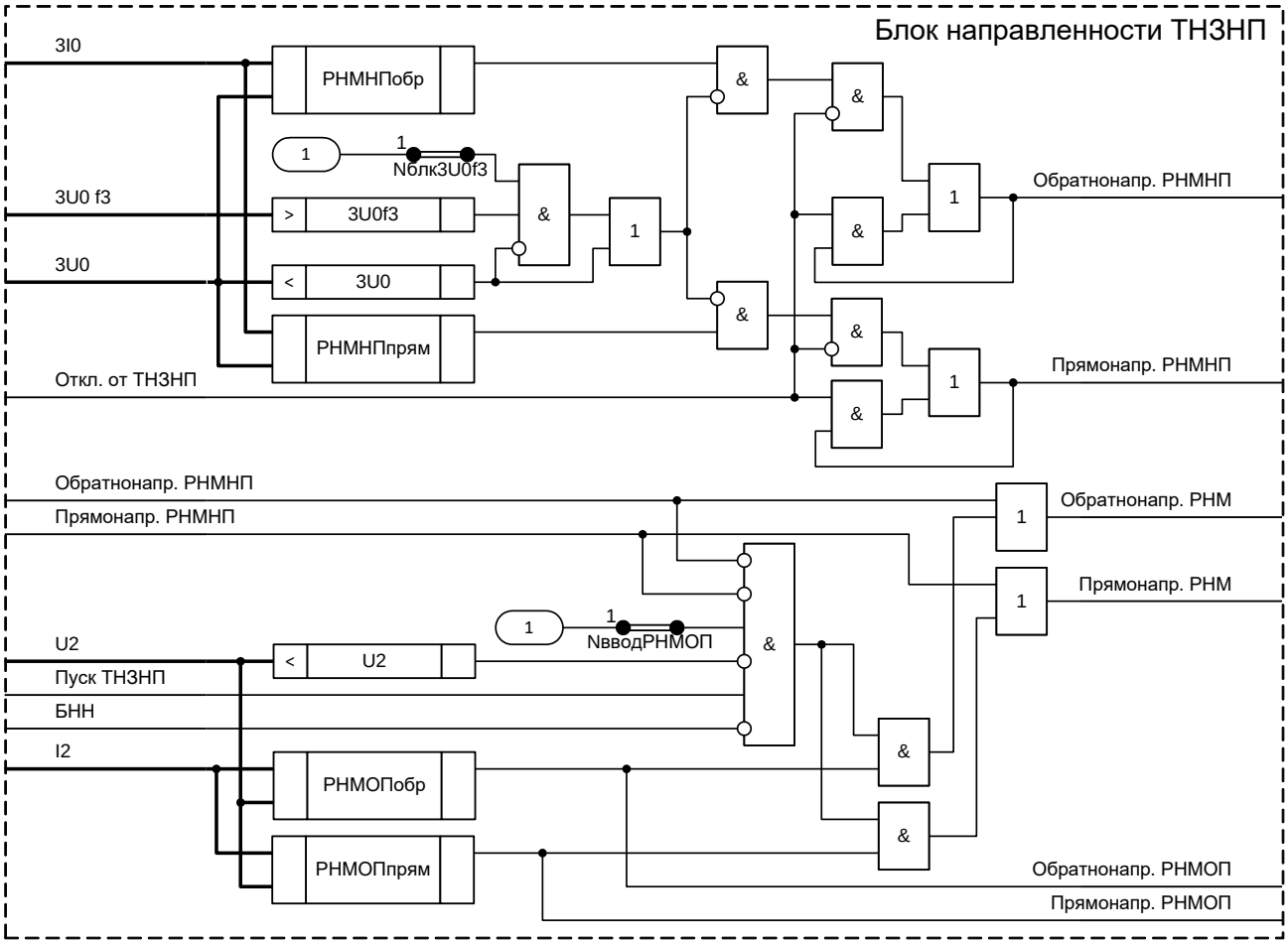


Рисунок 25 – Реализация логики работы органа направленности ТНЗНП

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 26.

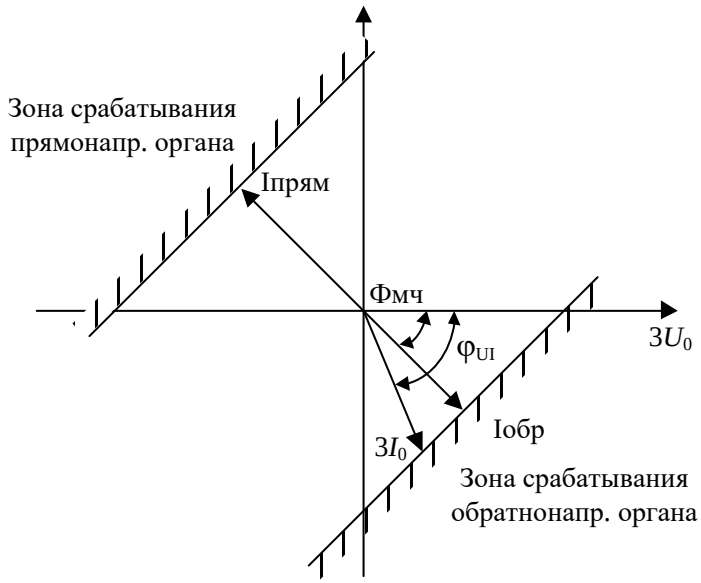


Рисунок 26 – Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП

Сопротивление смещения точки подключения ИТН в линию определяется уставками «**RсмещРНМНП**» и «**XсмещРНМНП**». 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**», предназначенное для блокирования измерительных цепей при пониженном напряжении 3 U_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 25.

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*XсмещРНМОП.

Сопротивление смещения точки подключения ИТН в линию определяется уставками «**RсмещРНМОП**» и «**XсмещРНМОП**». 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 19 – 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)	47
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)	50
Ток срабатывания прямонаправленного РНМОП, % от $I_{ном}$	IпрямРНМОП	от 5 до 150 (шаг 1)	17
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)	79

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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)	6
Работа ИО РНМОП (0 – нет, 1 – да)	NвводРНМОП	–	1
Блокирование РНМНП по уровню третьей гармоники в напряжении 3U0 (0 – нет, 1 – да)	Nблк3U0f3	–	0

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

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

1.2.2.4.4 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.

1.2.2.4.5 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.

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

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

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

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

1.2.2.4.10 Средняя основная абсолютная погрешность РНМ по углу максимальной чувствительности не превышает ±5°.

1.2.2.4.11 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.

1.2.2.4.12 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.

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

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

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

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

1.2.2.5 Ускорение ТНЗНП

1.2.2.5.1 Принцип работы

В устройстве предусмотрена возможность ускорения ступеней ТНЗНП в следующих режимах:

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

Функциональный блок ускорения ТНЗНП приведен на рисунке 27.

Рисунок 27 – Функциональный блок ускорения ТНЗНП

Таблица 20 – Входы и выходы функционального блока ускорения ТНЗНП

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8)
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8)
Ввод АУ ТНЗНП	Ввод автоматического ускорения ТНЗНП
Ввод ОУ ТНЗНП	Ввод оперативного ускорения ТНЗНП
Уск. от пар. ЛЭП	Ускорение от защит параллельной линии
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПВ ШСВ	Сигнал включенного положения шиносоединительного выключателя

Откл. от ДЗ	Отключение выключателя от дистанционной защиты
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Прямонапр. РНМНП	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности нулевой последовательности
Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП
Блок. по второй гарм.	Блокировка действия ступени ТНЗНП при броске намагничивающего тока
Логические выходы	
Откл. при АУ ТНЗНП	Отключение при АУ ТНЗНП
Откл. при ОУ ТНЗНП	Отключение при ОУ ТНЗНП
Откл. от пар. ЛЭП	Ускорение ТНЗНП при срабатывании защит параллельной ЛЭП
Откл. при сраб. ДЗ	Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ
Уск. откл. ТНЗНП	Ускоренное отключение от ТНЗНП

1.2.2.5.2 Автоматическое ускорение ТНЗНП (АУ ТНЗНП)

Предусмотрена возможность АУ первой-восьмой ступеней ТНЗНП. Реализация программного модуля АУ ТНЗНП приведена на рисунке 28.

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

При помощи программной накладки «**NускСт**» выбирается режим ускорения или запрещается АУ («**NускСт**» = 0). Чаще всего выбирается режим ненаправленного пуска АУ ступени ТНЗНП.

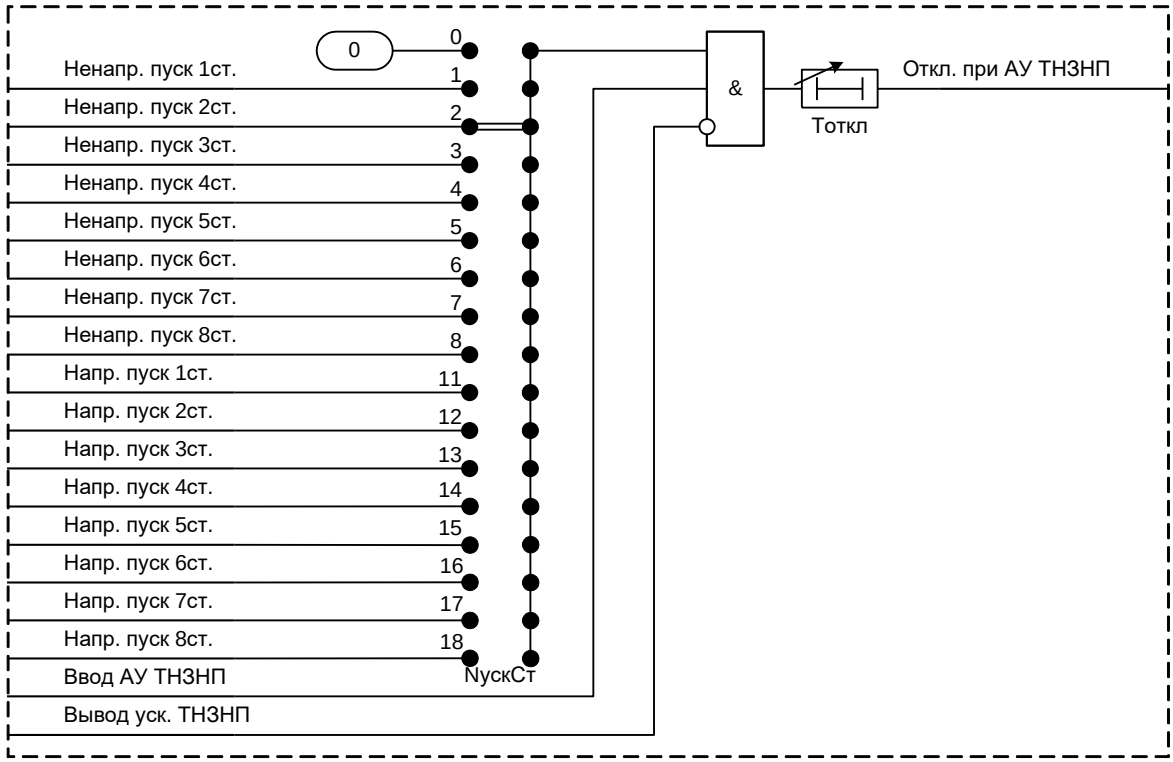


Рисунок 28 – Реализация программного модуля АУ ТНЗНП

1.2.2.5.3 Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ (Уск. от ДЗ)

Для обеспечения сохранения отключающего сигнала при переходе многофазного КЗ, вызвавшего срабатывание ДЗ (сигнал «Откл. от ДЗ»), в КЗ на землю предусмотрена возможность ускорения второй-восьмой ступеней ТНЗНП с контролем направленности (рисунок 29).

Данное ускорение осуществляется с выдержкой времени «**Тоткл**» и вводится в работу на время, определяемое уставкой «**Тввод**». С помощью программной накладки «**NускСт**»

выбирается ускоряемая ступень. Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ может быть введено в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

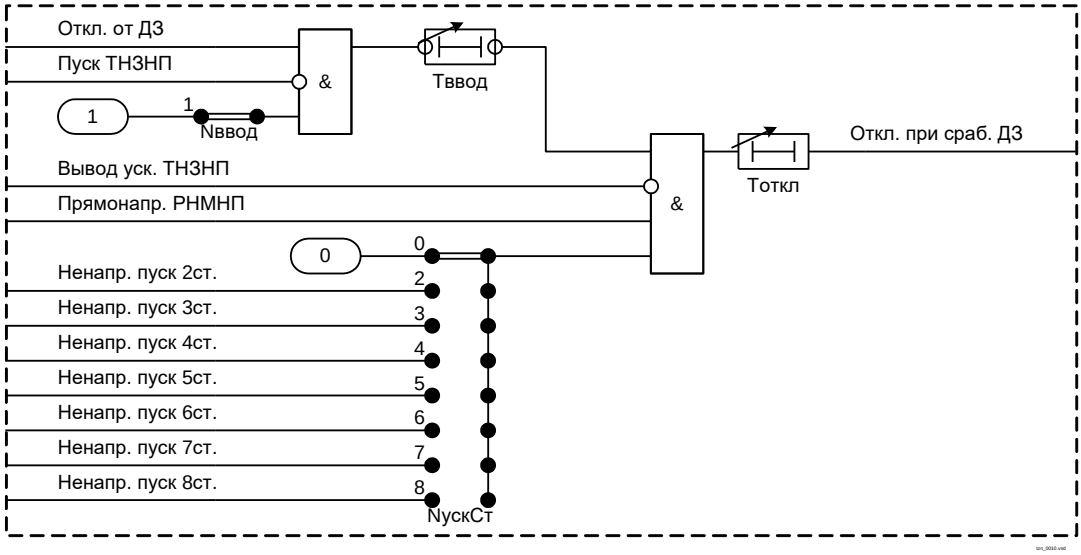


Рисунок 29 – Реализация программного модуля ускорения ТНЗНП при срабатывании ДЗ

1.2.2.5.4 Ускорение ТНЗНП от защит параллельной линии (Ускорение от ПЛ)

Схемой логики предусмотрена возможность ускорения второй-восьмой ступеней ТНЗНП от защит параллельной линии с контролем направленности, как показано на рисунке 30. В схеме ускорения используется суммарный сигнал о включенном положении своего выключателя (РПВ) и сигнал «Уск. от пар. ЛЭП». Сигнал «Уск. от пар. ЛЭП» формируется в устройстве защит параллельной линии путем объединения по «И» логического сигнала «РПВ» и сигнала о срабатывании РНМНП обратной направленности, что необходимо для исключения неправильного действия ускоряемой защиты при повреждении на параллельной линии в зоне между выносным ИТТ и выключателем.

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

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

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

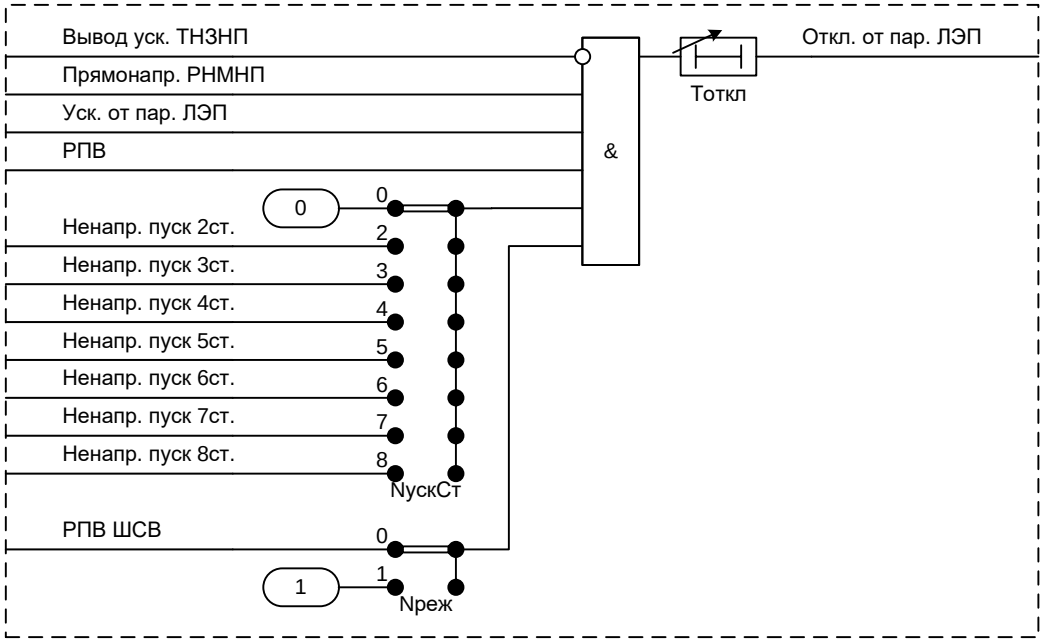


Рисунок 30 – Реализация программного модуля ускорения ТНЗНП от параллельной линии

1.2.2.5.5 Оперативное ускорение ТНЗНП (ОУ ТНЗНП)

Предусмотрена возможность ввода ОУ ступени ТНЗНП. ОУ чаще всего вводится при выводе основной защиты присоединения. Реализация программного модуля ОУ приведена на рисунке 31.

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

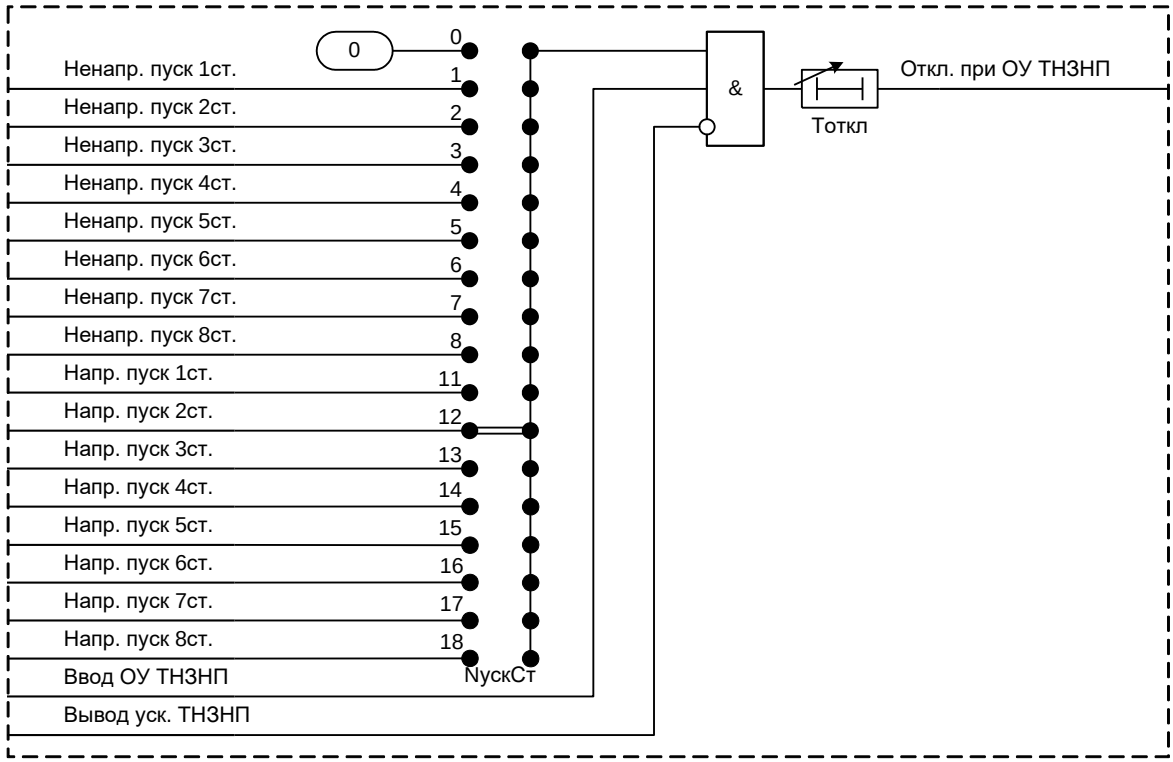


Рисунок 31 – Реализация программного модуля ОУ ТНЗНП

1.2.2.5.6 Все сигналы о срабатывании ТНЗНП при ускорении объединяются по логике «ИЛИ», и действуют на отключение, как показано на рисунке 46.

Функции ускорения ТНЗНП выводятся из работы при выводе ТНЗНП.

В логике ускорения ТНЗНП предусмотрено блокирование срабатывания при БНТ. Оно вводится программной накладкой «**NблкБНТ**».

1.2.3 Логика ВЧ связи (ЛС)

1.2.3.1 Принцип работы

Устройство может включать логику ВЧ связи ДЗ и ТНЗНП. ЛС предназначена для реализации основной защиты линий с абсолютной селективностью, которая предназначена для защиты двухконцевых или многоконцевых линий электропередачи.

В этом случае защита состоит из нескольких полукомплектов, устанавливаемых по концам ВЛ и, при необходимости, на ответвительных подстанциях. Устройство полукомплекта защиты для одной стороны ВЛ состоит из терминала защиты (релейная часть) и соответствующей аппаратуры ВЧ связи (высокочастотная часть), обеспечивающей передачу ВЧ сигналов на другую сторону защищаемой линии (или другие стороны, если это обусловлено условиями обеспечения селективности) по фазным проводам или по проводящим тросам (рисунок 1).

В состав релейной части входит терминал «ТОР 300 КСЗ 5ХХ». Высокочастотная часть защиты состоит из приемопередатчика, ВЧ аппаратуры и канала (линии) связи и соответствующей высоковольтной части. Приемопередатчик обеспечивает автоматический контроль канала связи.

Терминал «ТОР 300 КСЗ 5ХХ» предназначен для совместной работы с ВЧ постами типов: ПВЗУ-Е, ПВЗУ-М, ПВЗ-90М, ПВЗ-90М1, ПВЗЛ, ПВЗЛ-1, АВЗК-80 и другими, выполняемыми на полупроводниковой и микропроцессорной элементной базе. Сведения, необходимые для изучения, регулирования и эксплуатации ВЧ аппаратуры, содержатся в соответствующей технической документации их предприятий-изготовителей.

Установка, монтаж и подключение ВЧ аппаратуры на шкаф должны производиться непосредственно на месте эксплуатации шкафа в соответствии с АИПБ.656122.011-013 ИС1.

Принцип работы ВЧ защиты основан на косвенном сравнении направления мощности по концам защищаемой линии посредством ВЧ сигналов, передаваемых по каналам связи.

В общем случае различают ЛС с посылкой блокирующего сигнала и ЛС с посылкой разрешающего сигнала. Передача блокирующих и разрешающих ВЧ сигналов осуществляется по защищаемой линии с одного конца на другой посредством токов высокой частоты по каналу, в качестве которого может быть использована защищаемая линия. Для ЛС с посылкой разрешающего сигнала в каждом направлении требуется один канал связи, который может передавать сигнал логического нуля или единицы.

Защита селективно срабатывает при всех видах замыканий в защищаемой линии и 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 линии.

Функциональный блок ЛС приведен на рисунке 32.

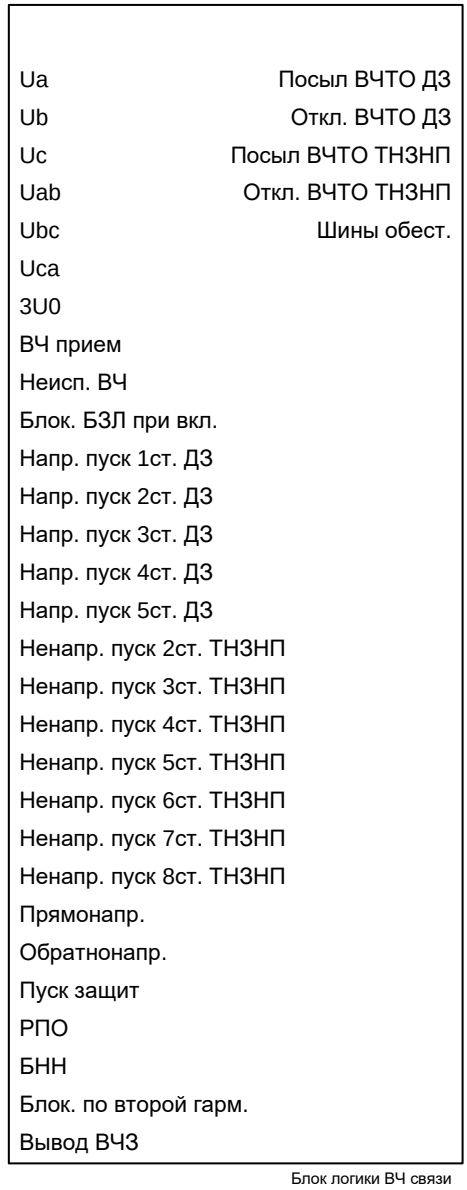


Рисунок 32 – Функциональный блок ЛС

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока ЛС

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз A, B, C
Uab, Ubc, Uca	Междуфазные напряжения AB, BC, CA
3U0	Утроенное напряжение нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
ВЧ прием	Прием ВЧ сигнала
Неисп. ВЧ	Сигнал неисправности ВЧ оборудования
Блок. БЗЛ при вкл.	Блокировка ВЧ защиты при включении выключателя
Напр. пуск ст. ДЗ	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
Ненапр. пуск ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (2-8)
Прямонапр.	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр.	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности
Пуск защит	Пуск защит устройства
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя

БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Блок. по второй гарм.	Блокировка ЛС при броске намагничивающего тока
Вывод ВЧЗ	Вывод ВЧ защит
Логические выходы	
Посыл ВЧТО ДЗ	Посыл сигнала ВЧТО от ДЗ
Откл. ВЧТО ДЗ	Отключение от ВЧТО ДЗ
Посыл ВЧТО ТНЗНП	Посыл сигнала ВЧТО от ТНЗНП
Откл. ВЧТО ТНЗНП	Отключение от ВЧТО ТНЗНП
Шины обест.	Сигнал отсутствия напряжения на шинах

ЛС ДЗ имеет следующие режимы работы:

- «**NрежЛС**» = 0 – логика связи выведена из работы;
- «**NрежЛС**» = 1 – логика связи работает с посылкой блокирующего сигнала;
- «**NрежЛС**» = 2 – логика связи работает с посылкой разрешающего сигнала от сокращенной зоны охвата (первая ступень);
- «**NрежЛС**» = 3 – логика связи работает с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата (старшие ступени);
- «**NрежЛС**» = 4 – логика связи использует прямое отключение с противоположного конца.

Накладкой «**NпрямСт**» задается ступень ДЗ, направленный пуск которой будет восприниматься как прямонаправленный пуск. Выбор прямонаправленной ступени зависит от режима работы ЛС.

Накладкой «**NобрСт**» задается ступень ДЗ, направленный пуск которой будет восприниматься как обратнонаправленный пуск.

ЛС ТНЗНП имеет следующие режимы работы:

- «**NрежЛС**» = 0 – логика связи выведена из работы;
- «**NрежЛС**» = 1 – логика связи работает с посылкой блокирующего сигнала;
- «**NрежЛС**» = 2, 3, 4 – логика связи работает с посылкой разрешающего сигнала.

Накладкой «**NускСт**» выбирается ИО ступени ТНЗНП, срабатывание которого будет приводить к запуску логики отключения.

Отключение от ЛС происходит с выдержкой времени, определяемой уставкой «**Тоткл**», отстраивающей защиту от ложных ВЧ сигналов с удаленного конца.

С целью исключения излишней работы защиты из-за разновременности включения фаз выключателя при оперативных переключениях и в циклах АПВ по сигналу «Блок. БЗЛ при вкл.» происходит блокировка ЛС на время, определяемое уставкой «**ТвывВкл**».

ЛС выводится из работы ключом «Вывод ВЧЗ».

Для предотвращения некорректной работы логики связи при БНТ, который может возникнуть при включении трансформатора ответвительной подстанции и вызвать ток нулевой последовательности, предусмотрена блокировка ЛС ТНЗНП при выявлении броска намагничивающего тока, которая вводится программной накладкой «**NблкБНТ**». Блокировку при БНТ можно не вводить при уставке «**Тоткл**» большей 100 мс.

Реализация вывода ЛС ТНЗНП приведена на рисунке 33.

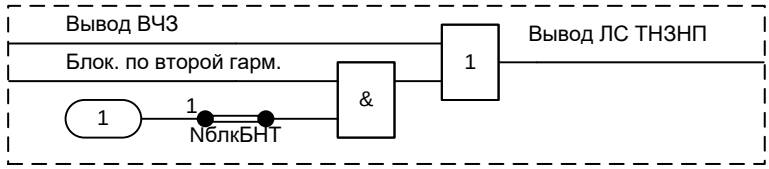


Рисунок 33 – Реализация логики вывода ЛС ТНЗНП

Работа модуля броска тока намагничивания приведена в 1.2.2.3.

1.2.3.1.1 ЛС ДЗ с посылкой блокирующего сигнала

Посыл блокирующего сигнала формируется, если произошел пуск обратнонаправленной ступени ДЗ (определяется программной накладкой «**NобрСт**»), отсутствует сигнал пуска прямонаправленной ступени ДЗ (определяется программной накладкой «**NпрямСт**») и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ. Минимальная длительность блокирующего сигнала определяется уставкой «**ТдлитСт**». Реализация логики формирования сигнала приведена на рисунке 34.

Посыл блокирующего сигнала можно также осуществлять от ненаправленного пуска ступени, выбранного накладкой «**NобрСт**». Для этого у ступени, заданной накладкой «**NобрСт**» должна быть выведена направленность. При этом уставку ступени нужно выбирать так, чтобы она надежно перекрывала прямонаправленную старшую ступень (в прямом направлении) и прямонаправленную ступень противоположного конца (в обратном направлении).

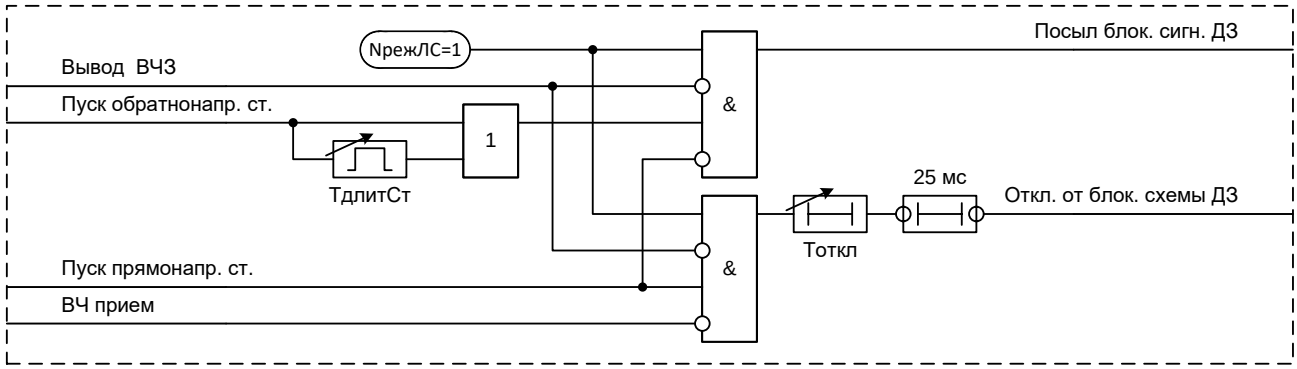


Рисунок 34 – Реализация ЛС ДЗ посылкой блокирующего сигнала

Сигнал на отключение от блокирующей схемы формируется в том случае, если присутствует пуск прямонаправленной ступени, в течение времени «**Тоткл**» нет приема блокирующего сигнала и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ.

1.2.3.1.2 ЛС ДЗ с посылкой разрешающего сигнала от сокращенной зоны охвата

Разрешающий сигнал формируется при наличии сигнала направленного пуска первой ступени ДЗ, отсутствии сигнала пуска обратнонаправленной ступени и отсутствии сигнала вывода ВЧЗ. Минимальная длительность разрешающего сигнала определяется уставкой «**ТдлитСт**». Реализация логики формирования сигнала приведена на рисунке 35.

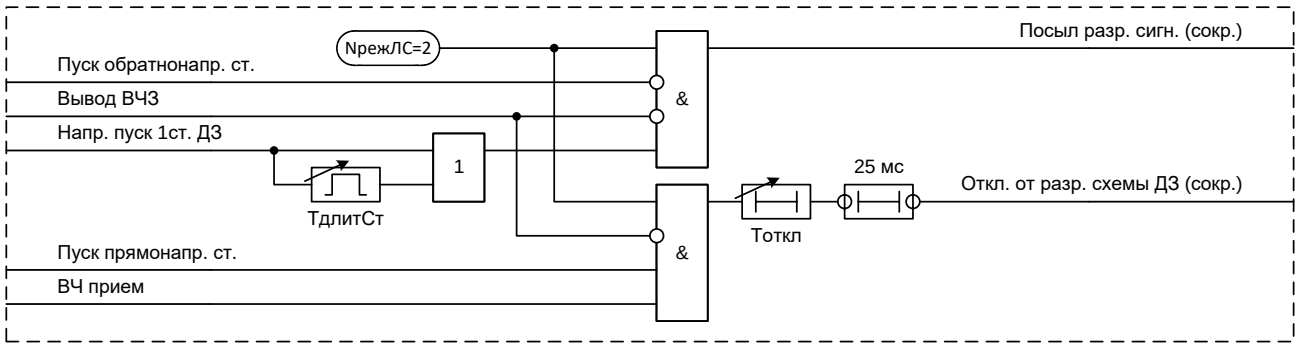


Рисунок 35 – Реализация ЛС ДЗ посылкой разрешающего сигнала от сокращенной зоны охвата

Сигнал на отключение в разрешающей схеме с сокращенной зоной охвата формируется в том случае, если присутствует пуск прямонаправленной старшей ступени, принимается разрешающий сигнал с противоположной стороны линии в течение времени «**Тоткл**», и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ.

1.2.3.1.3 ЛС ДЗ с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата

Пуск разрешающей схемы формируется при наличии прямонаправленного пуска первой ступени или прямонаправленной старшей ступени, при отсутствии сигнала пуска от обратнонаправленной ступени и при отсутствии сигнала вывода ВЧЗ. Минимальная длительность разрешающего сигнала от первой ступени для обеспечения надежной работы при близких замыканиях определяется уставкой «**ТдлитСт**». Реализация логики формирования сигнала приведена на рисунке 36.

Пуск на отключение в разрешающей схеме с расширенной зоной охвата формируется в том случае, если присутствует пуск прямонаправленной старшей ступени, принимается разрешающий сигнал с противоположной стороны линии в течение времени «**Тоткл**» и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ.

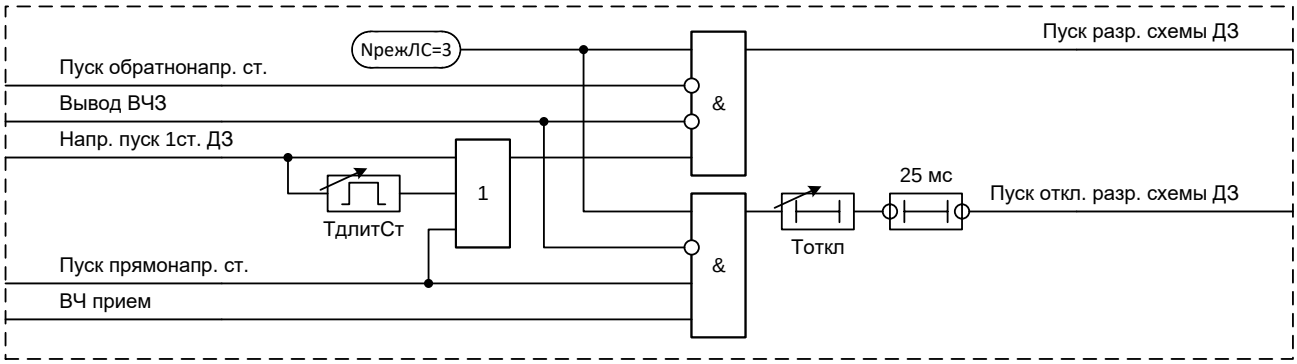
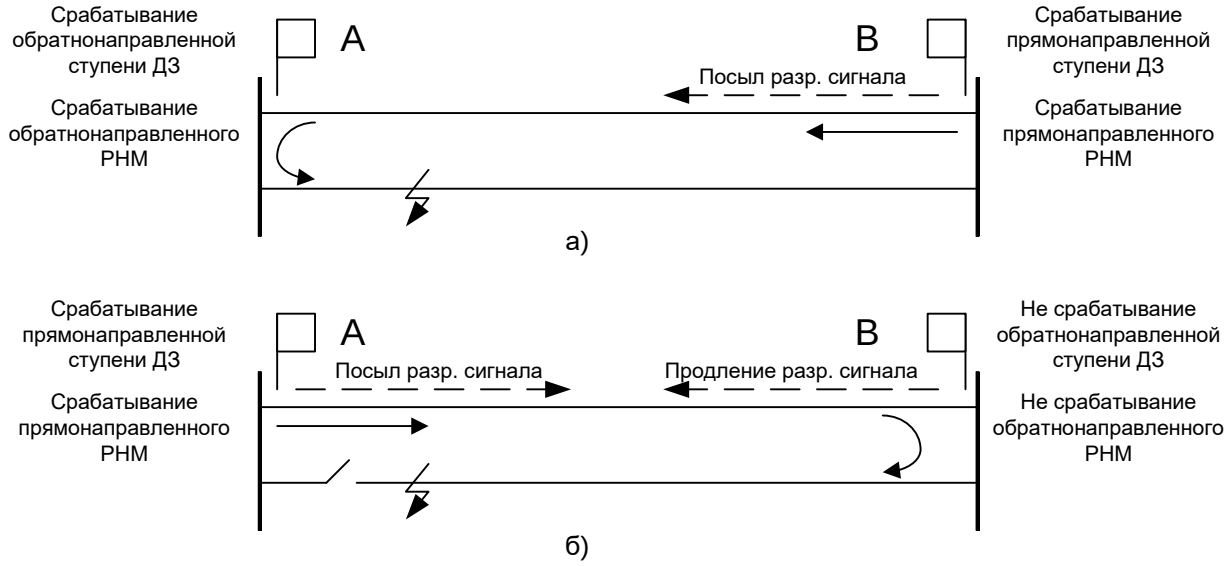


Рисунок 36 – Реализация ЛС ДЗ посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата

Если параллельные линии подключены к общим шинам на обоих концах, схема связи с разрешающим сигналом от расширенной зоны охвата может неселективно отключить линию из-за реверса мощности. Это нежелательное отключение воздействует на неповрежденную линию при ликвидации повреждения на другой линии, что приводит к полной потере передачи электроэнергии между двумя системами, как показано на рисунке 37.



а) состояние системы до отключения замыкания;

б) состояние системы после отключения поврежденной линии с одной стороны

Рисунок 37 – Состояние системы, которое может привести к реверсу тока

Для исключения ложного отключения ЛЭП при реверсе тока ЛС ДЗ с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата дополняется блокировкой при реверсе мощности.

1.2.3.1.4 Блокировка ЛС ДЗ при реверсе мощности

Реализация логики блокировки ЛС ДЗ при реверсе мощности приведена на рисунке 38.

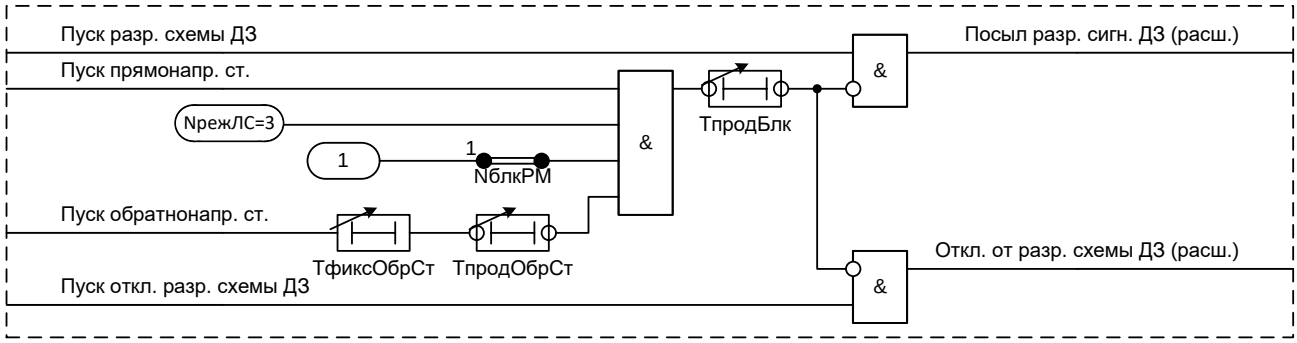


Рисунок 38 – Реализация логики блокировки ЛС ДЗ при реверсе мощности

Выдержка времени на срабатывание «**ТфиксОбрСт**» позволяет фиксировать устойчивый пуск обратнонаправленной ступени. Значение выдержки времени должно быть меньше, чем время срабатывания выключателя.

Выдержка времени на возврат «**ТпродОбрСт**» определяет время блокировки при реверсе мощности. Уставка «**ТпродОбрСт**» должна надежно обеспечивать сброс разрешающего сигнала, т.е., как минимум, быть больше уставки «**ТдлитСт**», как видно из рисунка 36. Большая выдержка времени увеличивает защиту от ошибочных отключений, но задерживает устранение повреждения.

Выдержка времени «**ТпродБлк**» задает время продления сигнала блокирования при реверсе мощности.

Логика блокировки при реверсе мощности может быть введена при помощи программной накладки «**Nввод**».

1.2.3.1.5 Логика отключения слабого конца от ДЗ (ЛОСК ДЗ)

При использовании разрешающих схем связи необходимо обеспечить обнаружение повреждения на противоположном конце линии. Ток повреждения может быть слишком мал из-за низкой мощности источника; в этом случае возможно несрабатывание направленных ступеней, что, в свою очередь, может привести к отказу логики телеотключения в целом. Для устранения этих недостатков используется ЛОСК.

В некоторых случаях отключение линии со стороны сильной системы может привести к увеличению тока со стороны конца со слабым питанием (каскадное отключение). Для этого в ЛОСК предусмотрена логика отражения полученного разрешающего сигнала (эхо-сигнал), приведенная на рисунке 39.

Логика формирования эхо-сигнала может быть введена при помощи программной накладки «**Nввод**».

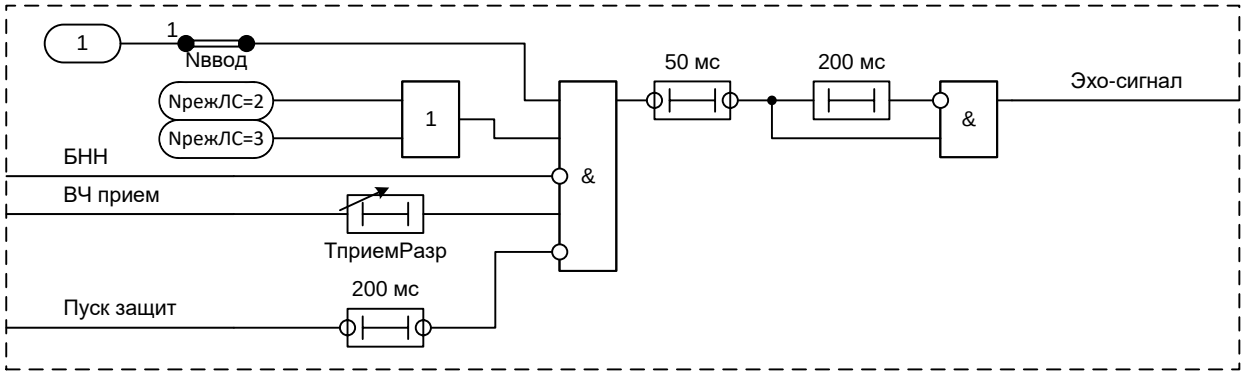


Рисунок 39 – Реализация логики формирования эхо-сигнала от ДЗ

Логика формирования эхо-сигнала позволяет избежать зацикливания при использовании ЛОСК на обоих концах линии с помощью ограничения длительности эхо-сигнала до 200 мс.

Накладка «**Nоткл**» задает разрешение отключения от ЛОСК ДЗ.

Выдержка времени «**ТприемРазр**» задает задержку на прием разрешающего сигнала, что очень важно, когда защита находится на стороне слабой системы. В этом случае срабатывание защит может произойти с некоторым опозданием.

Если в системе невозможно реализовать каскадное отключение, то в ЛОСК ДЗ предусмотрено отключение по критерию минимального напряжения во время посылки эхо-сигнала, логика которого приведена на рисунке 40. При трехфазном замыкании работа ЛОСК разрешена на первые 100 мс, после чего действие на отключение запрещено.

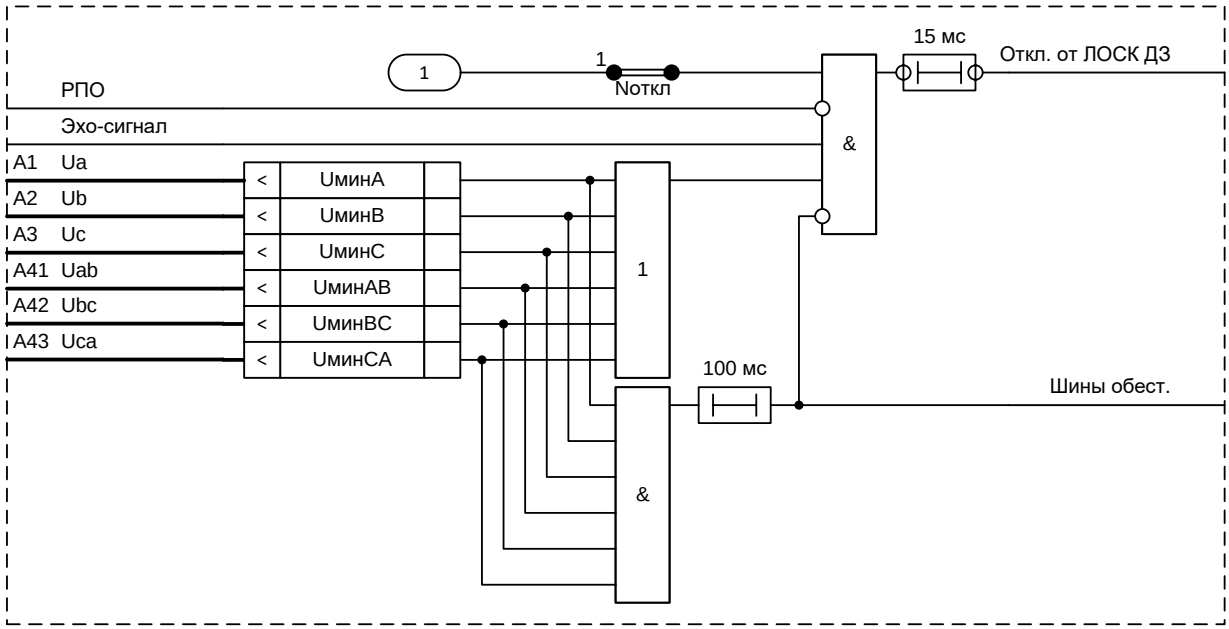


Рисунок 40 – Реализация логики отключения слабого конца от ДЗ

Уровни срабатывания ИО, реагирующих на фазные и междуфазные напряжения, задаются уставками «**UминФЗ**» и «**UминФФ**» соответственно.

1.2.3.1.6 ЛС ДЗ с посылкой сигнала прямого телеотключения

Разрешающий сигнал формируется при наличии прямонаправленного пуска первой ступени, при отсутствии сигнала пуска от обратнонаправленной ступени и при отсутствии сигнала вывода ВЧЗ. Минимальная длительность сигнала телеотключения определяется уставкой «**ТдлитСт**». Реализация логики связи с посылкой сигнала прямого отключения приведена на рисунке 41.

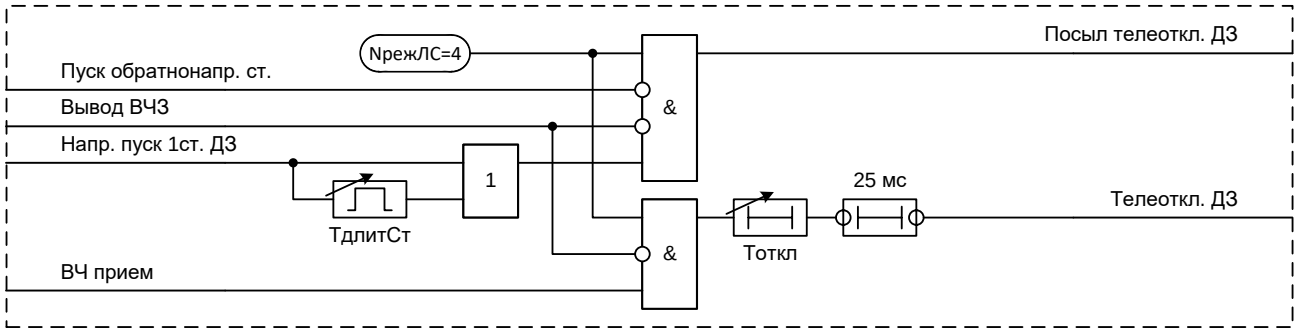


Рисунок 41 – Реализация ЛС ДЗ посылкой сигнала прямого телеотключения

Сигнал на отключения в схеме прямого телеотключения формируется при приеме сигнала телеотключения с противоположного конца линии в течение времени «**Тоткл**» и при отсутствии сигнала вывода ВЧЗ.

1.2.3.1.7 ЛС ТНЗНП с посылкой блокирующего сигнала

Посыл блокирующего сигнала формируется, если фиксируется сигнал о срабатывании обратнонаправленного органа, отсутствует сигнал о совместном срабатывании прямонаправленного органа и выбранной старшей ступени, и отсутствует сигнал вывода ЛС ТНЗНП.

Реализация ЛС ТНЗНП с посылкой блокирующего сигнала приведена на рисунке 42.

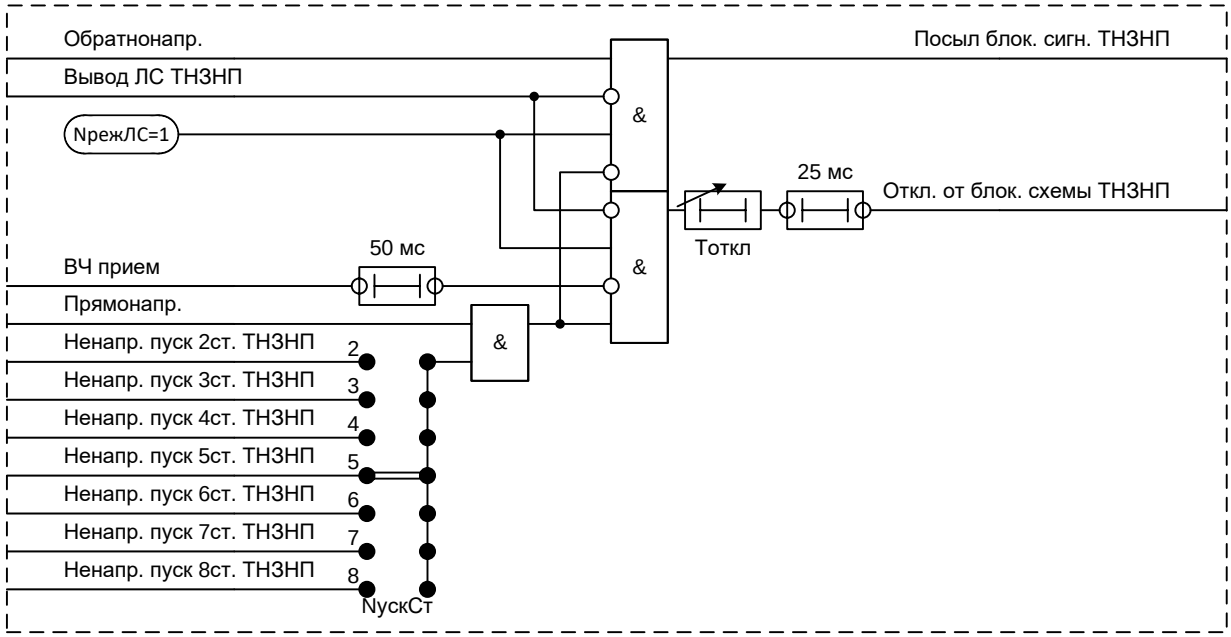


Рисунок 42 – Реализация ЛС ТНЗНП посылкой блокирующего сигнала

Сигнал на отключение с выдержкой времени «**Тоткл**» в блокирующей схеме формируется в том случае, если присутствует сигнал ненаправленного пуска старшей ступени ТНЗНП (старшая ступень для работы ЛС ТНЗНП выбирается программной накладкой «**NускСт**»), зафиксировано прямое направление на КЗ, в течение 50 мс нет приема блокирующего сигнала и нет сигнала вывода ЛС ТНЗНП.

1.2.3.1.8 ЛС ТНЗНП с посылкой разрешающего сигнала

Пуск разрешающей схемы формируется при наличии сигнала о прямом направлении на КЗ, отсутствии сигнала об обратном направлении и отсутствии сигнала вывода. Реализация ЛС ТНЗНП с посылкой разрешающего сигнала приведена на рисунке 43.

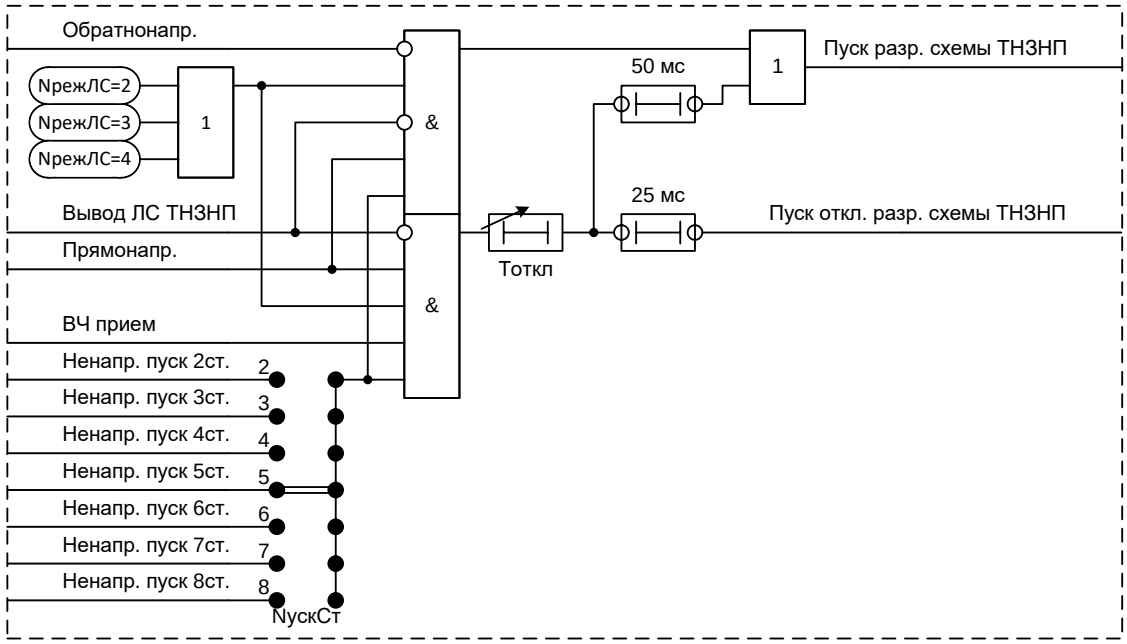


Рисунок 43 – Реализация ЛС ТНЗНП с посылкой разрешающего сигнала

Пуск на отключение в разрешающей схеме формируется в том случае, если присутствует сигнал пуска старшей ступени ТНЗНП, фиксируется прямое направление на КЗ и принимается разрешающий сигнал. После формирования сигнала на отключение посылка разрешающего сигнала продолжается еще в течение 50 мс для обеспечения надежного срабатывания на противоположном конце.

Если параллельные линии подключены к общим шинам на обоих концах, схемы связи с разрешающим сигналом от расширенной зоны могут отключиться неселективно из-за реверса тока. Это нежелательное отключение воздействует на неповрежденную линию при ликвидации повреждения на другой линии, что приводит к полной потере связи между двумя системами, как приведено на рисунке 37.

Для исключения ложного отключения ЛЭП при реверсе тока ЛС ТНЗНП с посылкой разрешающего сигнала дополняется блокировкой при реверсе мощности.

1.2.3.1.9 Блокировка ЛС ТНЗНП при реверсе мощности

Реализация логики блокировки ЛС ТНЗНП при реверсе мощности приведена на рисунке 44. Выдержка времени на срабатывание «**ТфиксОбрРМ**» фиксирует устойчивое определение обратного направления на КЗ, при этом она должна быть меньше, чем время срабатывания выключателя.

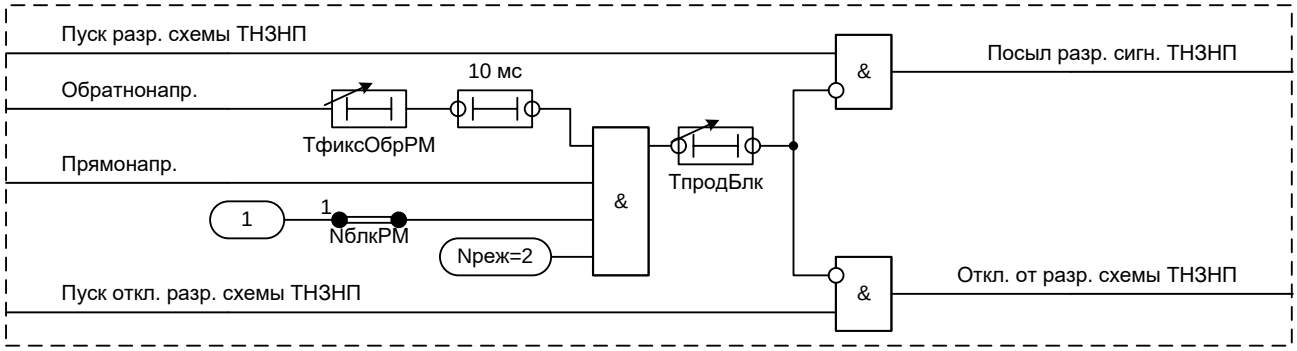


Рисунок 44 – Реализация логики блокировки ЛС ТНЗНП при реверсе мощности

Время продления сигнала блокирования при реверсе мощности определяется уставкой «**ТпродБлк**».

Логика блокировки при реверсе мощности может быть введена при помощи программной накладки «**NблкРМ**».

1.2.3.1.10 Логика отключения слабого конца от ТНЗНП (ЛОСК ТНЗНП)

При использовании разрешающих схем связи необходимо обеспечить надежное обнаружение повреждения на противоположном конце линии. Ток повреждения может оказаться ниже уставки срабатывания органа направленности ТНЗНП, что, в свою очередь, может привести к отказу логики телеотключения в целом. Для устранения этих недостатков используется ЛОСК.

В некоторых случаях отключение линии с одной стороны может привести к увеличению тока со стороны конца со слабым питанием (каскадное отключение). Для этого в ЛОСК предусмотрена логика отражения полученного разрешающего сигнала (эхо-сигнал), приведенная на рисунке 45.

Предусмотрена выдержка времени «**ТприемРазр**» на запуск функции ЛОСК при приеме разрешающего сигнала.

Если в течение 200 мс не определено ни обратное, ни прямое направление на КЗ и принимается разрешающий сигнал с противоположного конца, то производится посылка (отражение) разрешающего сигнала (эхо-сигнал) на противоположный конец линии в течение времени не более 200 мс. Ограничение эхо-сигнала по длительности необходимо во избежание зацикливания.

ЛОСК вводится в работу накладкой «**Nввод**». Накладка «**Nоткл**» задает разрешение отключения от ЛОСК ТНЗНП.

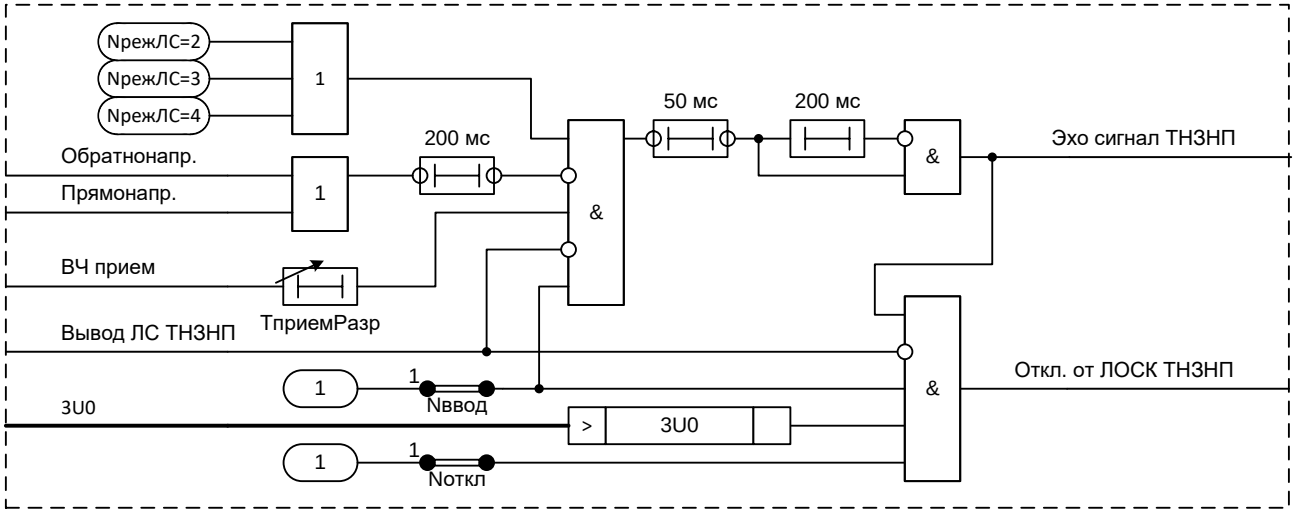


Рисунок 45 – Реализация логики формирования эхо-сигнала и отключения слабого конца от ТНЗНП

Для случая, когда в системе невозможно реализовать каскадное отключение в ЛОСК ТНЗНП предусмотрена возможность отключения по критерию максимального напряжения нулевой последовательности во время посылки эхо-сигнала. ИО «**3U0**» ЛОСК контролирует уровень напряжения нулевой последовательности без учета смещения в линию.

Таблица 22 – Уставки логики ВЧ связи

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы ЛС (0 – вывод, 1 – блок. сигнал, 2 – разр. сокр., 3 – разр. расш., 4 –прямое откл.)	NрежЛС	–	0
Номер прямонаправленной ступени ДЗ (2, 3, 4, 5 – напр. пуск ст. 2, 3, 4, 5 ст.)	NпрямСт	–	4
Номер обратнонаправленной ступени ДЗ (2, 3, 4, 5 – напр. пуск ст. 2, 3, 4, 5 ст.)	NобрСт	–	5
Номер старшей ступени ТНЗНП для работы ЛС (0 – вывод, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NускСт	–	0
Блокирование ЛС ТНЗНП при БНТ (0 – нет, 1 – да)	NблкБНТ	–	1
Выдержка времени на отключение выключателя от ЛС, мс	Тоткл	от 10 до 5000 (шаг 1)	20
Время вывода ЛС при включении выключателя, мс	ТвывВкл	от 20 до 30000 (шаг 1)	1000
Минимальная длительность сигнала направленного пуска ступени ДЗ, мс	ТдлитСт	от 10 до 1000 (шаг 1)	100
Логика отключения слабого конца (ЛОСК)			
Минимальное фазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ф.ном}$	UминФЗ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальное междуфазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ном}$	UминФФ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальное утроенное напряжение нулевой последовательности для работы ЛОСК, % от $3U0_{ном}$	3U0	от 0,5 до 100 (шаг 1)	10
Отключение от ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Работа ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Выдержка времени на прием разрешающего сигнала в ЛОСК, мс	ТприемРазр	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Блокировка при реверсе мощности (Блок. рев. мощн.)			
Блокирование ЛС при реверсе мощности (0 – нет, 1 – да)	NблкРМ	–	1
Время продления блокирования при реверсе мощности в разрешающей логике телеускорения, мс	ТпродБлк	от 10 до 2000 (шаг 1)	50
Выдержка времени на фиксацию пуска обратнонаправленной ступени ДЗ, мс	ТфиксОбрСт	от 20 до 2000 (шаг 1)	100
Время фиксации пуска обратнонаправленной ступени ДЗ, мс	ТпродОбрСт	от 10 до 2000 (шаг 1)	10
Выдержка времени на фиксацию режима обратного направления мощности в логике блокирования ЛС ТНЗНП при реверсе мощности, мс	ТфиксОбрРМ	от 1 до 500 (шаг 1)	50
Фиксация режима обратного направления мощности в логике блокирования ЛС ТНЗНП при реверсе мощности, мс	ТпродОбрРМ	от 20 до 2000 (шаг 1)	20

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

1.2.3.3 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.

1.2.3.4 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.

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

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

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

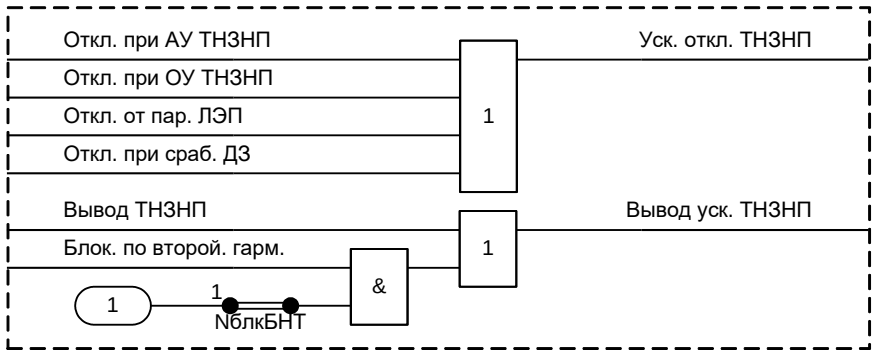


Рисунок 46 – Реализация логики формирования сигнала на отключение при ускорении ТНЗНП

Таблица 23 – Уставки ускорения ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Блокирование ускорения ТНЗНП при БНТ (0 – нет, 1 – да)	NблкБНТ	–	1
Автоматическое ускорение ТНЗНП (АУ ТНЗНП)			
Режим автоматического ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.; 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 – напр. пуск 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NускСт	–	2
ВВС логики автоматического ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100
Оперативное ускорение ТНЗНП (ОУ ТНЗНП)			
Режим оперативного ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.; 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 – напр. пуск 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NускСт	–	12
ВВС логики оперативного ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	200
Ускорение при срабатывании ДЗ (Ускорение от ДЗ)			
Работа ускорения ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Режим ускорения ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – вывод, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NускСт	–	0
ВВС логики ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тоткл	от 5 до 50 (шаг 1)	50
Время ввода ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тввод	от 50 до 500 (шаг 1)	500
Ускорение от защит параллельной линии (Ускорение от ПЛ)			
Режим работы ускорения от защит параллельной ЛЭП (0 – ввод при РПВ ШСВ, 1 – пост. ввод)	Nреж	–	0
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП от защит параллельной ЛЭП (0 – вывод, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NускСт	–	0
ВВС логики ускорения от защит параллельной линии, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	500

1.2.4 ВЧ блокировка ДЗ и ТНЗНП (ВЧБ)

1.2.4.1 Принцип работы

Устройство может включать логику ВЧ блокировки ДЗ и ТНЗНП (ВЧБ). ВЧБ предназначена для реализации основной ВЧ защиты линии с абсолютной селективностью. В этом случае защита состоит из нескольких полукомплектов, устанавливаемых по концам ВЛ и, при необходимости, на ответвительных подстанциях. Устройство полукомплекта защиты для одной стороны ВЛ состоит из терминала защиты (релейная часть) и соответствующей аппаратуры ВЧ связи (высокочастотная часть), обеспечивающей передачу ВЧ сигналов на другую сторону защищаемой линии (или другие стороны, если это обусловлено условиями обеспечения селективности) по фазным проводам или по проводящим тросам (рисунок 1).

В состав релейной части входит терминал «ТОР 300 КСЗ 5ХХ». Высокочастотная часть защиты состоит из приемопередатчика, ВЧ аппаратуры и канала (линии) связи и соответствующей высоковольтной части. Приемопередатчик обеспечивает автоматический контроль канала связи.

Терминал «ТОР 300 КСЗ 5ХХ» предназначен для совместной работы с ВЧ постами типов: ПВЗУ-Е, ПВЗУ-М, ПВЗ-90М, ПВЗ-90М1, ПВЗЛ, ПВЗЛ-1, АВЗК-80 и другими, выполняемыми на полупроводниковой и микропроцессорной элементной базе. Сведения, необходимые для изучения, регулирования и эксплуатации ВЧ аппаратуры, содержатся в соответствующей технической документации их предприятий-изготовителей.

Установка, монтаж и подключение ВЧ аппаратуры на шкаф должны производиться непосредственно на месте эксплуатации шкафа в соответствии с АИПБ.656122.011-013 ИС1.

Принцип работы ВЧБ основан на косвенном сравнении направления мощности по концам защищаемой линии посредством ВЧ сигналов, передаваемых по каналам связи.

Защита селективно срабатывает при всех видах замыканий в защищаемой линии и 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 линии.

Для согласования с электромеханическими панелями (ЭПЗ-1636, ЭПЗ-1643, ЭПЗ-1644) или с устройствами других производителей, установленными на противоположном конце ЛЭП, необходимо руководствоваться АИПБ.656122.011-015 РРУ, РУ №10 и рекомендациями по расчету уставок соответствующих предприятий-изготовителей.

1.2.4.1.1 ВЧ блокировка ДЗ (ВЧБ ДЗ)

Функциональны блок ВЧБ ДЗ приведен на рисунке 47, его реализация приведена на рисунке 48 .

Посыл блокирующего ВЧ сигнала от ДЗ формируется, если произошел пуск обратнонаправленной ступени ДЗ (определяется программной накладкой «**NобрСт**»), отсутствует сигнал пуска прямонаправленной ступени ДЗ (определяется программной накладкой «**NпрямСт**») и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ. Минимальная длительность блокирующего сигнала определяется уставкой «**ТдлитСт**».

Сигнал на отключение от ВЧБ ДЗ формируется в том случае, если присутствует пуск прямонаправленной ступени, нет приема блокирующего сигнала и отсутствует сигнал вывода ВЧЗ. Уставкой «**Тоткл**» задается выдержка времени на отключение.

ВЧБ ДЗ вводится накладкой «**NвводВЧБ**».

Рисунок 47 – Функциональный блок ВЧБ ДЗ

Таблица 24 – Входы и выходы функционального блока ВЧБ ДЗ

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Напр. пуск 2ст. ДЗ	Направленный пуск 2 ступени ТНЗНП
Напр. пуск 3ст. ДЗ	Направленный пуск 3 ступени ТНЗНП
Напр. пуск 4ст. ДЗ	Направленный пуск 4 ступени ТНЗНП

Напр. пуск 5ст. ДЗ	Направленный пуск 5 ступени ТНЗНП
Вывод ВЧЗ	Сигнала вывода ВЧЗ
ВЧ прием	Прием ВЧ сигнала
Логические выходы	
Посыл ВЧБ ДЗ	Посыл блокирующего сигнала от ДЗ
Откл. от ВЧБ ДЗ	Сигнал на отключение от ВЧБ ДЗ

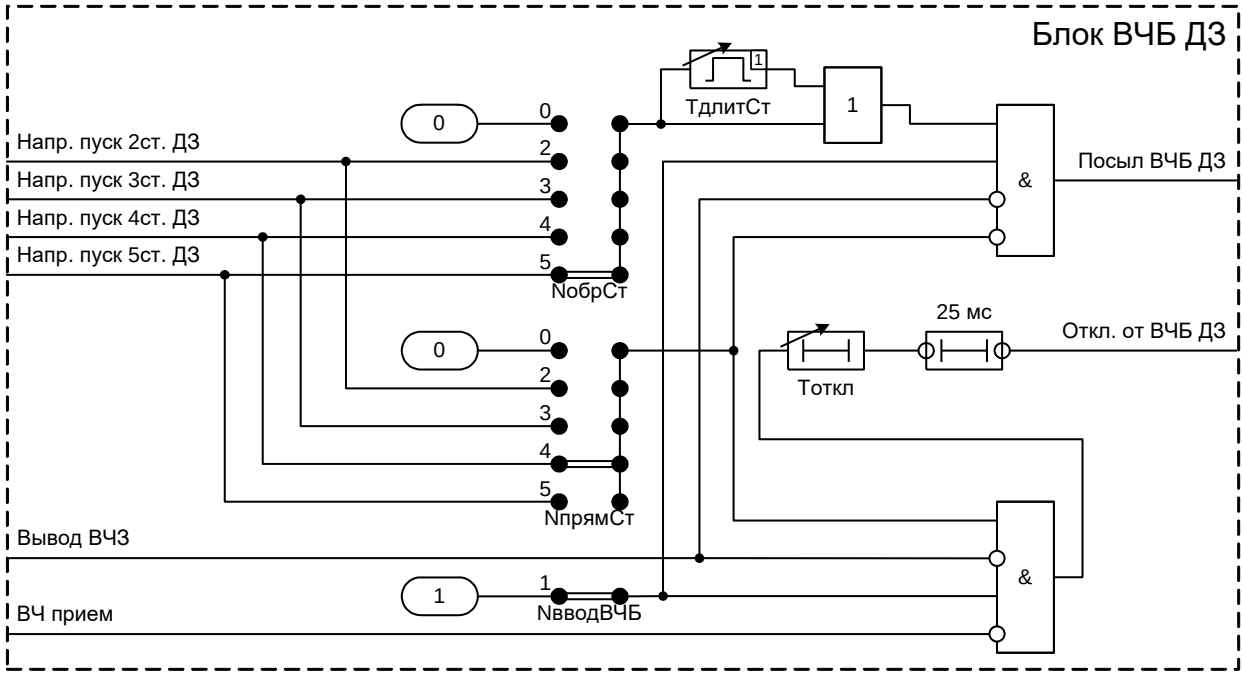


Рисунок 48 – Реализация ВЧБ ДЗ

Таблица 25 – Уставки ВЧБ ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Номер прямонаправленной ступени ДЗ (0 – вывод, 2, 3, 4, 5 – напр. пуск 2, 3, 4, 5 ст.)	NпрямСт	–	4
Номер обратнонаправленной ступени ДЗ (0 – вывод, 2, 3, 4, 5 – напр. пуск 2, 3, 4, 5 ст.)	NобрСт	–	5
Работа ВЧБ (0 – нет, 1 – да)	NвводВЧБ	–	0
Минимальная длительность сигнала направленного пуска ступени ДЗ, мс	ТдлитСт	от 10 до 1000 (шаг 1)	100
Выдержка времени на отключение выключателя от ВЧБ ДЗ, мс	Тоткл	от 10 до 5000 (шаг 1)	20

1.2.4.1.2 ВЧ блокировка ТНЗНП (ВЧБ ТНЗНП)

Функциональны блок ВЧБ ТНЗНП приведен на рисунке 49, его реализация приведена на рисунке 50.

Посыл блокирующего сигнала формируется, если фиксируется сигнал о срабатывании обратнонаправленного органа, отсутствует сигнал о совместном срабатывании прямонаправленного органа и выбранной старшей ступени (определяется программной накладкой «**NускСт**»), и отсутствует сигнал вывода ВЧБ ТНЗНП.

Сигнал на отключение от ВЧБ ТНЗНП формируется в том случае, если присутствует сигнал ненаправленного пуска старшей ступени ТНЗНП (старшая ступень для работы ВЧБ ТНЗНП выбирается программной накладкой «**NускСт**»), зафиксировано прямое направление

на КЗ, и нет сигнала вывода ВЧБ ТНЗНП. Уставкой «**Тоткл**» задается выдержка времени на отключение.

ВЧБ ТНЗНП вводится накладкой «**NвводВЧБ**», описанной в 1.2.4.1.1

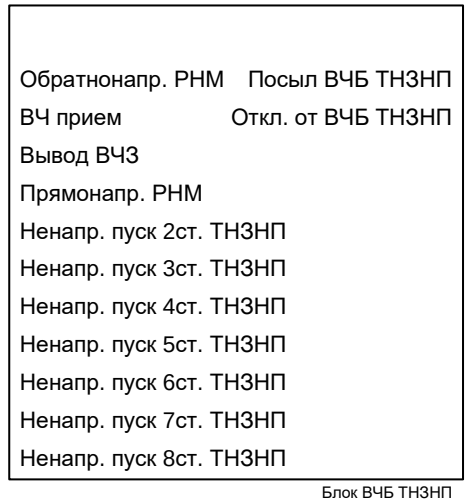


Рисунок 49 – Функциональный блок ВЧБ ТНЗНП

Таблица 26 – Входы и выходы функционального блока ВЧБ ТНЗНП

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Обратнонапр. РНМ	Срабатывание обратнонаправленного органа направленности РНМ
ВЧ прием	Прием ВЧ сигнала
Вывод ВЧЗ	Сигнал вывода ВЧЗ
Прямонапр. РНМ	Срабатывание прямонаправленного органа направленности РНМ
Ненапр. пуск 2ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 2 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 3ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 3 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 4ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 4 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 5ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 5 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 6ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 6 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 7ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 7 ступени ТНЗНП
Ненапр. пуск 8ст. ТНЗНП	Ненаправленный пуск 8 ступени ТНЗНП
Логические выходы	
Посыл ВЧБ ТНЗНП	Посыл сигнала ВЧБ ТНЗНП
Откл. от ВЧБ ТНЗНП	Сигнал на отключение от ВЧБ ТНЗНП

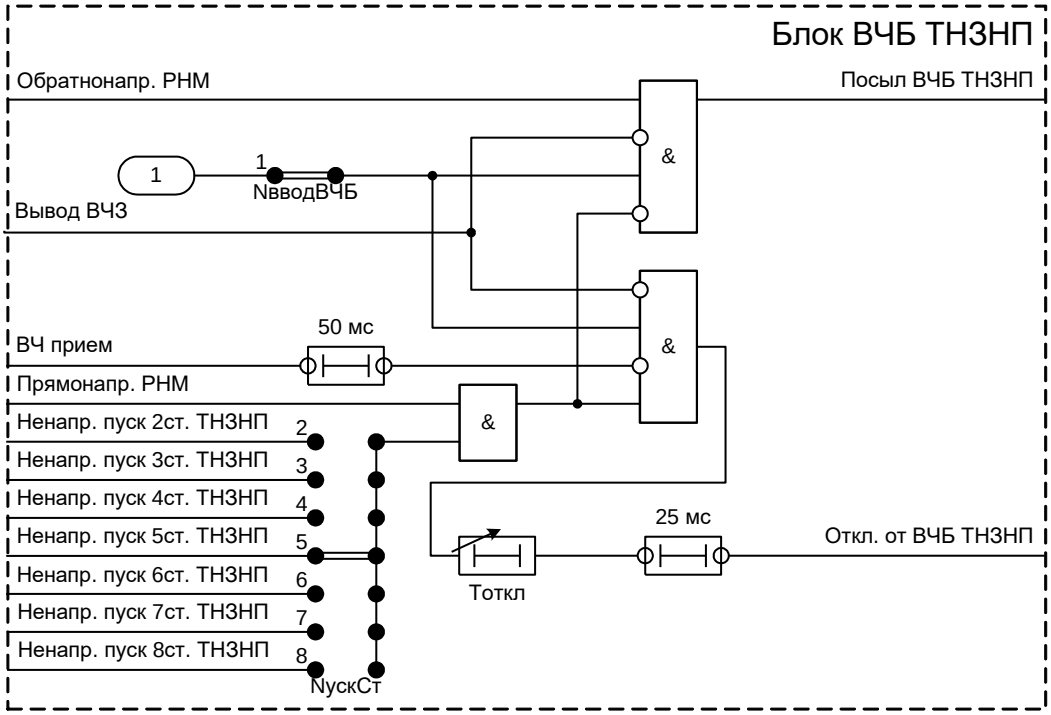


Рисунок 50 – Реализация ВЧБ ТНЗНП

Таблица 27 – Уставки ВЧБ ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Блокирование логики связи ТНЗНП при БНТ (0 – нет, 1 – да)	NблкБНТ	–	1
Номер старшей ступени ТНЗНП для работы ВЧБ (0 – вывод, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненапр. пуск 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ст.)	NпускСт	–	5
Выдержка времени на отключение выключателя от ВЧБ ТНЗНП, мс	Тоткл	от 10 до 5000 (шаг 1)	20

1.2.4.1.3 Пуск ВЧ приёмопередатчика (Пуск ВЧ пер.)

Функциональный блок пуска ВЧ приёмопередатчика приведен на рисунке 51, его реализация приведена на рисунке 52.

Сигнал пуска ВЧ передатчика формируется в следующих случаях:

- сформированы сигналы посыла ВЧБ ДЗ или ТНЗНП («Посыл ВЧБ ДЗ» и «Посыл ВЧБ ТНЗНП») и отсутствует сигнал останова ВЧ «Останов ВЧ»;
- при срабатывании БК по току (сигнал «Сраб. БКт») на 20 мс, для исключения срабатывания защиты в переходных режимах и для согласования с комплектом ВЧБ на базе электромеханической панели;
- при включении выключателя (сигнал «Блок. БЗЛ при вкл.») на время, определяемое уставкой «**ТвывВкл**»;
- при неисправности цепей напряжений (сигнал «Неисп. ЦН общ.») и введенном положении накладки «**NнеиспЦН**»;
- при оперативном выводе ВЧ защит (сигнал «Вывод ВЧЗ») и введенном положении накладки «**NвводВЧБ**», описанной в 1.2.4.1.1;
- при срабатывании блокировки по второй гармоники (сигнал «Блок. по f2») и введенном положении накладки «**NблкБНТ**»;
- при наличии сигнала ручного пуска приёмопередатчика (сигнал «Ручной пуск») и отсутствии сигнала пуска защит («Пуск защит»).

Согласование с комплектом защит на базе электромеханических панелей ЭПЗ-1636, ЭПЗ-1643 и ЭПЗ-1644 обеспечивается за счет пуска ВЧПП в первый момент возникновения аварии на 20 мс по факту пуска токовой блокировки при качаниях. В этом случае, токовая блокировка при качаниях должна быть введена в работу независимо от условий пуска ступеней ДЗ. При этом в комплексе электромеханических защит должны быть введены в работу цепи дистанционного пуска передатчика.

В случае посыла ВЧБ ДЗ или ТНЗНП дольше 50 мс, сигнал «Пуск ВЧ пер.» автоматически продлевается на 40 мс для корректной работы при реверсе мощности.

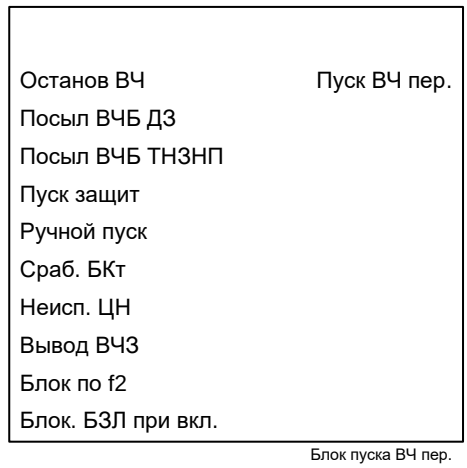


Рисунок 51 – Функциональный блок пуска ВЧ передатчика

Таблица 28 – Входы и выходы функционального блока пуска ВЧ передатчика

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Останов ВЧ	Сигнал об остановке ВЧ
Посыл ВЧБ ДЗ	Посыл сигнала ВЧБ ДЗ
Посыл ВЧБ ТНЗНП	Посыл сигнала ВЧБ ТНЗНП
Пуск защит	Сигнал пуска защит
Ручной пуск	Сигнал ручного пуска
Сраб. БКт	Сигнал срабатывания БК по току
Неисп. ЦН	Сигнал неисправности цепей напряжения
Вывод ВЧЗ	Сигнал оперативного вывода ВЧЗ
Блок по f2	Сигнал блокировки по 2ой гармонике
Блок.БЗЛ при вкл.	Сигнал блокирования БЗЛ при включении
Логические выходы	
Пуск ВЧ пер.	Сигнал пуска ВЧ передатчика

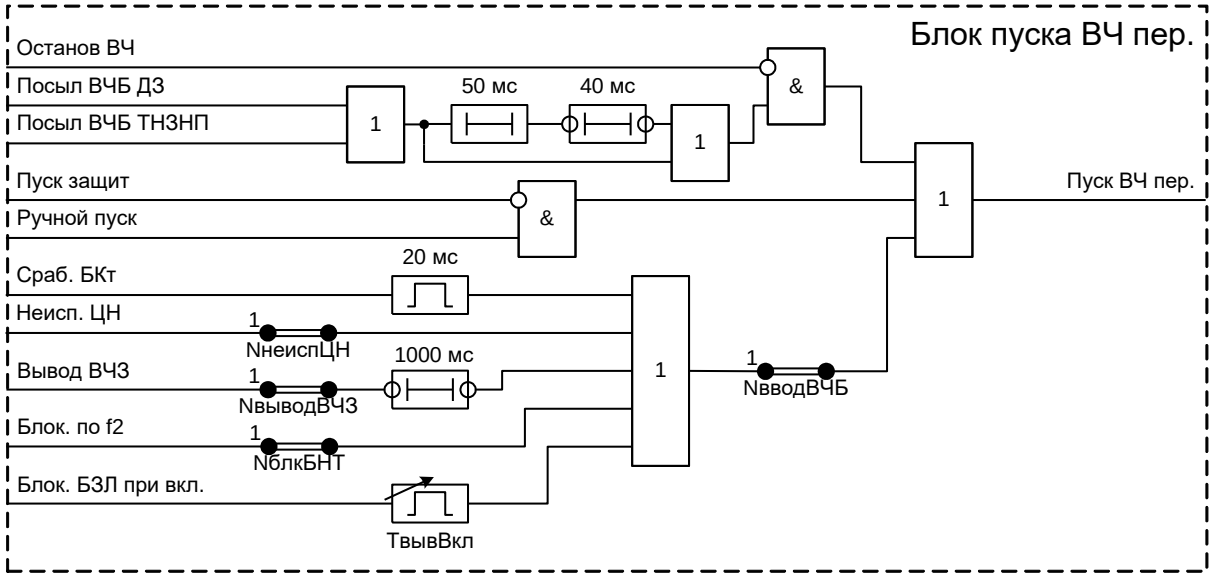


Рисунок 52 – Реализация блока пуска ВЧ приёмопередатчика

Таблица 29 – Уставки пуска ВЧ приёмопередатчика

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Блокирование ВЧБ ТНЗНП при БНТ (0 – нет, 1 – да)	NблкБНТ	–	1
Посыл ВЧ сигнала при выводе ВЧЗ (0 – нет, 1 – да)	NвыводВЧЗ	–	1
Посыл ВЧ сигнала при неисправности ЦН (0 – нет, 1 – да)	NнеиспЦН	–	1
Время посыла ВЧ сигнала при включении выключателя, мс	ТвывВкл	от 20 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.5 Логика отключения слабого конца от ДЗ2 (ЛОСК ДЗ2)

При использовании в устройстве логики телеускорения ДЗ необходимо обеспечить обнаружение повреждения на противоположном конце линии. Ток повреждения может быть слишком мал из-за низкой мощности источника; в этом случае возможно несрабатывание направленных ступеней, что, в свою очередь, может привести к отказу логики телеускорения в целом. Для устранения этих недостатков используется ЛОСК ДЗ2.

Функциональный блок ЛОСК ДЗ2 приведен на рисунке 53, его реализация приведена на рисунке 54.

Блок ЛОСК ДЗ2 может быть введен в работу программной накладкой «**Nввод**».

В некоторых случаях отключение линии с одной стороны может привести к увеличению тока со стороны конца со слабым питанием (каскадное отключение). Для этого в ЛОСК ДЗ2 предусмотрена логика отражения полученного разрешающего сигнала («Эхо сигнал ДЗ»).

Логика формирования эхо-сигнала позволяет избежать зацикливания при использовании ЛОСК на обоих концах линии с помощью ограничения длительности эхо-сигнала до 200 мс.

Выдержка времени «**ТприемРазр**» задает задержку на прием разрешающего сигнала, что очень важно, когда защита находится на стороне слабой системы. В этом случае срабатывание защит может произойти с некоторым опозданием.

Если в системе невозможно реализовать каскадное отключение, то в ЛОСК ДЗ2 предусмотрено отключение по критерию минимального напряжения во время посылки эхо-сигнала, логика которого приведена на рисунке 54. При трехфазном замыкании работа ЛОСК разрешена на первые 100 мс, после чего действие на отключение запрещено. Разрешение отключения от ЛОСК ДЗ2 вводится программной накладкой «**Nоткл**».

Уровни срабатывания ИО, реагирующих на фазные и междуфазные напряжения, задаются уставками «**UминФЗ**» и «**UминФФ**» соответственно.

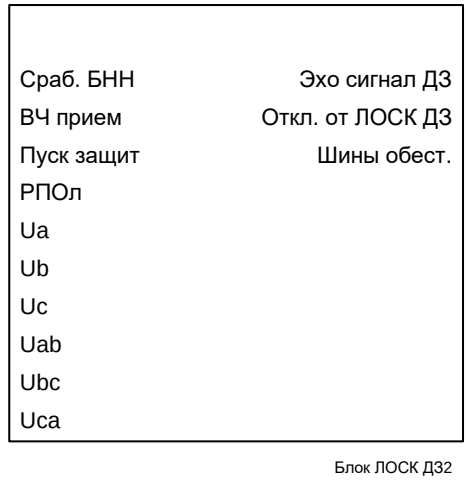


Рисунок 53 – Функциональный блок ЛОСК ДЗ2

Таблица 30 – Входы и выходы функционального блока ЛОСК ДЗ2

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз А, В, С
Uab, Ubc, Uca	Междуфазные напряжения АВ, ВС, СА
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Сраб. БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
ВЧ прием	Прием ВЧ сигнала
Пуск защит	Сигнал на пуск защит
РПО	Сигнал отключенного положения линии
Логические выходы	
Эхо сигнал ДЗ	Посыл эхо сигнала телеускорения ДЗ
Откл. от ЛОСК ДЗ	Сигнал отключения от ЛОСК ДЗ2
Шины обест.	Сигнал отсутствия напряжения на шинах

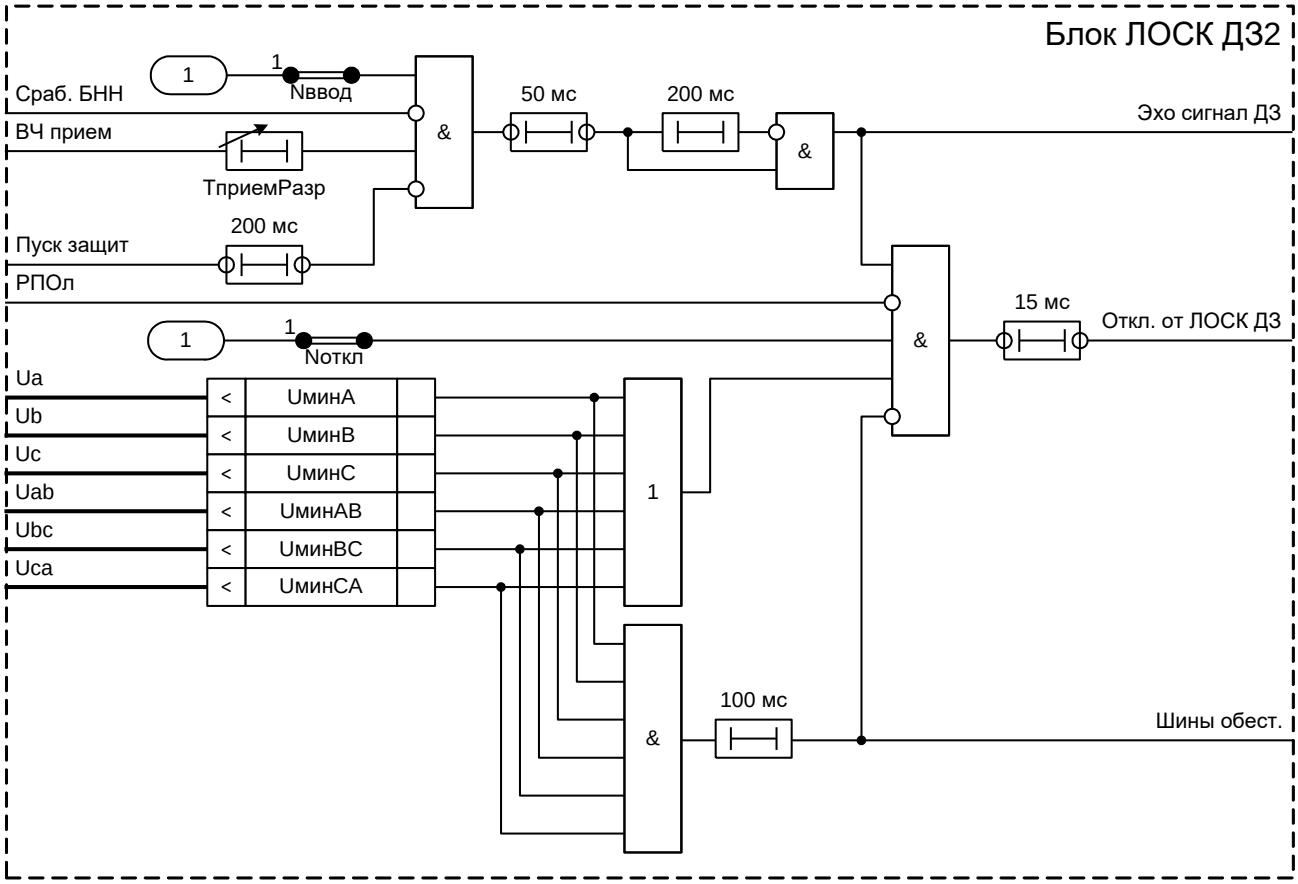


Рисунок 54 – Реализация блока ЛОСК ДЗ2

Таблица 31 – Уставки ЛОСК ДЗ2

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное фазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ф.ном}$	UминФЗ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальное междуфазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ном}$	UминФФ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Отключение от ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0
Работа ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Выдержка времени на прием разрешающего сигнала в ЛОСК, мс	ТприемРазр	от 5 до 100 (шаг 1)	10

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

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

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

1.2.5.4 Коэффициент возврата ИО напряжения не более 1,1.

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

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

1.2.6 Логика отключения слабого конца от ТНЗНП2 (ЛОСК ТНЗНП2)

При использовании в устройстве логики телеускорения ТНЗНП необходимо обеспечить надежное обнаружение повреждения на противоположном конце линии. Ток повреждения может оказаться ниже уставки срабатывания органа направленности ТНЗНП, что, в свою очередь, может привести к отказу логики телеускорения в целом. Для устранения этих недостатков используется ЛОСК.

Функциональный блок ЛОСК ТНЗНП2 приведен на рисунке 55, его реализация приведена на рисунке 56.

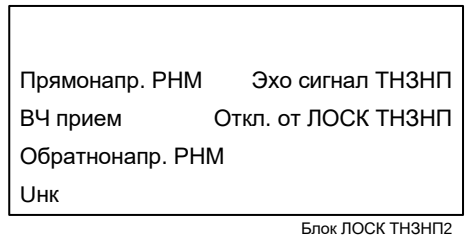


Рисунок 55 – Функциональный блок ЛОСК ТНЗНП2

Таблица 32 – Входы и выходы функционального блока ЛОСК ТНЗНП2

Аналоговые входы	
Uнк	Напряжение между зажимами НК «разомкнутого треугольника»
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Прямонапр. РНМ	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр. РНМ	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности
ВЧ прием	Прием ВЧ сигнала
Логические выходы	
Эхо сигнал ТНЗНП	Посыл эхо сигнала ТНЗНП
Откл. от ЛОСК ТНЗНП	Сигнал на отключение от ЛОСК ТНЗНП

Блок ЛОСК ТНЗНП2 может быть введен в работу программной накладкой «**Nввод**».

В некоторых случаях отключение линии с одной стороны может привести к увеличению тока со стороны конца со слабым питанием (каскадное отключение). Для этого в ЛОСК ТНЗНП2 предусмотрена логика отражения полученного разрешающего сигнала («Эхо сигнал ТНЗНП»).

Предусмотрена выдержка времени «**ТприемРазр**» на запуск функции ЛОСК при приеме разрешающего сигнала.

Если в течение 200 мс не определено ни обратное, ни прямое направление на КЗ и принимается разрешающий сигнал с противоположного конца, то производится посылка (отражение) разрешающего сигнала (эхо-сигнал) на противоположный конец линии в течение времени не более 200 мс. Ограничение эхо сигнала по длительности необходимо во избежание зацикливания.

Разрешение отключения от ЛОСК ТНЗНП2 вводится программной накладкой «**Nоткл**».

Для случая, когда в системе невозможно реализовать каскадное отключение в ЛОСК ТНЗНП2 предусмотрена возможность отключения по критерию максимального напряжения нулевой последовательности во время посылки эхо-сигнала. ИО «**3U0**» ЛОСК контролирует уровень напряжения нулевой последовательности без учета смещения в линию.

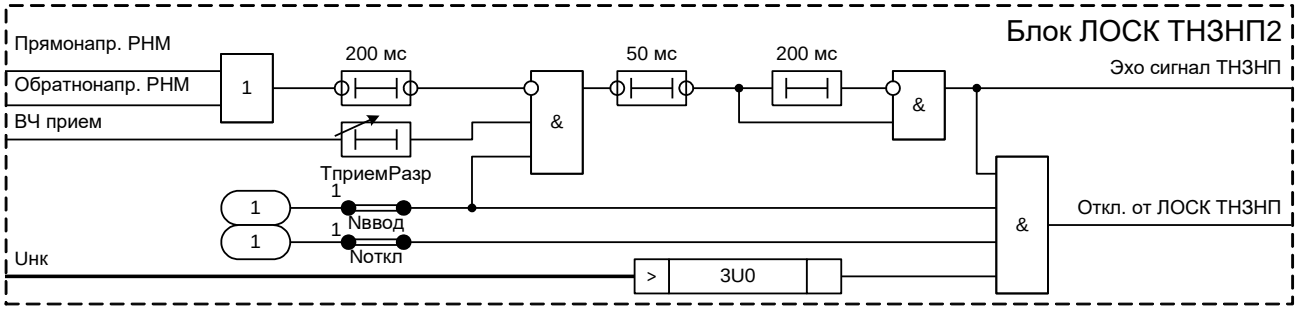


Рисунок 56 – Реализация блока ЛОСК ТНЗНП2

Таблица 33 – Уставки ЛОСК ТНЗНП2

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное утроенное напряжение нулевой последовательности для работы ЛОСК, % от $3U0_{ном}$	3U0	от 0,5 до 100 (шаг 1)	10
Отключение от ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nоткл	–	0
Работа ЛОСК (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
Выдержка времени на прием разрешающего сигнала в ЛОСК, мс	ТприемРазр	от 5 до 100 (шаг 1)	10

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

1.2.6.2 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.

1.2.6.3 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.

1.2.6.4 Коэффициент возврата ИО напряжения не более 1,1.

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

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

1.2.7 Токовая отсечка (ТО)

1.2.7.1 Принцип работы

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

Функциональный блок ТО приведен на рисунке 57, его реализация приведена на рисунке 58.

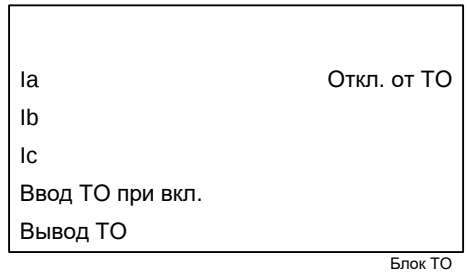


Рисунок 57 – Функциональный блок ТО

Таблица 34 – 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

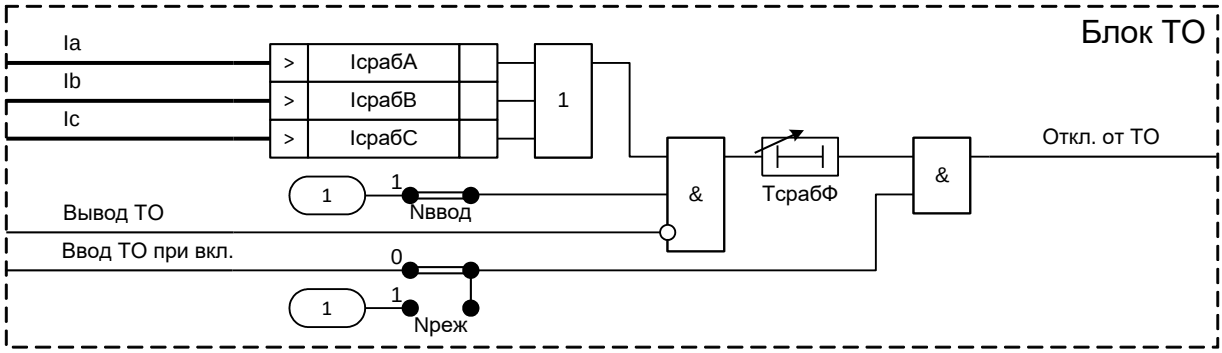


Рисунок 58 – Реализация программного модуля ТО

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 «**ТсрабФ**».

Таблица 35 – Уставки ТО

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

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

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

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

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

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

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

1.2.8 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.2.8.1 Принцип работы

Устройство может включать двухступенчатую МТЗ.

Функциональный блок МТЗ приведен на рисунке 59.

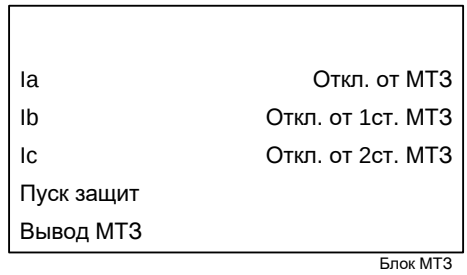


Рисунок 59 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 36 – Входы и выходы функционального блока МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск защит	Пуск защит устройства
Вывод МТЗ	Вывод МТЗ
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

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

Таблица 37 – Уставки МТЗ

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

1.2.8.2 Ступень МТЗ

1.2.8.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ступени МТЗ приведен на рисунке 60, его реализация приведена на рисунке 61.

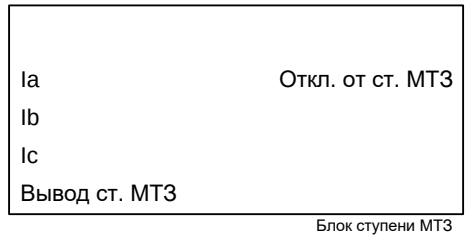


Рисунок 60 – Функциональный блок ступени МТЗ

Таблица 38 – 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
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 программной накладкой «**Nввод**».

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

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

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

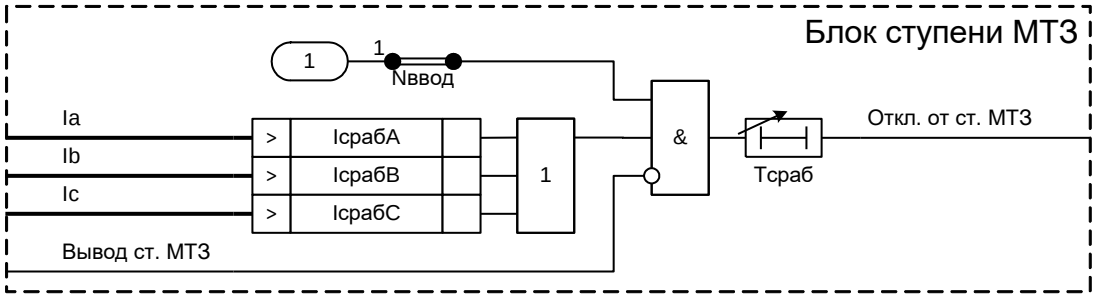


Рисунок 61 – Реализация программного модуля ступени МТЗ

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

Таблица 39 – 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	–	1
ВВС ступени МТЗ, мс	Тсраб	от 15 до 20000 (шаг 1)	400

1.2.8.2.1 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.7.2-1.2.7.7.

1.2.9 Ступень аварийной максимальной токовой защиты (Ступень аварийной МТЗ)

1.2.9.1 Принцип работы

Устройство может содержать несколько ступеней аварийной МТЗ. Функциональный блок ступени аварийной МТЗ приведен на рисунке 62, его реализация приведена на рисунке 63.

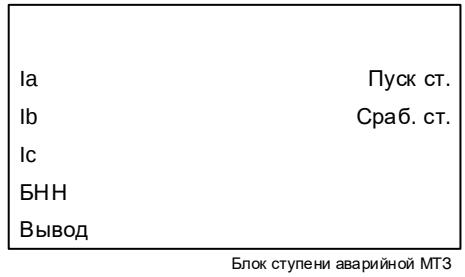


Рисунок 62 – Функциональный блок ступени аварийной МТЗ

Таблица 40 – Входы и выходы функционального блока ступени аварийной МТЗ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Вывод	Вывод ступени аварийной МТЗ
БНН	Срабатывание БНН
Логические выходы	
Пуск ст.	Пуск ступени аварийной МТЗ
Сраб. ст.	Отключение от ступени аварийной МТЗ

Каждая ступень содержит ИО, включенные на фазные токи («**IсрабА**», «**IсрабВ**», «**IсрабС**»).
Ступень аварийной МТЗ вводится в работу накладкой «**Nреж**».
Время срабатывания ступени аварийной МТЗ определяется уставкой «**Тсраб**».
Уровень срабатывания ИО, включенных на фазные токи, регулируется уставкой «**IсрабФ**».

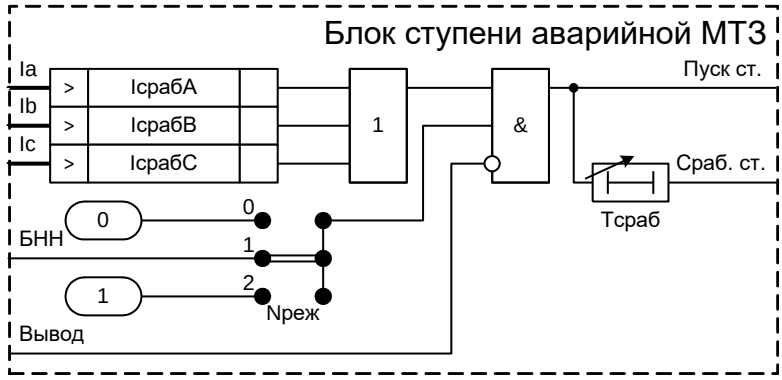


Рисунок 63 – Реализация программного модуля ступени аварийной МТЗ

Таблица 41 – Уставки ступени аварийной МТЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ступени аварийной МТЗ, % от $I_{ном}$	IсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	390
Режим работы ступени аварийной МТЗ (0 – вывод, 1 – неисп. ЦН, 2 – непрерывный)	Nреж	–	1
ВВС ступени аварийной МТЗ, мс	Тсраб	от 15 до 20000 (шаг 1)	400

1.2.9.1.1 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.7.2-1.2.7.7.

1.2.10 Автоматическое ускорение (АУ)

1.2.10.1 Принцип работы

Функциональный блок АУ приведен на рисунке 64, его реализация приведена на рисунке 65.

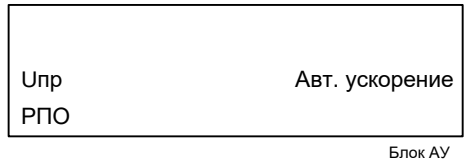


Рисунок 64 – Функциональный блок АУ

Таблица 42 – Входы и выходы функционального блока АУ

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

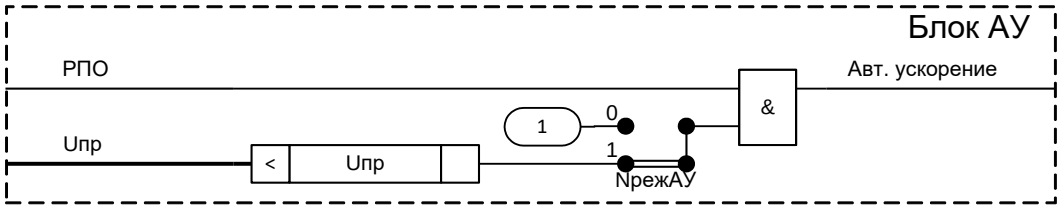


Рисунок 65 – Реализация программного модуля АУ

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

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

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

Таблица 43 – Уставки АУ

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

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

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

1.2.10.4 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.

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

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

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

1.2.11 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току (АРПТ)

1.2.11.1 Принцип работы

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

Функциональный блок АРПТ приведен на рисунке 66, его реализация приведена на рисунке 67.

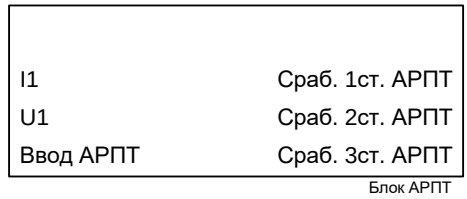


Рисунок 66 – Функциональный блок АРПТ

Таблица 44 – 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

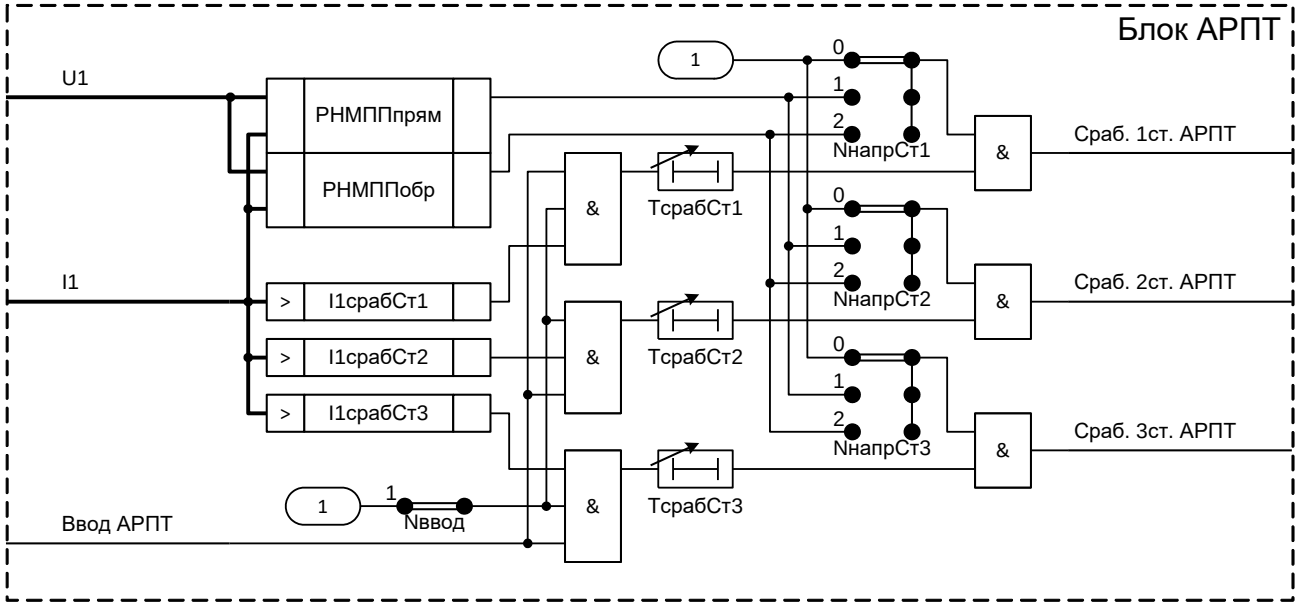


Рисунок 67 – Реализация программного модуля АРПТ

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

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

Контроль направления мощности АРПТ осуществляется на этапе формирования выходного сигнала. Длительность режима перегрузки учитывается вне зависимости от

направления тока. Используются два ИО активной мощности прямой последовательности: прямого и обратного направления. Прямое направление соответствует протеканию активной мощности прямой последовательности от шин в присоединение. Угол охвата каждого ИО направления мощности составляет не менее 160°.

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

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

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

Таблица 45 – 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	TсрабСт1	от 100 до 3000000 (шаг 1)	200000
ВВС второй ступени АРПТ, мс	TсрабСт2	от 100 до 3000000 (шаг 1)	250000
ВВС третьей ступени АРПТ, мс	TсрабСт3	от 100 до 3000000 (шаг 1)	300000

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

1.2.11.3 Все точностные параметры РНМ аналогичны приведенным в 1.2.2.4.9-1.2.2.4.16.

1.2.12 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН)

1.2.12.1 Принцип работы

В устройстве может быть реализована БНН, реагирующая на все виды обрывов и замыканий, как в цепях «звезды», так и в цепях «разомкнутого треугольника», а также обрыв нейтрального провода. Функциональный блок БНН приведен на рисунке 68.

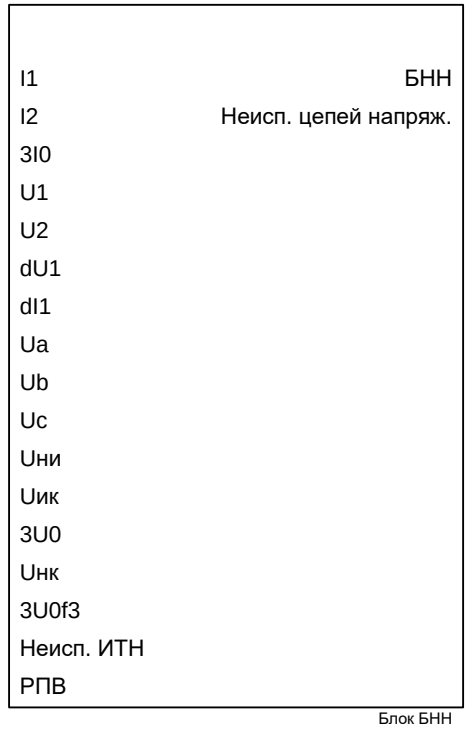


Рисунок 68 – Функциональный блок БНН

Таблица 46 – Входы и выходы функционального блока БНН

Аналоговые входы	
I1	Ток прямой последовательности
I2	Ток обратной последовательности
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
U1	Напряжение прямой последовательности
U2	Напряжение обратной последовательности
dU1	Приращение напряжения прямой последовательности
dI1	Приращение тока прямой последовательности
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз A, B, C
Uни	Напряжение между зажимами НИ «разомкнутого треугольника»
Uик	Напряжение между зажимами ИК «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.	Сигнализация о неисправности в цепях напряжения

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

1.2.12.2 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 приведены в таблице 47, определяется особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 69 приведена 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 47 – 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.

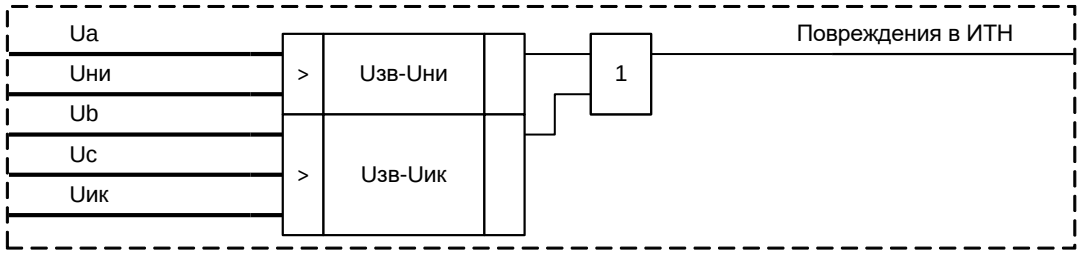


Рисунок 69 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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 трехфазных обрывов, вызванных одновременным срабатыванием автоматов цепи «звезды» и цепи «разомкнутого треугольника».

1.2.12.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 70) 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.

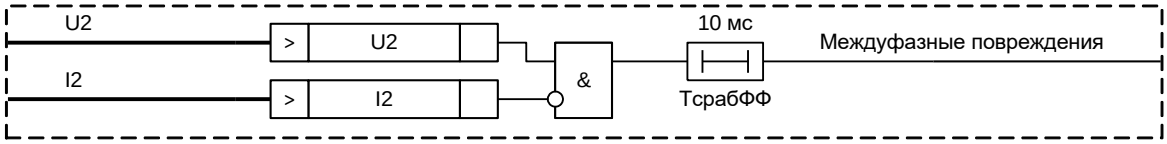


Рисунок 70 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.12.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 71. 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 48.

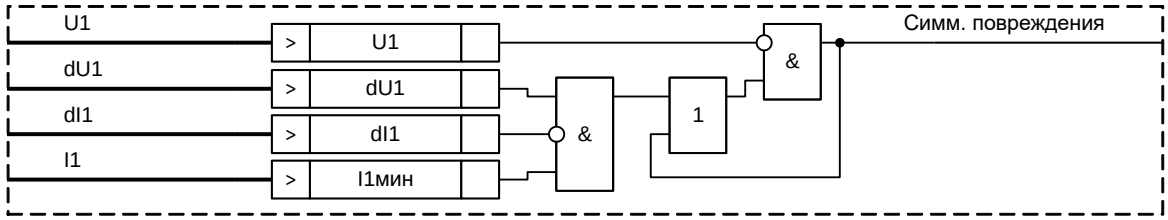


Рисунок 71 – Выявление симметричных повреждений

1.2.12.5 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».

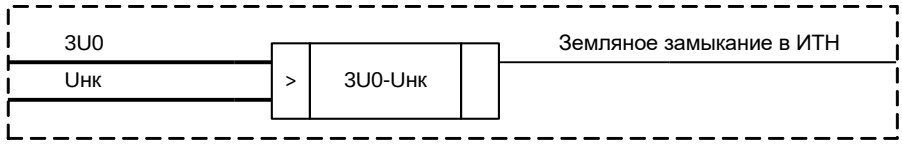


Рисунок 72 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.12.6 На рисунке 73 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**»).

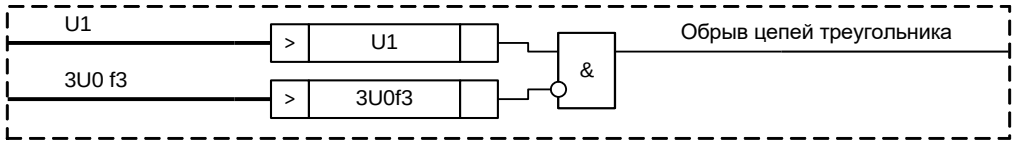


Рисунок 73 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

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

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

По умолчанию данный алгоритм выведен из работы, значение уставки ИО «**3U0f3**» составляет 0 % от $U_{ном}$.

1.2.12.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 74.

Уставка ИО «**I1**» определяет максимальный нагрузочный ток. ИО «**I1мин**» осуществляет контроль протекания тока через выключатель. В том случае, если при включении терминала подводимое напряжение близко к нулю и ток прямой последовательности находится в пределах нагрузочного, происходит срабатывание БНН.

Время, на которое схема вводится в работу, определяется фиксированной уставкой «**ТобрывВкл**», равной 200 мс. Логика определения обрывов при включении введена постоянно (программная накладка зафиксирована в положении «**NобрывВкл**» = 1).

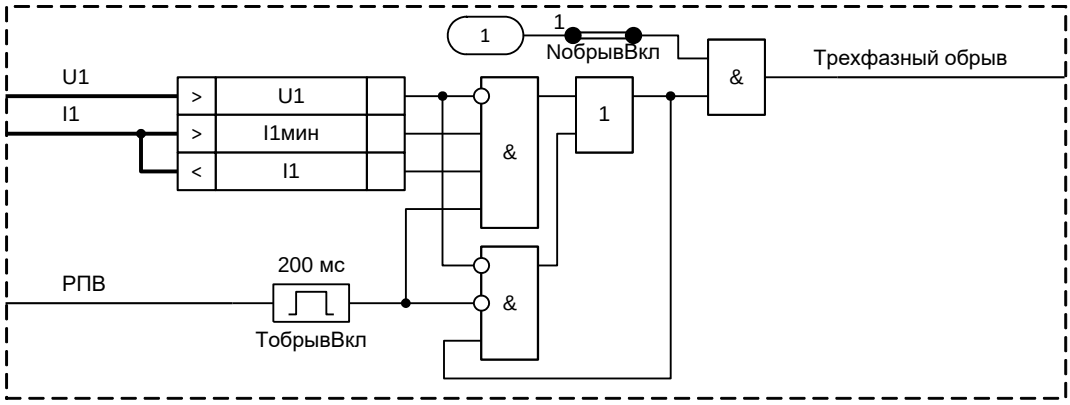


Рисунок 74 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

1.2.12.8 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.

1.2.12.9 Режим работы БНН определяется программной накладкой «**NвводБНН**»:

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

Таблица 48 – Уставки БНН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Разность напряжений нулевой последовательности «звезды» и «разомкнутого треугольника», % от $U_{ф.ном}$	3U0-Uнк	от 6 до 120 (шаг 1)	6
Утроенный ток нулевой последовательности блокирования БНН, % от $I_{ном}$	3I0	–	400
Напряжение обратной последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U2	–	15
Ток обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2	–	12
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U1	–	70

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

1.2.12.10 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.

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

1.2.12.12 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 %.

1.2.12.13 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 %.

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

1.2.12.15 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 $I_{сраб}$).

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

1.2.12.17 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).

1.2.12.18 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.

1.2.13 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН)

1.2.13.1 Принцип работы

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

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

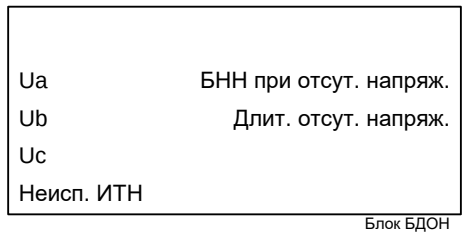


Рисунок 75 – Функциональный блок БДОН

Таблица 49 – Входы и выходы функционального блока БДОН

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

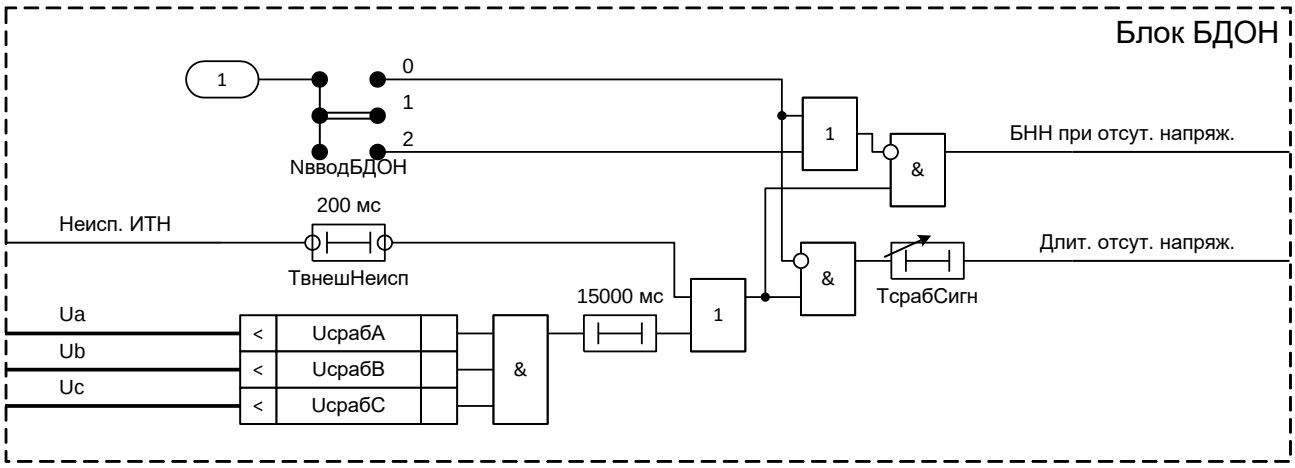


Рисунок 76 – Реализация программного модуля БДОН

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

блокирующий сигнал на ДЗ, общий критерий повреждения и других модулей, использующих эти цепи напряжения.

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

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

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

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 50 – 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

1.2.13.2 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.5.1-1.2.5.6.

1.2.14 Защита от обрыва проводника (ЗОП)

1.2.14.1 Принцип работы

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

Функциональный блок ЗОП приведен на рисунке 77, его реализация приведена на рисунке 78.

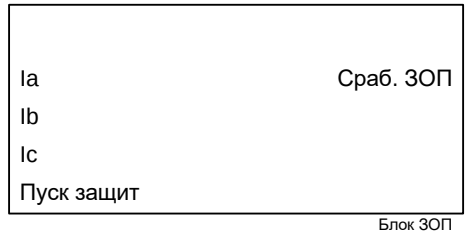


Рисунок 77 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 51 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз A, B, C
Аналоговые выходы	Отсутствуют

Логические входы	
Пуск защит	Пуск защит устройства
Логические выходы	
Сраб. ЗОП	Срабатывание защиты от обрыва проводника

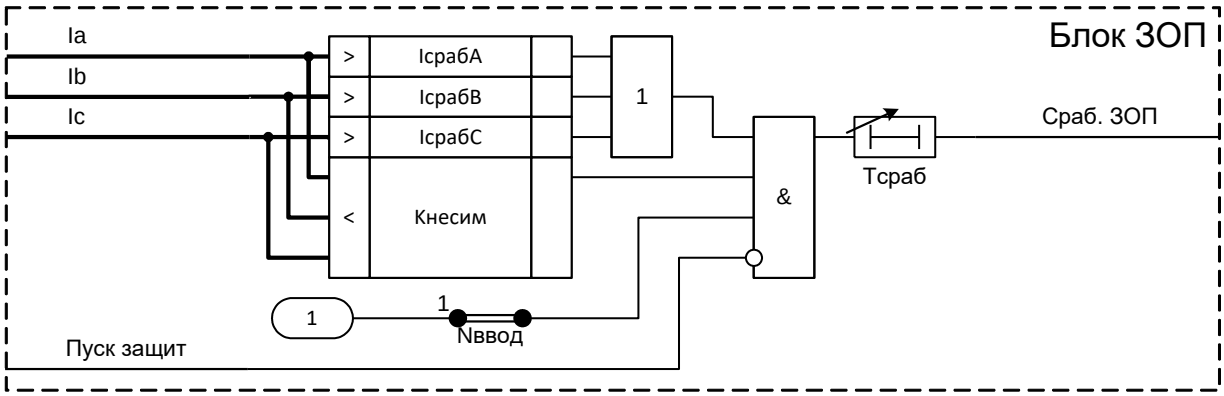


Рисунок 78 – Реализация программного модуля ЗОП

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. Работа ЗОП разрешена только в режимах, сопровождающихся достаточным уровнем максимального тока, обнаруживаемым ИО «**IсрабА**», «**IсрабВ**», «**IсрабС**».

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

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

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

Таблица 52 – Уставки ЗОП

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

1.2.14.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.1.11.2-1.2.1.11.7.

1.2.15 Защиты выключателя

1.2.15.1 Принцип работы

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

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

Функциональный блок защит выключателя приведен на рисунке 79, его реализация приведена на рисунке 80.

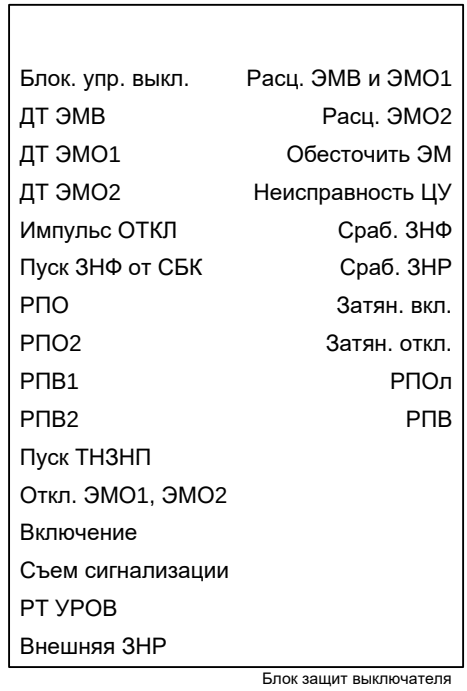


Рисунок 79 – Функциональный блок защит выключателя

Таблица 53 – Входы и выходы функционального блока защиты выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
ДТ ЭМВ	Сигнал датчика тока ЭМВ
ДТ ЭМО1	Сигнал датчика тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Сигнал датчика тока ЭМО2
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. вкл.	Затянутое включение выключателя

Затян. откл.	Затянутое отключение выключателя
РПОл	РПО для контроля ЦУ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя

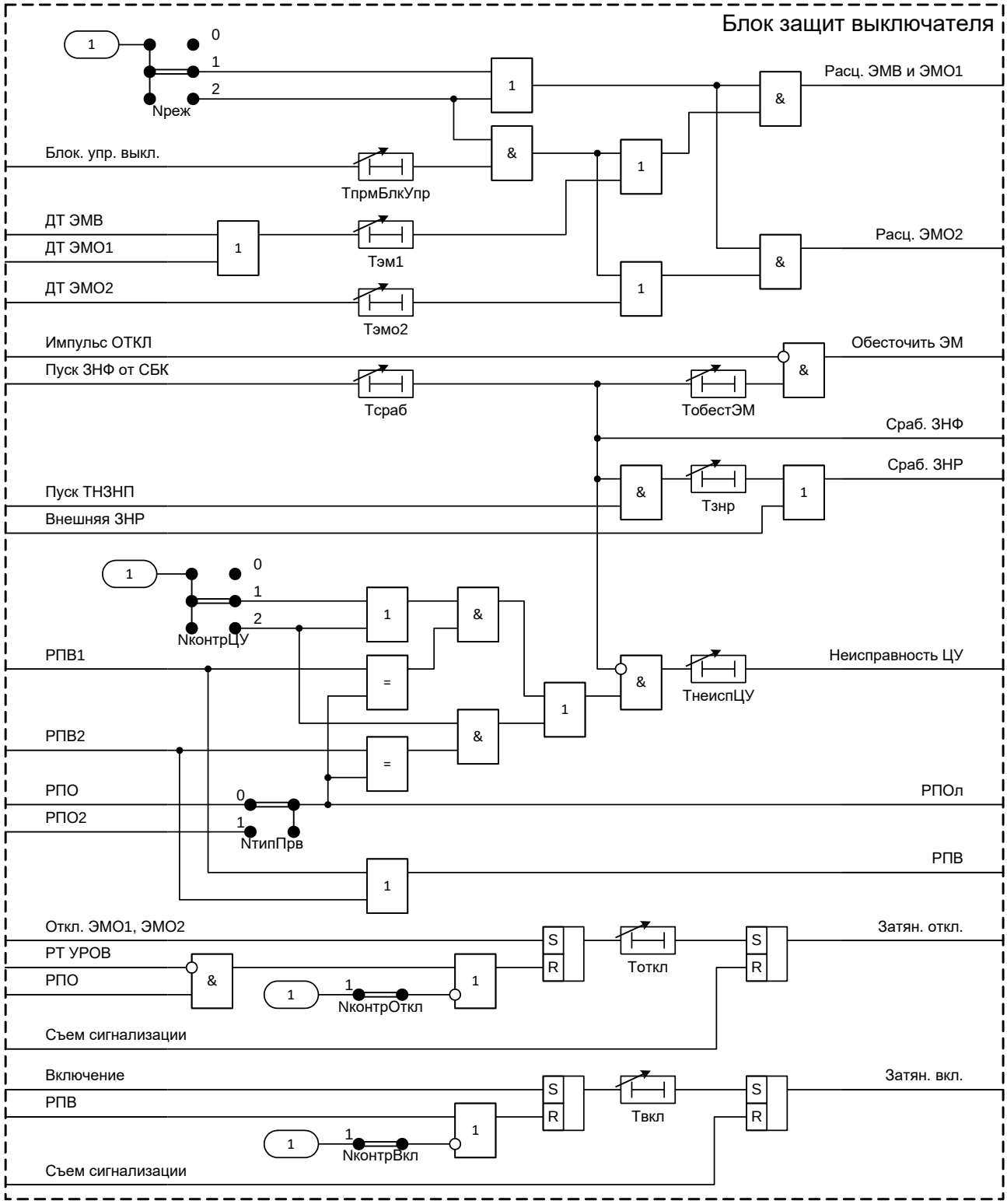


Рисунок 80 – Реализация программного модуля защит выключателя

1.2.15.2 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.

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

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

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

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

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

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

1.2.15.4 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»).

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.

1.2.15.5 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 54 – 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 & РПВ2)	NконтрЦУ	–	1
Тип привода управления выключателем (0 – трёхфазный, 1 – пофазный)	NтипПрв	–	0
Выдержка времени для фиксации неисправности цепей управления выключателем, мс	ТнеиспЦУ	от 200 до 20000 (шаг 1)	2000
Защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока (Защита ЭМО и ЭМВ)			
Режим работы защиты ЭМ от длительного протекания тока (0 – вывод, 1 – контроль тока, 2 – внешние сигналы и контроль тока)	Nреж	–	1
Выдержка времени на прием сигнала о блокировании управления выключателем, мс	ТпрмБлкУпр	от 700 до 20000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени защиты от длительного протекания тока в ЭМО1 и ЭМВ, мс	Тэм1	от 700 до 20000 (шаг 1)	1500
Выдержка времени защиты от длительного протекания тока в ЭМО2, мс	Тэмо2	от 700 до 20000 (шаг 1)	1500
Защита от непереключения фаз и от неполнофазного режима (ЗНФ и ЗНР)			
Выдержка времени защиты от непереключения фаз, мс	Тсраб	от 100 до 20000 (шаг 1)	300

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 ЗНР, мс	Тзнр	от 100 до 20000 (шаг 1)	300
Контроль затягивания отключения и включения выключателя (Контроль затягивания)			
Контроль затягивания отключения (0 – нет, 1 – да)	NконтрОткл	–	0
Контроль затягивания включения (0 – нет, 1 – да)	NконтрВкл	–	0
Время отключения выключателя, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	1000
Время включения выключателя, мс	Твкл	от 50 до 5000 (шаг 1)	1000
Формирование сигналов о неисправности выключателя (Неисп. выключателя)			
Выдержка времени сигнализации неисправности при потере оперативного тока, мс	ТнеиспОТ	от 1000 до 30000 (шаг 1)	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 блокировании включения, мс	ТнеиспБлк	от 500 до 30000 (шаг 1)	1000

1.2.16 Защита от неполнофазного режима (ЗНР)

1.2.16.1 Принцип работы

Устройство может включать ЗНР. Функциональный блок ЗНР приведен на рисунке 81, его реализация приведена на рисунке 82.

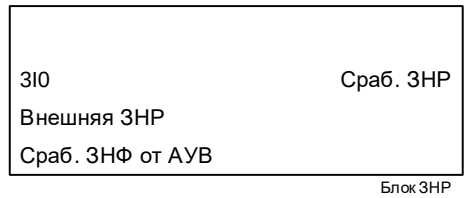


Рисунок 81 – Функциональный блок ЗНР

Таблица 55 – Входы и выходы функционального блока ЗНР

Аналоговые входы	
3I0	Утроенный ток нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Внешняя ЗНР	Работа внешней ЗНР
Сраб. ЗНФ от АУВ	Срабатывание ЗНФ от АУВ
Логические выходы	
Сраб. ЗНР	Срабатывание защиты от неполнофазного режима

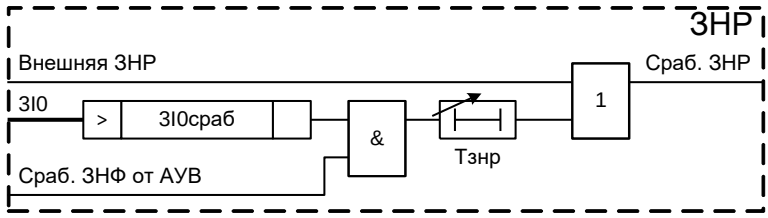


Рисунок 82 – Реализация программного модуля ЗНР

Защита построена с использованием сигнала «Сраб. ЗНФ от АУВ» (пуск защиты от неперключения фаз от автоматики управления выключателем), который появляется при неполнофазном включении выключателя.

ЗНР выполняются только для выключателей с пофазным управлением электромагнитами.

При фиксации сигнала «Сраб. ЗНФ от АУВ» и одновременном срабатывании ИО «**3I0сраб**» формируется сигнал срабатывания защиты от неполнофазного режима «Сраб. ЗНР», действующий на пуск УРОВ с выдержкой времени «**Тзнр**».

Таблица 56 – Уставки ЗНР

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ЗНР, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	5
Выдержка времени на пуск УРОВ от ЗНР, мс	Тзнр	от 100 до 20000 (шаг 1)	300

1.2.16.2 Все точностные параметры ИО тока аналогичны приведенным в 1.2.1.11.2-1.2.1.11.7.

1.2.17 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

1.2.17.1 Принцип работы

Функциональный блок УРОВ приведен на рисунке 83, его реализация приведена на рисунке 84.

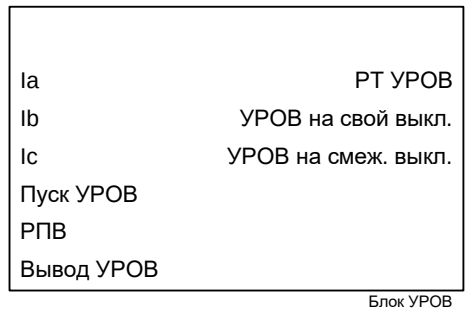


Рисунок 83 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 57 – Входы и выходы функционального блока УРОВ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск УРОВ	Пуск УРОВ при срабатывании защит
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Вывод УРОВ	Вывод УРОВ
Логические выходы	
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на отключение своего выключатель
УРОВ на смеж. выкл.	Действие УРОВ на отключение смежных выключателей

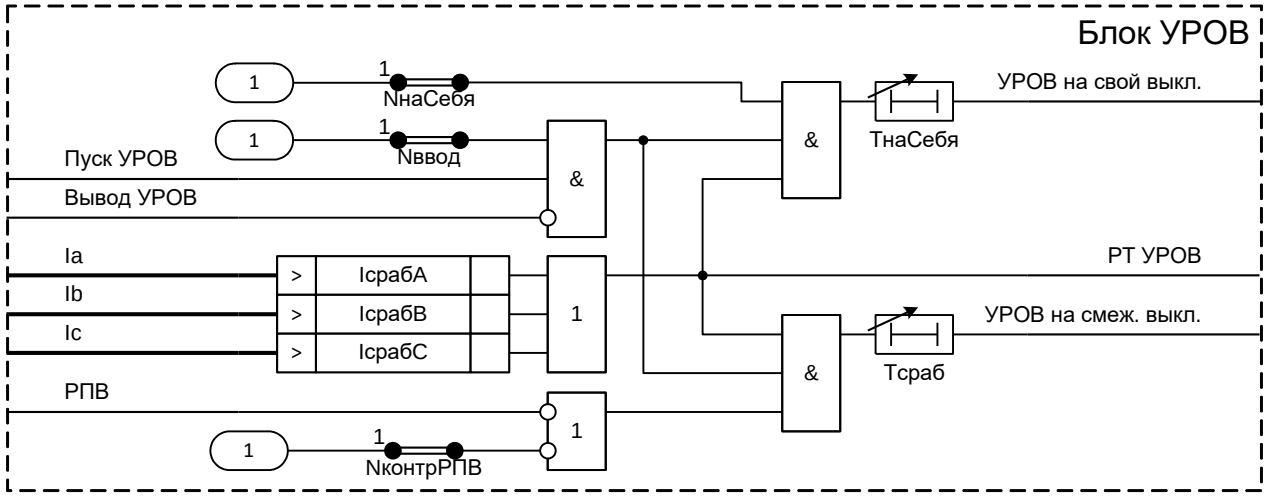


Рисунок 84 – Реализация программного модуля УРОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 58 – Уставки УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Фазный ток УРОВ, % от $I_{ном}$	Iсраб	от 4 до 100 (шаг 1)	10
Работа УРОВ (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	1
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПВ	–	1
Действие УРОВ на свой выключатель (0 – нет, 1 – да)	NнаСебя	–	1
Замедление отключения смежных выключателей, мс	Тсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	500
Замедление повторного отключения своего выключателя, мс	ТнаСебя	от 0 до 30000 (шаг 1)	500

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

1.2.17.3 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.

1.2.17.4 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.

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

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

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

1.2.17.8 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 $I_{ном}$.

1.2.18 Защита от понижения напряжения (ЗМН)

1.2.18.1 Принцип работы

В устройстве может быть выполнена одноступенчатая защита от понижения напряжения, содержащая три ИО минимального напряжения («**Ua**», «**Ub**», «**Uc**»), включенных на фазное напряжение и объединенных по схеме «И». При снижении напряжения на секции (системе) шин защита формирует сигнал на отключение вводного выключателя.

Функциональный блок ЗМН приведен на рисунке 85, его реализация приведена на рисунке 86.

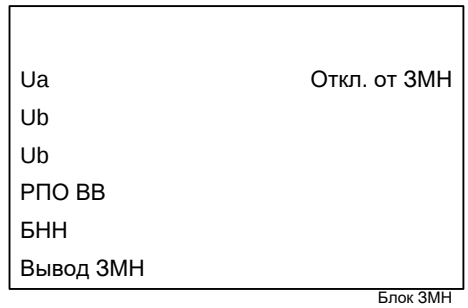


Рисунок 85 – Функциональный блок ЗМН

Таблица 59 – Входы и выходы функционального блока ЗМН

Аналоговые входы	
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО ВВ	Сигнал отключенного положения выключателя ввода
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях в цепях напряжения
Вывод ЗМН	Вывод ЗМН
Логические выходы	
Откл. от ЗМН	Отключение от ЗМН выключателя ввода

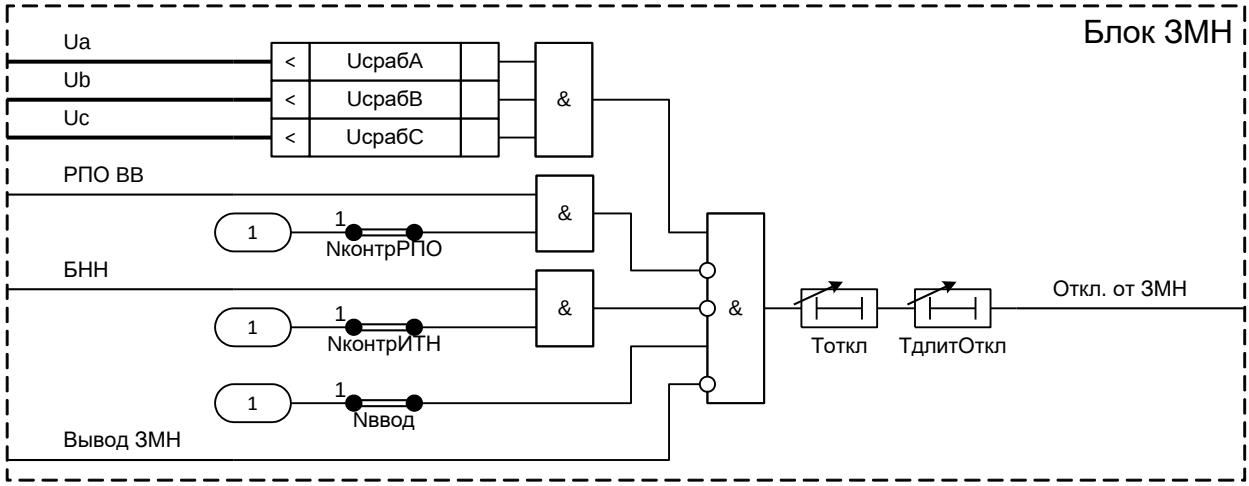


Рисунок 86 – Реализация программного модуля ЗМН

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

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

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

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

Защита от понижения напряжения может быть выведена из работы сигналом «Вывод ЗМН».

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

Таблица 60 – Уставки ЗМН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания ЗМН, % от $U_{ф.ном}$	Uсраб	от 5 до 100 (шаг 1)	50
Контроль исправности ИТН (0 – нет, 1 – да)	NконтрИТН	–	1
Контроль РПО вводного выключателя (0 – нет, 1 – да)	NконтрРПО	–	1
Работа ЗМН (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС логики ЗМН, мс	Тоткл	от 1 до 30000 (шаг 1)	100
Длительность отключающего сигнала ЗМН, мс	ТдлитОткл	от 1 до 30000 (шаг 1)	500

1.2.18.2 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.10.2-1.2.10.7.

1.2.18.3 Делительная автоматика (ДА)

1.2.18.4 Принцип работы

В устройстве выполнена ДА, предназначенная для разделения ЛЭП с целью последующего выделения поврежденного участка. При снижении напряжении на обеих секциях шин и включенном состоянии секционного выключателя защита действует на его отключение.

Функциональный блок ДА приведен на рисунке 87, его реализация приведена на рисунке 88.

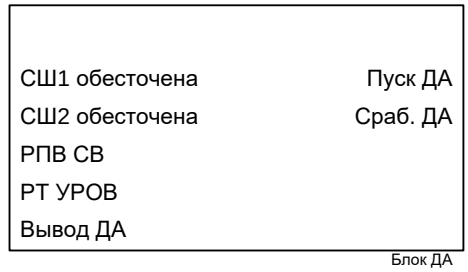


Рисунок 87 – Функциональный блок ДА

Таблица 61 – Входы и выходы функционального блока ДА

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
СШ1 обесточена	Напряжение на шинах СШ1 отсутствует
СШ2 обесточена	Напряжение на шинах СШ2 отсутствует
РПВ СВ	Сигнал включенного положения секционного выключателя
РТ УРОВ	Срабатывание ИО тока УРОВ
Вывод ДА	Вывод ДА
Логические выходы	
Пуск ДА	Пуск ДА
Сраб. ДА	Срабатывание ДА

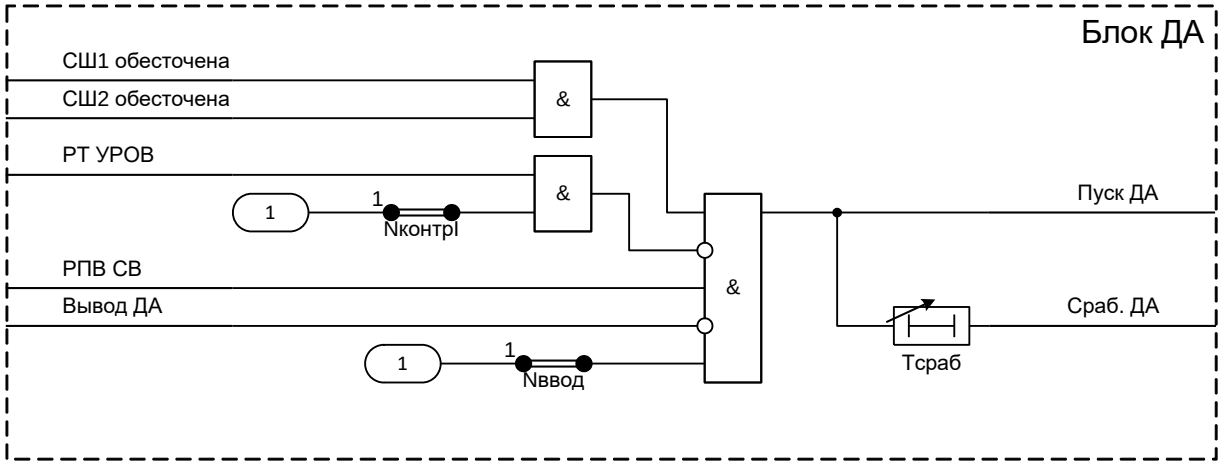


Рисунок 88 – Реализация программного модуля ДА

Сигнал пуска ДА формируется, если СВ включен и отсутствуют напряжения на первой и второй систем шин.

Пример организации ДА приведен на рисунке 89. При КЗ, например, на линии ВЛ1 линии ВЛ1 и ВЛ2 отключаются с двух сторон выключателями В1 и В2. Напряжение на обеих секциях исчезает, срабатывает ДА и отключает выключатель СВ.

Происходит АПВ ВЛ1 и ВЛ2 с питающих концов. Если КЗ на линии ВЛ1 устойчивое, то АПВ будет неуспешным и линия будет отключена, линия ВЛ2 запитает подстанцию. Если КЗ неустойчивое, то на обеих секциях напряжение будет восстановлено и схема может быть возвращена в исходное состояние.

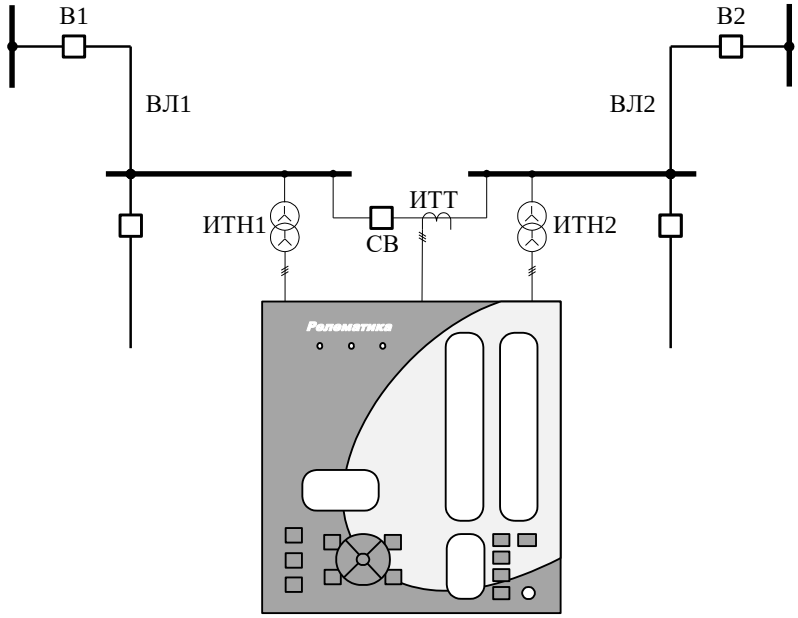


Рисунок 89 – Пример организации ДА

Выдержка времени на срабатывание делительной автоматики определяется уставкой «**Тсраб**».

Контроль отсутствия тока через секционный выключатель (сигнал «РТ УРОВ») при пуске ДА может быть введен при помощи накладки «**NконтрI**».

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

Делительная автоматика может быть выведена из работы внешним сигналом «Вывод ДА».

Таблица 62 – Уставки ДА

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль протекания тока через секционный выключатель (0 – нет, 1 – да)	NконтрI	–	1
Работа модуля ДА (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС логики ДА, мс	Тсраб	от 1 до 30000 (шаг 1)	100

1.2.19 Автоматика включения резерва (АВР)

1.2.19.1 Принцип работы

В устройстве выполнено АВР секции шин. Описание блока приведено на основе АВР первой секции шин.

Функциональный блок АВР приведен на рисунке 90, его реализация приведена на рисунке 91.

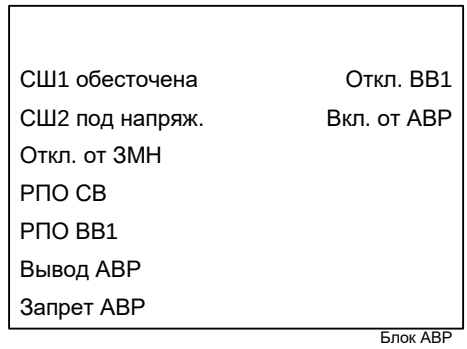


Рисунок 90 – Функциональный блок АВР

Таблица 63 – Входы и выходы функционального блока АВР

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
СШ1 обесточена	Напряжение на шинах СШ1 отсутствует
СШ2 под напряж.	СШ2 под напряжением
Откл. от ЗМН	Отключение от ЗМН выключателя ввода
РПО СВ	Сигнал отключенного положения секционного выключателя
РПО ВВ1	Сигнал отключенного положения выключателя ввода
Вывод АВР	Вывод АВР
Запрет АВР	Запрет АВР
Логические выходы	
Откл. ВВ1	Отключение от АВР выключателя ввода
Вкл. от АВР	Включение выключателя от АВР

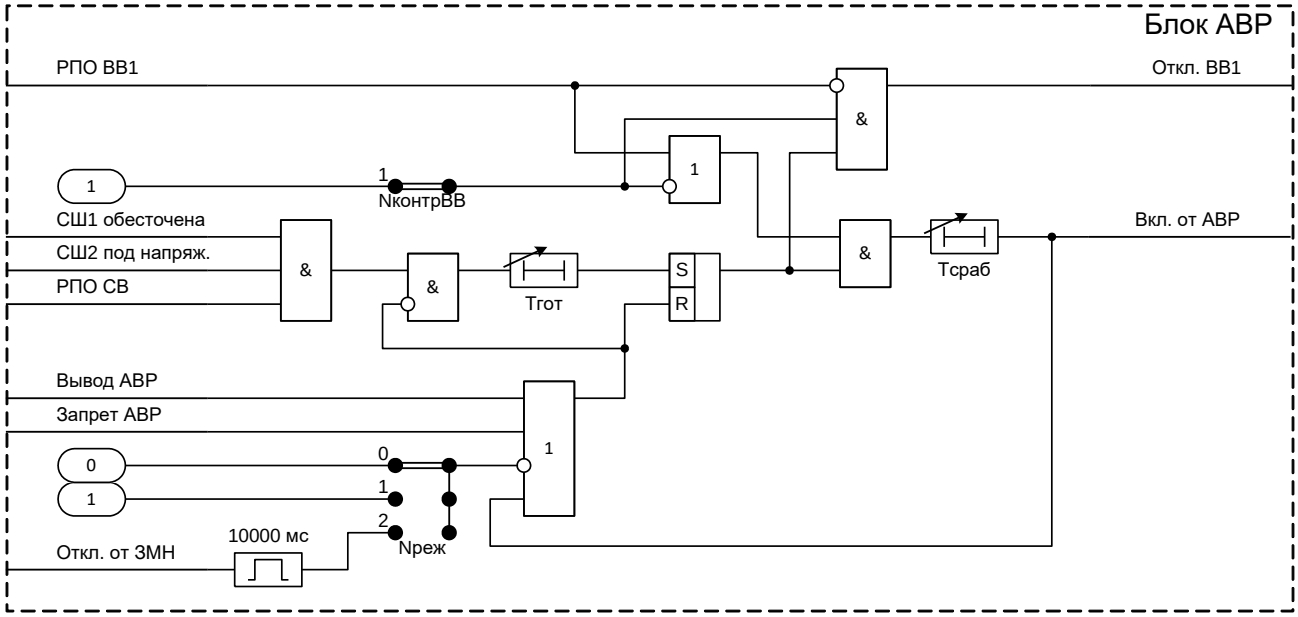


Рисунок 91 – Реализация программного модуля АВР

Пуск АВР первой секции шин осуществляется при отключенном положении СВ, отсутствии напряжения на первой секции шин и наличии симметричного напряжения на другой. При формировании сигнала пуска АВР и отсутствии сигнала блокировки (запрета) АВР обеспечивается однократный импульсный сигнал «Вкл. от АВР» на включение секционного выключателя.

Режим работы АВР задается при помощи накладки «**Nреж**».

Выдержкой времени «**Тгот**» задается время готовности АВР. Выдержка времени «**Тсраб**» задает длительность цикла АВР.

Контроль отключенного положения вводного выключателя (сигнал «РПО ВВ1») при включении секционного выключателя от АВР может быть введен при помощи накладки «**NконтрВВ**».

При готовности АВР и включенном положении вводного выключателя подаётся команда на его отключение «Откл. ВВ1». После отключения вводного выключателя формируется команда на включение СВ от АВР.

Сигнал о запрете АВР формируется при действии на отключение токовых защит, УРОВ, при формировании запрета от внешних устройств, включенном положении секционного выключателя, отсутствии готовности привода выключателя, при оперативном отключении выключателя (от ключа управления или по каналам телеуправления).

Таблица 64 – Уставки АВР

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль отключенного положения вводного выключателя (0 – нет, 1 – да)	NконтрВВ	–	0
Режим работы АВР (0 – вывод, 1 – пост. ввод, 2 – при откл. от ЗМН)	Nреж	–	0
Время готовности АВР, мс	Тгот	от 200 до 32000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени АВР, мс	Тсраб	от 200 до 3000000 (шаг 1)	10000

1.2.20 Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

1.2.20.1 Принцип работы

АЧР, реализованная в устройствах защиты, содержит одну очередь трехступенчатой АЧР. В зависимости от проекта количество очередей АЧР может быть увеличено.

Функциональный блок АЧР приведен на рисунке 92, его реализация приведена на рисунке 93.

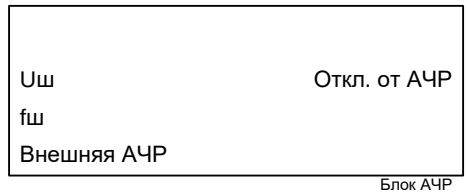


Рисунок 92 – Функциональный блок АЧР

Таблица 65 – Входы и выходы функционального блока АЧР

Аналоговые входы	Отсутствуют
Uш	Напряжение на шине
fш	Частота шины
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Внешняя АЧР	Отключение от внешнего АЧР
Логические выходы	
Откл. от АЧР	Отключение от АЧР

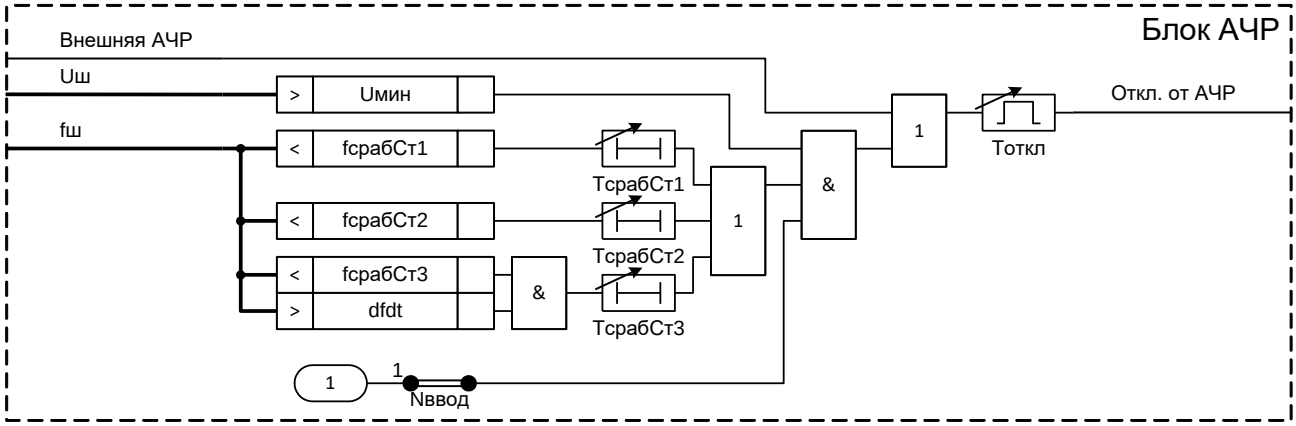


Рисунок 93 – Реализация программного модуля АЧР

Первая и вторая ступени АЧР реализуются двумя ИО частоты «**fсрабСт1**», «**fсрабСт2**». Третья ступень АЧР, помимо уровня частоты («**fсрабСт3**»), контролирует скорость ее изменения («**dfdt**»).

При срабатывании ступени АЧР подается команда на отключение выключателя (своего присоединения или другого выключателя).

При появлении внешнего сигнала «Внешняя АЧР» (например, если на подстанции предусмотрено отдельное устройство АЧР) так же, как и при действии собственного функционального модуля АЧР, формируется сигнал на отключение выключателя.

Для исключения ложной работы АЧР контролируется уровень напряжения на шинах («**Uмин**»).

Выдержки времени «**ТсрабСт1**», «**ТсрабСт2**», «**ТсрабСт3**» определяют время срабатывания первой, второй и третьей ступеней АЧР. Длительность импульса на отключение выключателя задается уставкой «**Тоткл**».

АЧР может вводиться в работу при помощи программной накладки «**Nввод**».

Таблица 66 – Уставки АЧР

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение работы АЧР, % от $U_{ф.ном}$	Uмин	от 20 до 100 (шаг 1)	40
Частота срабатывания первой ступени АЧР, Гц	fсрабСт1	от 40 до 50 (шаг 0,1)	48,5
Частота срабатывания второй ступени АЧР, Гц	fсрабСт2	от 40 до 50 (шаг 0,1)	49,2
Частота срабатывания третьей ступени АЧР, Гц	fсрабСт3	от 40 до 50 (шаг 0,1)	47,5
Скорость изменения частоты для работы третьей ступени АЧР, Гц/с	dfdt	от -5 до -0,5 (шаг 0,1)	-0,7
Работа АЧР (0 – нет, 1 – да)	Nввод	–	0
ВВС первой ступени АЧР, мс	ТсрабСт1	от 100 до 3000000 (шаг 1)	5000
ВВС второй ступени АЧР, мс	ТсрабСт2	от 100 до 3000000 (шаг 1)	10000
ВВС третьей ступени АЧР, мс	ТсрабСт3	от 100 до 3000000 (шаг 1)	1000
Длительность импульса на отключение выключателя, мс	Тоткл	от 50 до 30000 (шаг 1)	200

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

1.2.20.3 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.

1.2.20.4 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.

1.2.20.5 Коэффициент возврата ИО напряжения не менее 0,9 для максимальных ИО.

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

1.2.20.7 Время возврата максимальных ИО напряжения не превышает 30 мс при сбросе напряжения от 3 $U_{сраб}$ до нуля.

1.2.20.8 Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО частоты не превышает ±0,02 Гц.

1.2.20.9 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО 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.

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

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

1.2.20.12 Время срабатывания максимальных ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, не превышает 120 мс при изменении скорости изменения частоты от нуля до 3 $f_{срab}$.

1.2.20.13 Время возврата максимальных ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, не превышает 135 мс при изменении скорости изменения частоты от 3 $f_{срab}$ до нуля.

1.2.21 Автоматика управления выключателем (АУВ)

1.2.21.1 Контроль синхронизма и фазирование (КСиФ)

1.2.21.1.1 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 96. 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 94, его реализация приведена на рисунке 95. Сигнал разрешения включения формируется при появлении разрешающего сигнала от модулей КС, фазирования или контроля напряжения на присоединении и шинах.

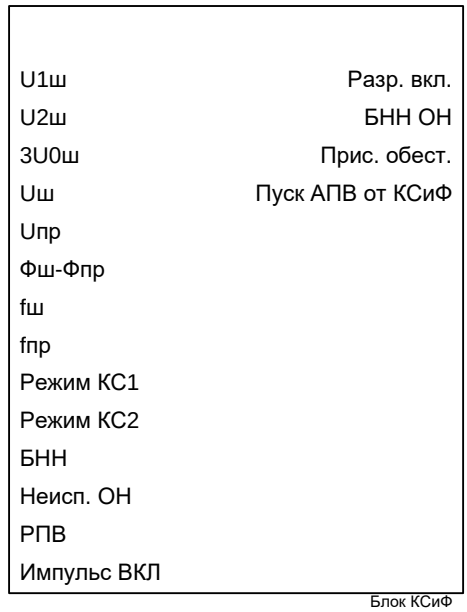


Рисунок 94 – Функциональный блок КСиФ

Таблица 67 – 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

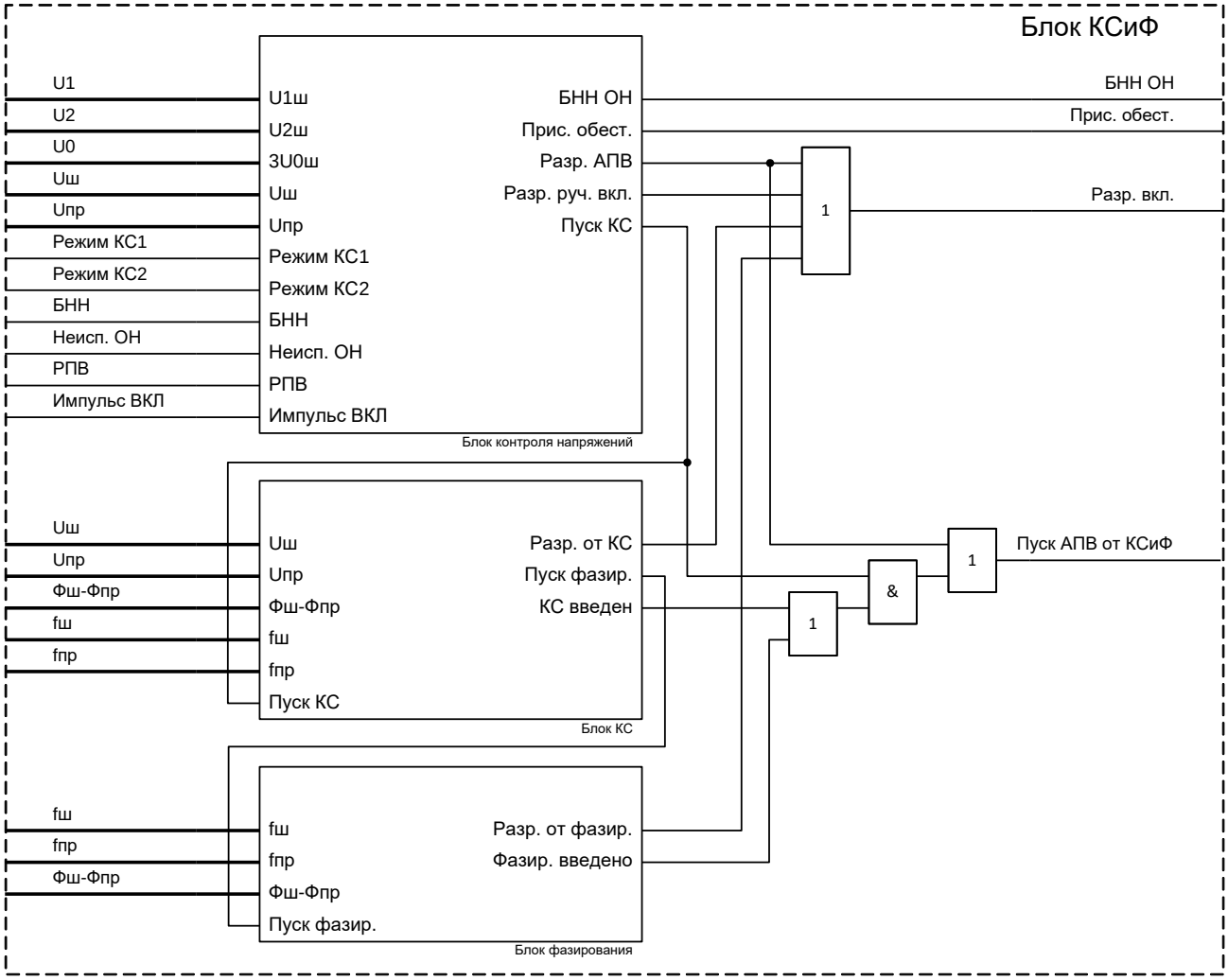


Рисунок 95 – Реализация программного модуля КСиФ

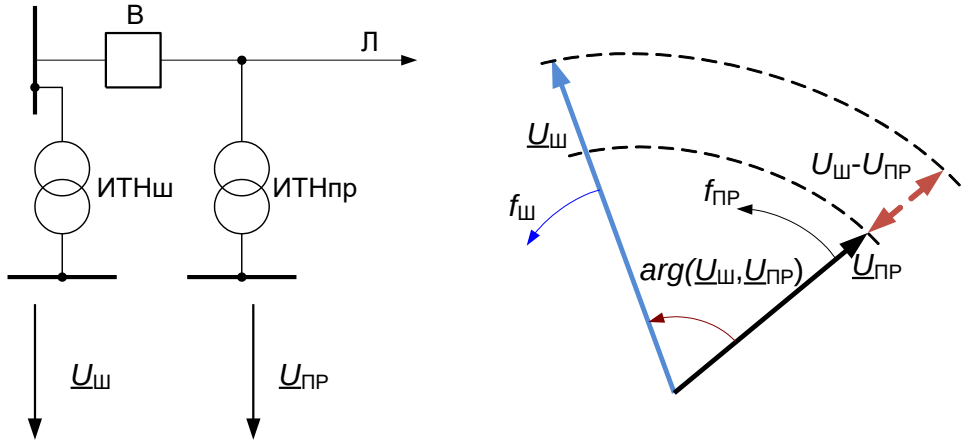


Рисунок 96 – Работа блока КСиФ

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 $\underline{I}_{ШОН}$ (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 68 – 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

1.2.21.1.2 Контроль напряжений

1.2.21.1.2.1 Принцип работы

Функциональный блок контроля напряжения приведен на рисунке 97, его реализация приведена на рисунке 98.

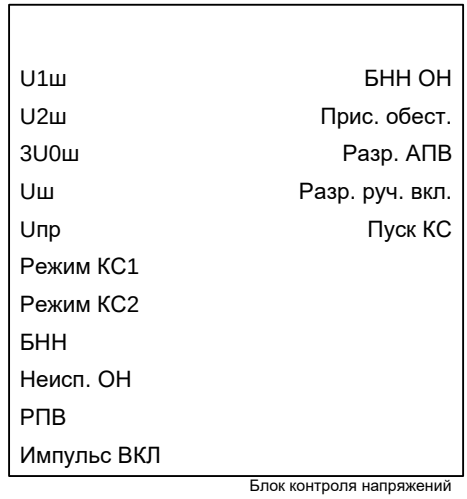


Рисунок 97 – Функциональный блок контроля напряжений

Таблица 69 – 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

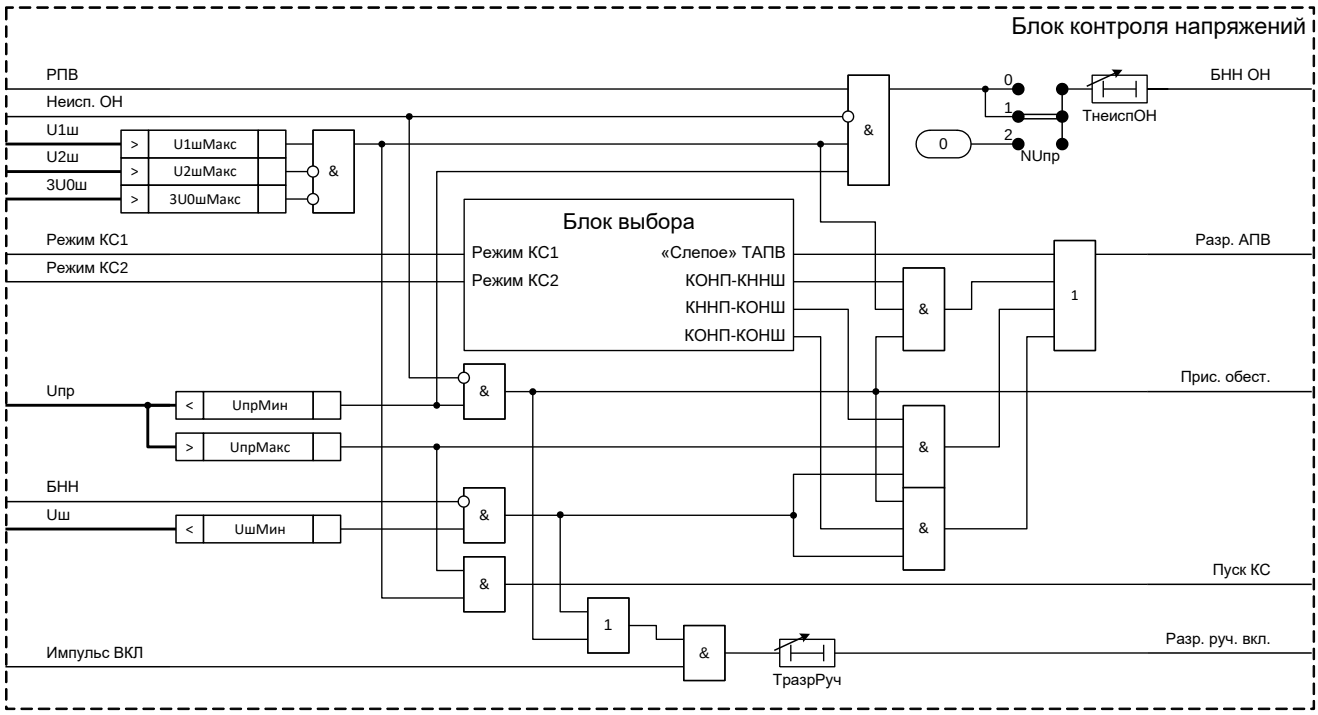


Рисунок 98 – Реализация программного модуля контроля напряжения

Режим контроля напряжений определяется положением ключа «Режим АПВ», который формирует сигналы «Режим КС1» и «Режим КС2». На основании этих сигналов в соответствии с таблицей 70 выбирается номер активной программной накладки.

Каждая из программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**», «**NрежТАПВ4**» задает режим АПВ; расшифровка их значений приведена в таблице 71. Функция контроля и улавливания синхронизма действует независимо от значений программных накладок «**NрежТАПВ1**», «**NрежТАПВ2**», «**NрежТАПВ3**» и «**NрежТАПВ4**», так как позволяет производить безударное включение присоединения.

Таблица 70 – 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 71 – 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 72 – 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

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

1.2.21.1.2.2 Все точностные параметры ИО напряжения аналогичны приведенным в 1.2.5.1-1.2.5.6.

1.2.21.1.3 Контроль синхронизма (КС)

1.2.21.1.3.1 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 99, его реализация приведена на рисунке 100.

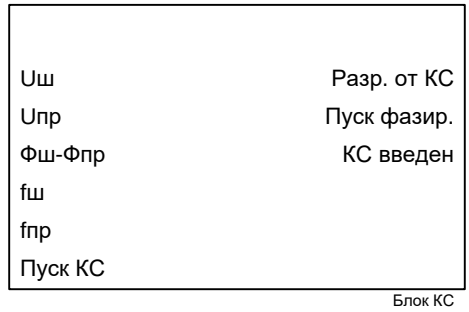


Рисунок 99 – Функциональный блок КС

Таблица 73 – 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

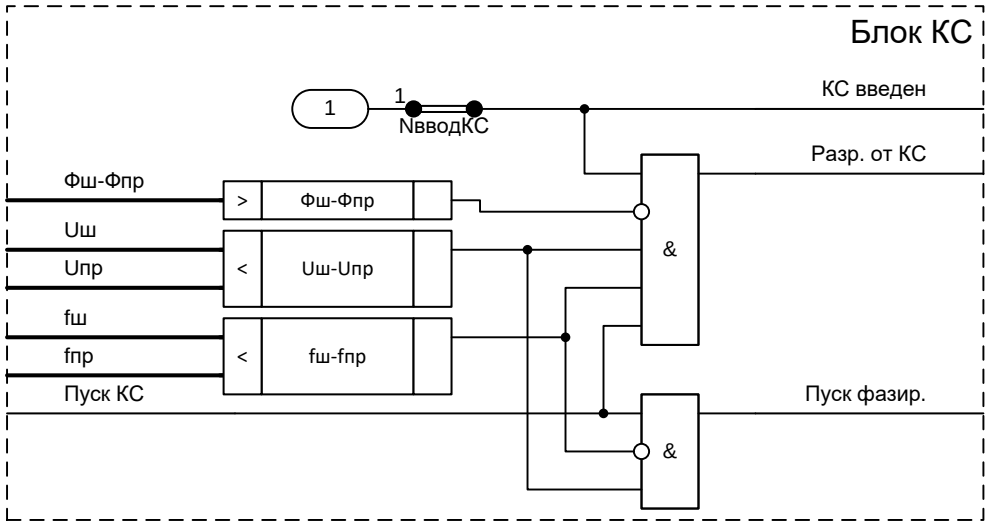


Рисунок 100 – Реализация программного модуля КС

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 74 – 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

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

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

1.2.21.1.3.4 Прочие точностные параметры ИО «**Uш-Uпр**» аналогичны приведенным в 1.2.10.2-1.2.10.5.

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

1.2.21.1.3.6 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.

1.2.21.1.3.7 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.

1.2.21.1.3.8 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.

1.2.21.1.3.9 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.

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

1.2.21.1.3.11 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.

1.2.21.1.3.12 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 $df_{уст}$.

1.2.21.1.3.13 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.

1.2.21.1.4 Фазирование (улавливание синхронизма)

1.2.21.1.4.1 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 101, его реализация приведена на рисунке 102.

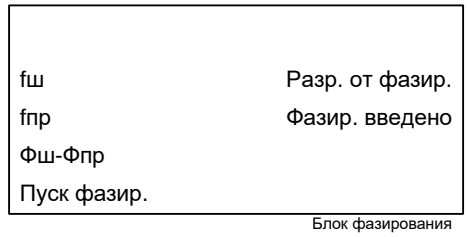


Рисунок 101 – Функциональный блок фазирования

Таблица 75 – 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

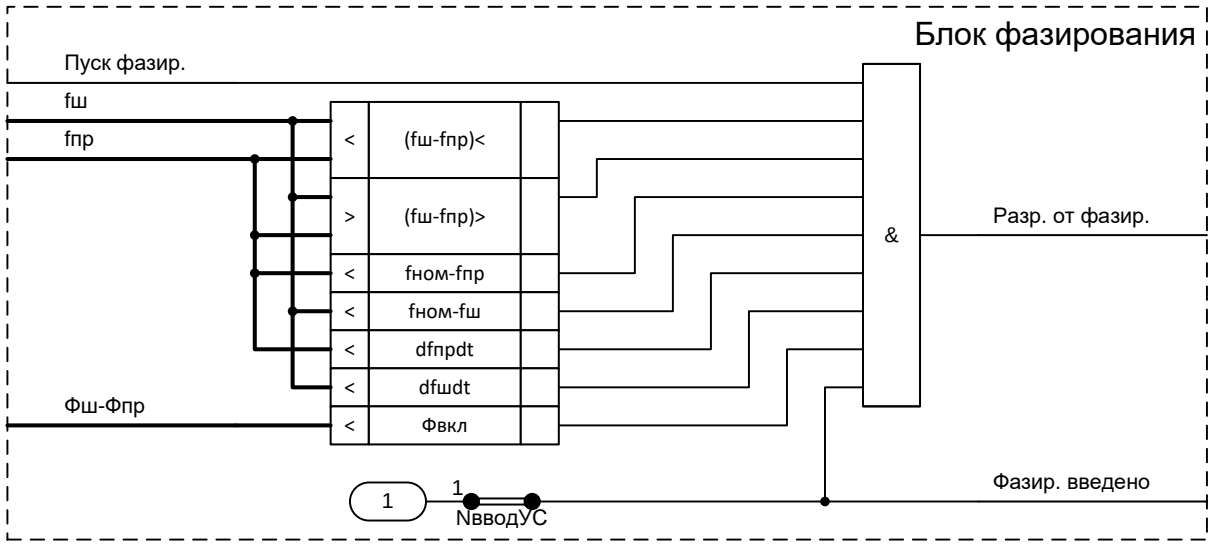


Рисунок 102 – Реализация программного модуля фазирования

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 76 – 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

1.2.21.1.4.2 Все точностные параметры ИО, реагирующих на отклонение частоты, аналогичны приведенным в 1.2.21.1.3.10, 1.2.21.1.3.11.

1.2.21.1.4.3 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 $df_{уст}$.

1.2.21.1.4.4 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.

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

1.2.21.1.4.6 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.

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

1.2.21.1.4.8 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.

1.2.21.2 Трехфазное автоматическое повторное включение (ТАПВ)

1.2.21.2.1.1 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 103, 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.

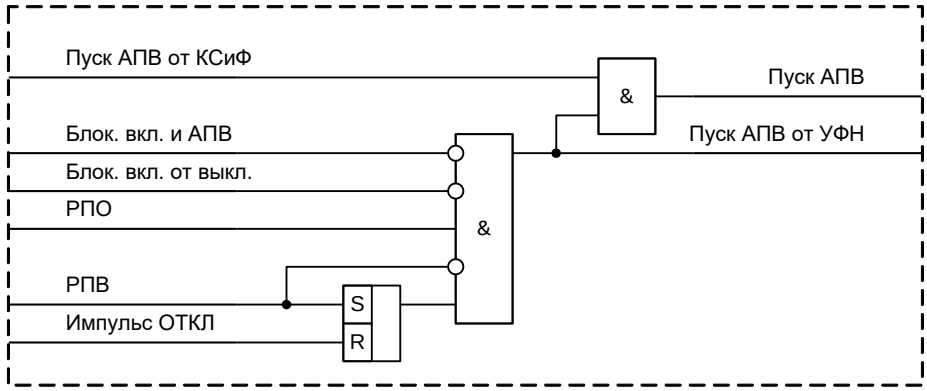


Рисунок 103 – Узел фиксации положения выключателя и фиксации несоответствия

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**».

1.2.21.2.2 ТАПВ присоединения

1.2.21.2.2.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ присоединения приведен на рисунке 104.

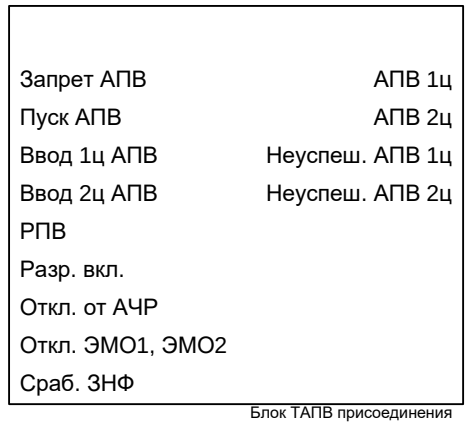


Рисунок 104 – Функциональный блок ТАПВ присоединения

Таблица 77 – 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 78 – 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

1.2.21.2.3 ТАПВ шин

1.2.21.2.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ТАПВ шин приведен на рисунке 105.

Рисунок 105 – Функциональный блок ТАПВ шин

Таблица 79 – 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 80 – 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

1.2.21.2.4 ЧАПВ

1.2.21.2.4.1 Принцип работы

Функциональный блок ЧАПВ приведен на рисунке 106.

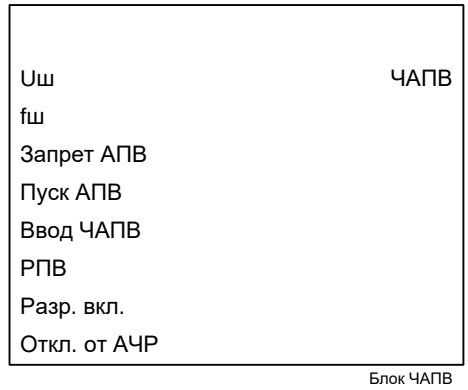


Рисунок 106 – Функциональный блок ЧАПВ

Таблица 81 – 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 82 – 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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени ЧАПВ, мс	Тсраб	от 500 до 3000000 (шаг 1)	1000

1.2.21.3 Модуль включения выключателя (Модуль включения)

1.2.21.3.1 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 107, его реализация приведена на рисунке 108.

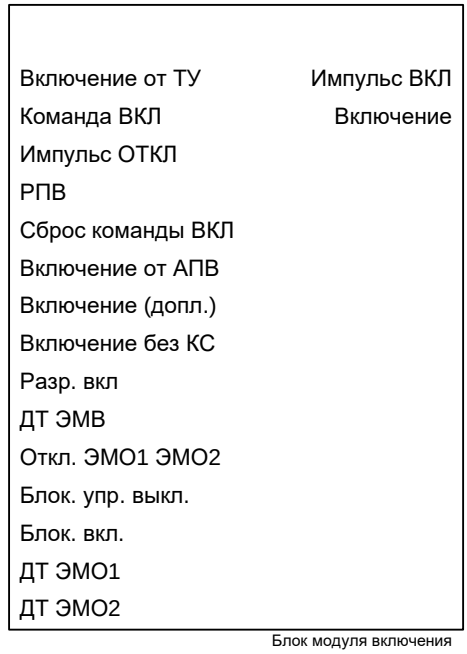


Рисунок 107 – Функциональный блок модуля включения выключателя

Таблица 83 – 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

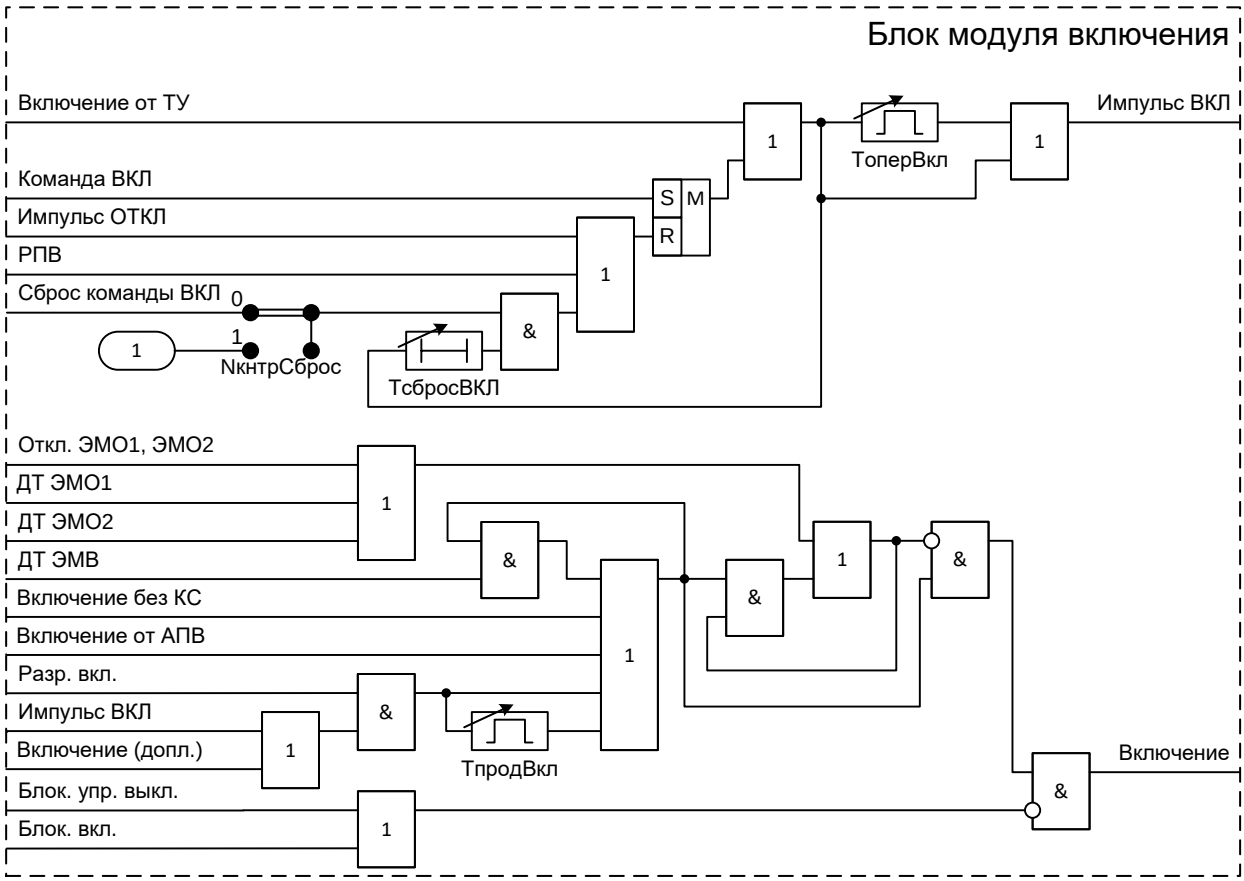


Рисунок 108 – Реализация программного модуля включения выключателя

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 68.

Таблица 84 – 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

1.2.22 Модуль отключения выключателя (Модуль отключения)

1.2.22.1 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 109, его реализация приведена на рисунке 110.

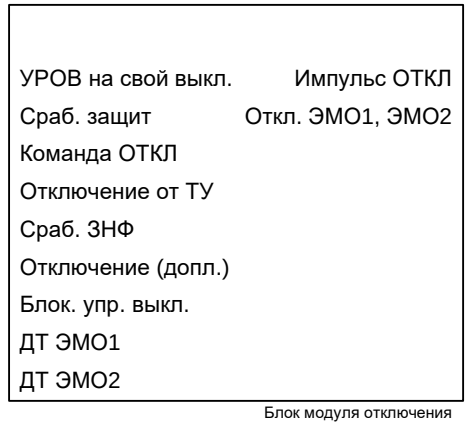


Рисунок 109 – Функциональный блок модуля отключения выключателя

Таблица 85 – Входы и выходы функционального блока модуля отключения выключателя

Аналоговые входы	Отсутствуют
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
УРОВ на свой выкл.	Действие УРОВ на свой выключатель
Сраб. защит	Срабатывание защит устройства
Команда ОТКЛ	Отключение выключателя от ключа управления
Отключение от ТУ	Отключение выключателя от телеуправления
Сраб. ЗНФ	Срабатывание защиты от непереключения фаз
Отключение (допл.)	Дополнительный сигнал отключения выключателя
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
ДТ ЭМО1	Сигнал датчика тока ЭМО1

ДТ ЭМО2	Сигнал датчика тока ЭМО2
Логические выходы	
Импульс ОТКЛ	Отключение выключателя от КУ и телеуправления
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя

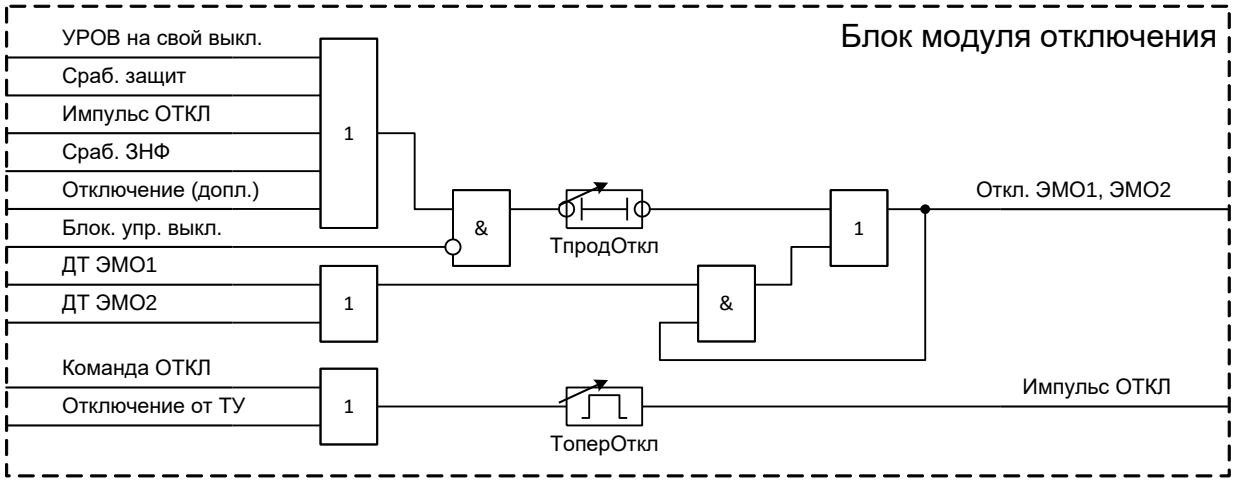


Рисунок 110 – Реализация программного модуля отключения выключателя

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 86 – 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

1.2.23 Узел фиксации положения выключателя (УФПВ)

1.2.23.1 Принцип работы

Функциональный блок УФПВ приведен на рисунке 111. его реализация приведена на рисунке 112.

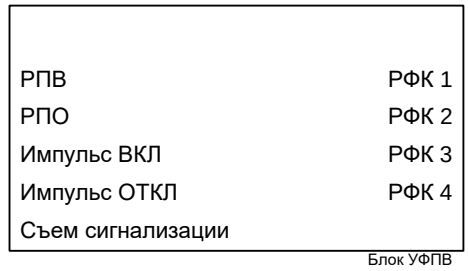


Рисунок 111 – Функциональный блок УФПВ

Таблица 87 – 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».

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».

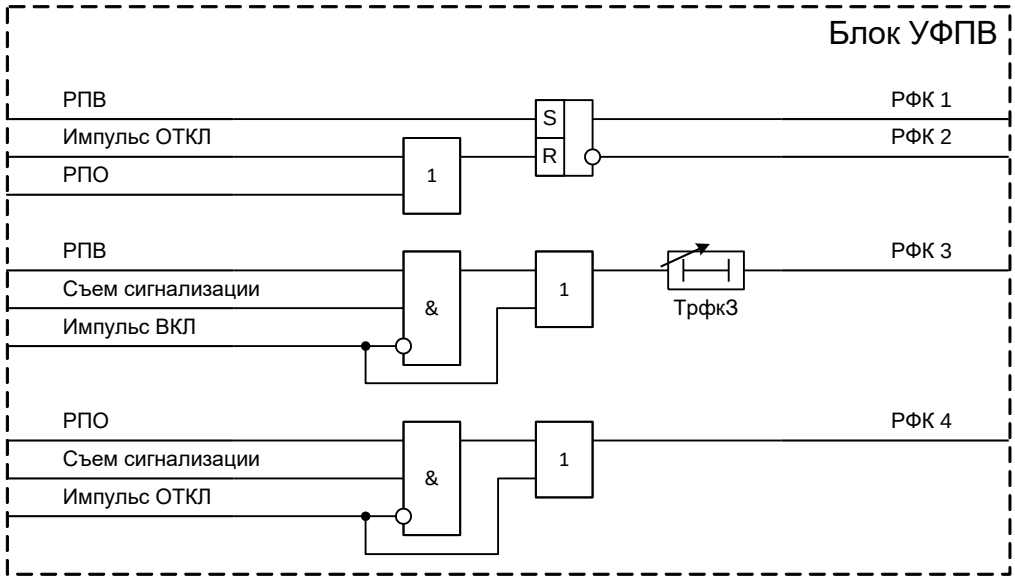


Рисунок 112 – Реализация программного модуля УФПВ

Таблица 88 – Уставки УФПВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на формирование сигнала «РФК3», мс	Трфк3	от 5 до 1000 (шаг 1)	500

1.2.24 Модуль контроля ресурса выключателя (МКРВ)

1.2.24.1 Принцип работы

Функциональный блок МКРВ приведен на рисунке 113.

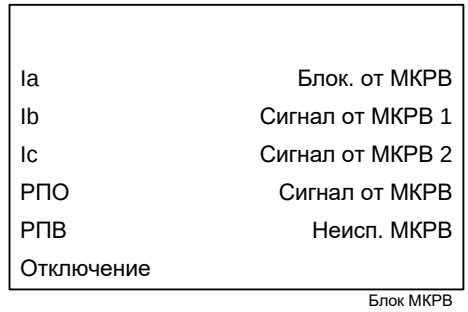


Рисунок 113 – Функциональный блок МКРВ

Таблица 89 – Входы и выходы функционального блока МКРВ

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Отключение	Отключение выключателя
Логические выходы	
Блок. от МКРВ	Блокировка включения от МКРВ
Сигнал от МКРВ1	Сигнал от МКРВ 1
Сигнал от МКРВ2	Сигнал от МКРВ 2
Сигнал от МКРВ	Сигнал от МКРВ
Неисп. МКРВ	Неисправность МКРВ

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

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

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

В соответствии с ГОСТ 18397-86:

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

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

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

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

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

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

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

1.2.24.2 Контроль механического ресурса выключателя (Контроль МРВ)

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

Пороговое число циклов определяется документацией на конкретный выключатель. Для масляных выключателей 110-220 кВ количество циклов механической стойкости составляет не менее 10000. Оно может быть обеспечено при:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.24.3 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 114), так и двумя точками (рисунок 115) 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.

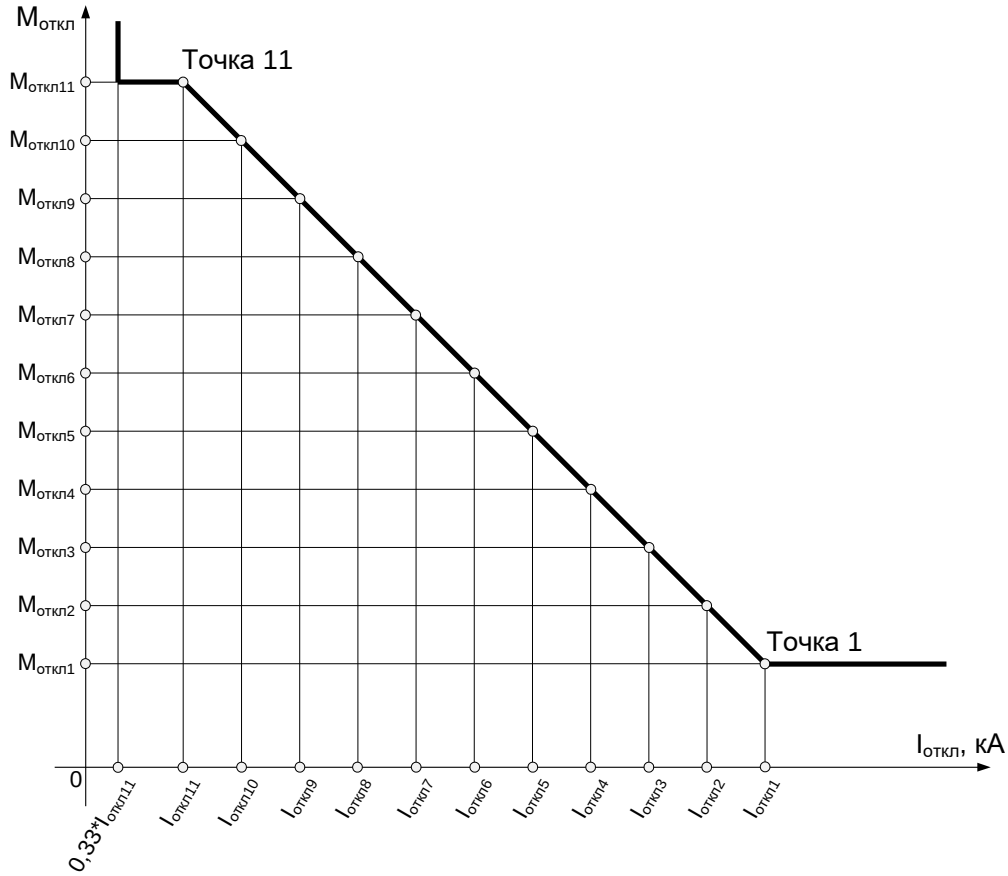


Рисунок 114 – Характеристика КРВ, задаваемая одиннадцатью точками

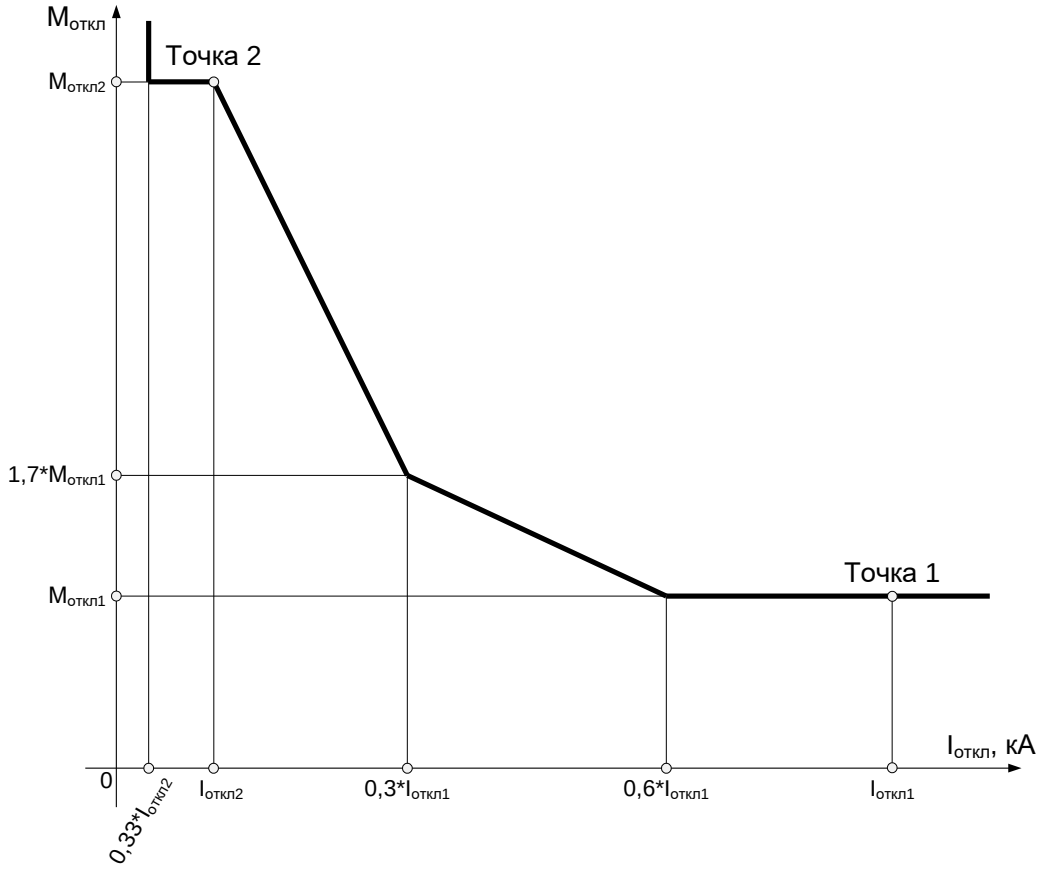


Рисунок 115 – Характеристика КРВ, задаваемая двумя точками

Характеристика, изображенная на рисунке 115, задается следующими уставками: «**Iоткл1**» – номинальный ток отключения выключателя, кА; «**Iоткл2**» – номинальный ток выключателя, кА; «**Моткл1**» – допустимое количество циклов при номинальном токе отключения; «**Моткл2**» – количество циклов при номинальном токе выключателя.

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

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

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

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 90 – 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 МКРВ (0 – нет, 1 – да)	Nнеисп	–	0
Работа контроля механического ресурса выключателя (0 – нет, 1 – на сигнал, 2 – да)	NрабМРВ	–	0
Уставка сигнализации времени включения выключателя, мс	Твкл	от 1 до 1000 (шаг 1)	1000
Уставка сигнализации времени отключения выключателя, мс	Тоткл	от 1 до 1000 (шаг 1)	1000
Характеристика КРВ			
Ток точки 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл1	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	60
Ток точки 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл2	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	55
Ток точки 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл3	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	50
Ток точки 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл4	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	45
Ток точки 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл5	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	40
Ток точки 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл6	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	35
Ток точки 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл7	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	30
Ток точки 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл8	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	25
Ток точки 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл9	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	20
Ток точки 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл10	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	15

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток точки 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Iоткл11	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	10
Допустимое количество отключений в точке 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл1	от 5 до 60000 (шаг 1)	200
Допустимое количество отключений в точке 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл2	от 5 до 60000 (шаг 1)	300
Допустимое количество отключений в точке 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл3	от 5 до 60000 (шаг 1)	400
Допустимое количество отключений в точке 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл4	от 5 до 60000 (шаг 1)	500
Допустимое количество отключений в точке 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл5	от 5 до 60000 (шаг 1)	600
Допустимое количество отключений в точке 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл6	от 5 до 60000 (шаг 1)	700
Допустимое количество отключений в точке 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл7	от 5 до 60000 (шаг 1)	800
Допустимое количество отключений в точке 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл8	от 5 до 60000 (шаг 1)	900
Допустимое количество отключений в точке 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл9	от 5 до 60000 (шаг 1)	1000
Допустимое количество отключений в точке 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл10	от 5 до 60000 (шаг 1)	1100
Допустимое количество отключений в точке 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл11	от 5 до 60000 (шаг 1)	1200
Порог первой ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (коммутационный ресурс), %	МсрабКРВ1	от 0 до 100 (шаг 0,01)	60
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

1.2.25 Модуль определения места повреждения (ОМП)

1.2.25.1 Принцип работы

Блок ОМП выполняет следующие функции:

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

Функциональный блок ОМП приведен на рисунке 116.

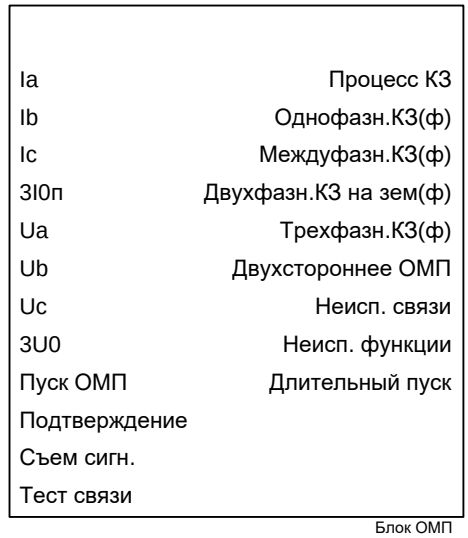


Рисунок 116 – Функциональный блок ОМП

Таблица 91 – Входы и выходы функционального блока ОМП

Аналоговые входы	
Ia, Ib, Ic	Токи фаз А, В, С
3I0п	Утроенный ток нулевой последовательности параллельной линии
Ua, Ub, Uc	Напряжения фаз А, В, С
3U0	Утроенное напряжение нулевой последовательности
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	
Пуск ОМП	Сигнал пуска блока ОМП
Подтверждение	Сигнал подтверждения пуска блока ОМП
Съем сигн.	Съем сигнализации вида КЗ
Тест связи	Команда проверки канала связи с удаленным терминалом
Логические выходы	
Процесс КЗ	Факт процесса КЗ
Однофазн.КЗ (ф)	Однофазное КЗ
Междуфазн.КЗ (ф)	Междуфазное КЗ
Двухфазн.КЗ на зем.(ф)	Двухфазное КЗ на землю
Трехфазн.КЗ (ф)	Трехфазное КЗ
Двухстороннее ОМП	Готовность отчета двухстороннего ОМП
Неисп. связи	Неисправность канала связи с удаленным терминалом
Неисп. функции	Неисправность функции ОМП
Длительный пуск	Длительный пуск ОМП

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

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

Возможно несколько вариантов пуска блока ОМП:

- «**NалгПуска**» = 1 – блок ОМП пускается по сигналу «Пуск ОМП». Измерение параметров аварийного режима происходит через время «**Тавар**» относительно момента появления сигнала «Пуск ОМП». Измерение параметров предаварийного режима происходит за 40 мс до появления сигнала «Пуск ОМП», то есть в предшествующем режиме работы ЛЭП. На рисунке 117 приведена временная диаграмма пуска;

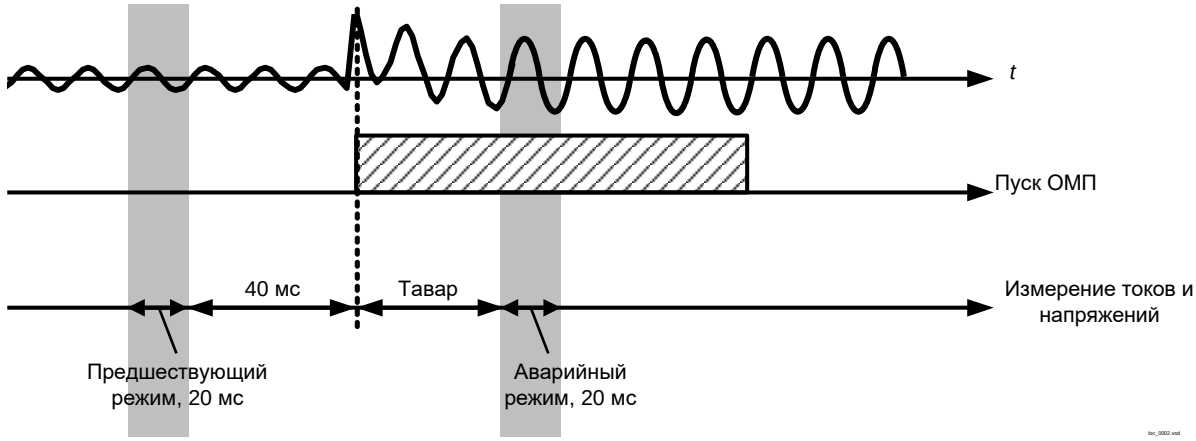


Рисунок 117 – Временная диаграмма пуска в режиме независимого пуска

- «**NалгПуска**» = 2 – блок ОМП пускается от внешнего сигнала. В качестве внешнего сигнала может быть подведен, например, пуск или срабатывание основных и резервных защит линии, сигнал отключения линии. Уставка «**ТформВнеш**» задает минимальное время формирования внешнего сигнала относительно начала аварийного процесса и совместно с уставкой «**Тавар**» определяет момент измерения аварийных токов и напряжений. Если используется сигнал пуска защит, то рекомендуется выставить «**ТформВнеш**» = 0. Сигнал внешнего пуска заводится на вход «Подтверждение». На рисунке 118 приведена временная диаграмма пуска;

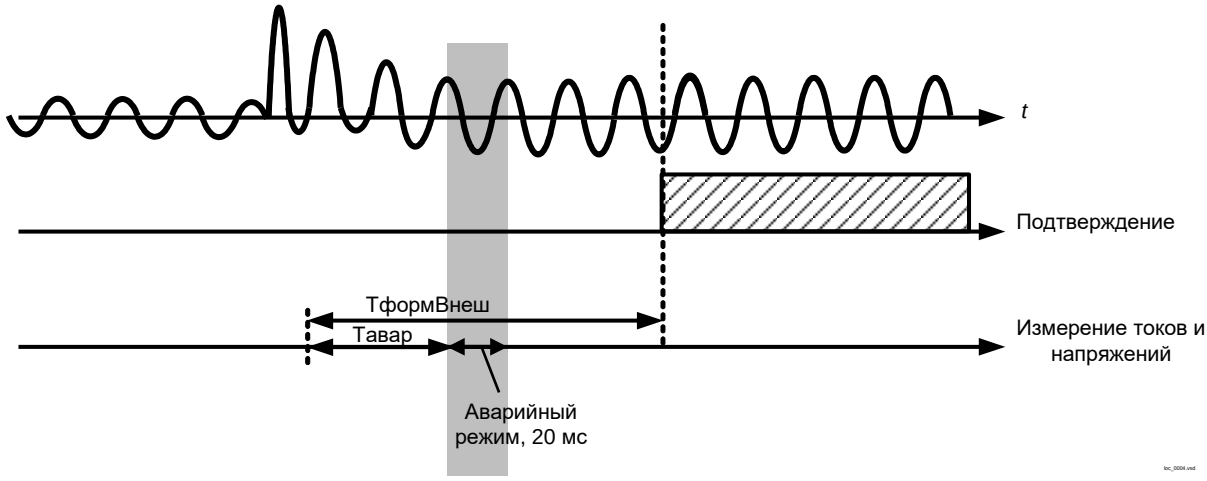


Рисунок 118 – Временная диаграмма пуска в режиме пуска от внешнего сигнала

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

- «**NалгПуска**» = 4 – задается селективный режим пуска, в котором измерение параметров режима происходит по алгоритму уставки «**NалгПуска**» = 1, но их дальнейшая

обработка зависит от сигнала «Подтверждение». Если в течение времени «**Тподтв**» от момента появления сигнала «Пуск ОМП» получен сигнал «Подтверждение», то пуск считается подтвержденным, и формируется отчет ОМП. Если сигнал «Подтверждение» поступает после «**Тподтв**», или не поступает, тогда отчет ОМП не формируется. На рисунке 119 приведена временная диаграмма срабатывания, в которой подтверждающий сигнал поступил до истечения времени «**Тподтв**». В результате отчет ОМП был сформирован;

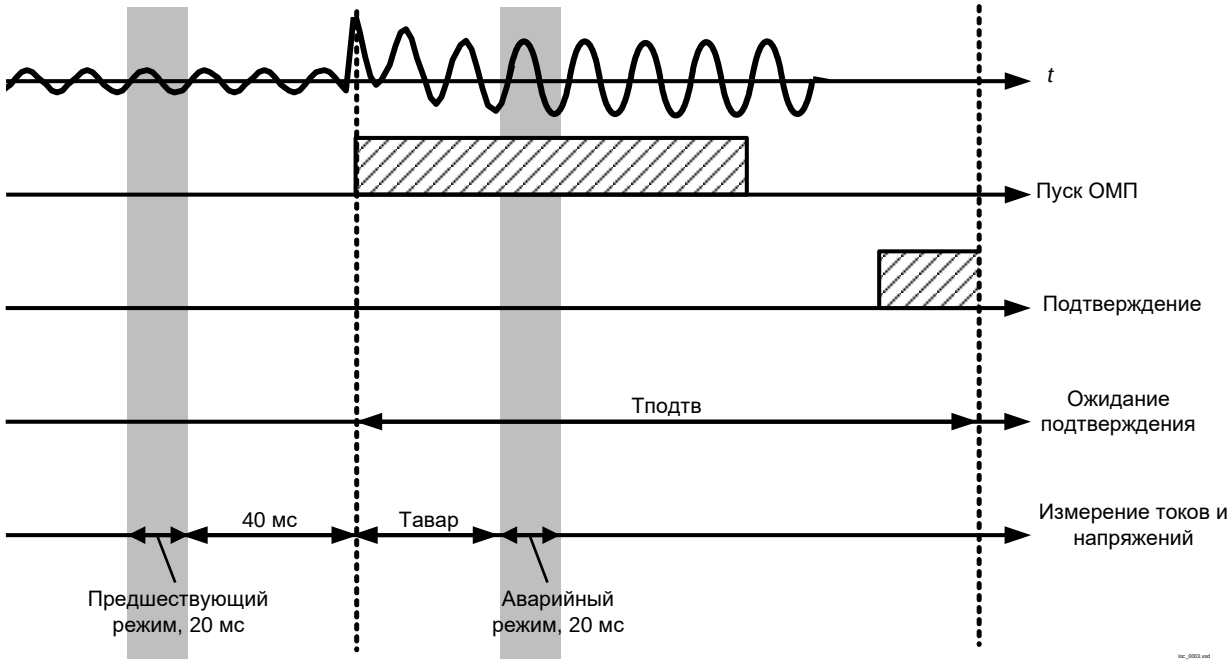


Рисунок 119 – Временная диаграмма пуска в режиме селективного пуска

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

В сложных аварийных процессах, например, при изменении вида повреждения и величины тока КЗ, момент измерения параметров аварийного режима может перемещаться в пределах интервала времени протекания тока КЗ. Приоритет отдается тому измерению, при котором обеспечивается наиболее уверенный результат ОМП, попадающий в пределы наблюдаемой зоны. Для примера на рисунке 120 приведен аварийный режим, состоящий из двух интервалов. На первом интервале в месте повреждения присутствует переходное сопротивление. На втором интервале переходное сопротивление «выгорает» и ток КЗ увеличивается. Приоритет отдается второму интервалу, поскольку при низкоомном КЗ обеспечивается более точный результат ОМП.

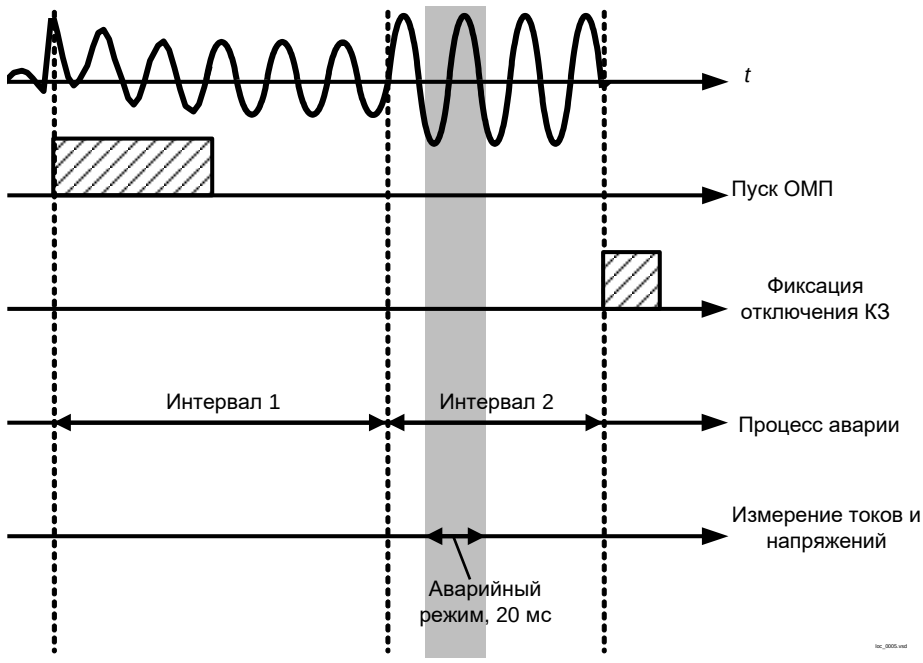


Рисунок 120 – Измерение аварийных величин в сложном аварийном процессе

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

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

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

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

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

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

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

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

Уставки блока ОМП состоят из трех наборов:

- конфигурация функции ОМП (таблица 92);
- параметры наблюдаемой линии (таблица 94);
- настройки связи с удаленным терминалом (таблица 97).

Таблица 92 – Уставки конфигурации функции ОМП

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Различают участки четырех типов:

- 1 – участок линии (включая кабельный);
- 2 – ответвление;
- 3 – нагрузка (конечный участок линии);

- 4 – участок линии, индуктивно связанный с параллельной линией.

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

В таблице 93 приведены 11 параметров, составляющих описание участка. Семь из них (1-7) задаются независимо от типа: его длина и удельные параметры, эти параметры характеризуют участок основной линии или линии, соединяющей основную линию с ответвительной подстанцией. Остальные четыре (8-11) параметра задаются в зависимости от типа участка.

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

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

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

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

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

Таблица 93 – Параметры участков линии

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

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

В таблице 94 приведены диапазоны и значения параметров линии по умолчанию.

Таблица 94 – Параметры линии блока ОМП

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

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

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

В таблице 95 приведен пример описания линии ПС1-ПС3, приведенной на рисунке 121, которую предлагается разбить на три участка: ПС1-ПС2 (тип 1), ПС2 (тип 2) и ПС2-ПС3 (тип 3). В данном примере нейтрали трансформаторов на тупиковых ПС2 и ПС3 изолированы.

Таблица 95 – Параметры участков линии с отпайкой

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

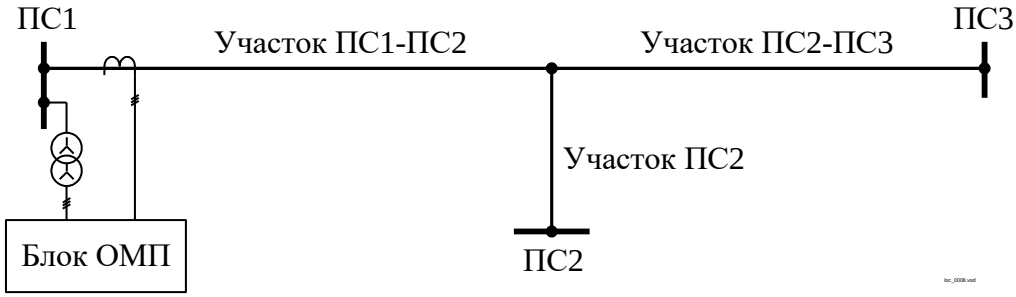


Рисунок 121 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой

На рисунке 122 приведен пример электропередачи с двумя индуктивно связанными линиями. Начальный участок линии должен предусматривать одновременное задание системы слева, что соответствует типу 1, и параллельной линии, что соответствует типу 4. Чтобы выполнить это условие, начальный участок разбивают на два: первый имеет тип 1 и минимальную длину (0,01 км), а второй – тип 4 и учитывает всю длину начального участка. Описание основной линии приведено в таблице 96.

Таблица 96 – Параметры участков линии с отпайкой и взаимоиндукцией

Номер участка	1	2	3	4	5	6	7
Тип участка	1	4	1	2	1	4	3
Длина, км	0,01	4,00	2,30	9,30	11,60	5,30	7,00
Название участка	ПС1	ПС1-ПС2-1	ПС1-ПС2-2	ПС2	ПС2-ПС3-1	ПС2-ПС3-2	ПС2-ПС3-3
R10, Ом/км	0,182	0,182	0,182	0,178	0,178	0,178	0,178
X10, Ом/км	0,431	0,431	0,431	0,412	0,412	0,412	0,412
R00, Ом/км	0,392	0,392	0,392	0,387	0,387	0,387	0,387
X00, Ом/км	1,257	1,257	1,257	1,356	1,356	1,356	1,356
B10, мкСм/км	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806
B00 мкСм/км	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423
R1s/R0п/-/R1отв/-/R0п/R0г, Ом	0,60	20,9	0,01	500	0,01	20,9	1230,3
X1s/X0п/-/X1отв/-/X0п/X0г, Ом	4,56	40,15	0,01	1000	0,01	40,15	2325,4
R0s/R0вз/-/R0отв/-/R0вз/R0г, Ом (Ом/км)	0,26	0,153	0,01	1000000	0,01	0,153	14,70
X0s/X0вз/-/X0отв/-/X0вз/X0г, Ом (Ом/км)	3,03	1,024	0,01	1000000	0,01	1,024	211,00

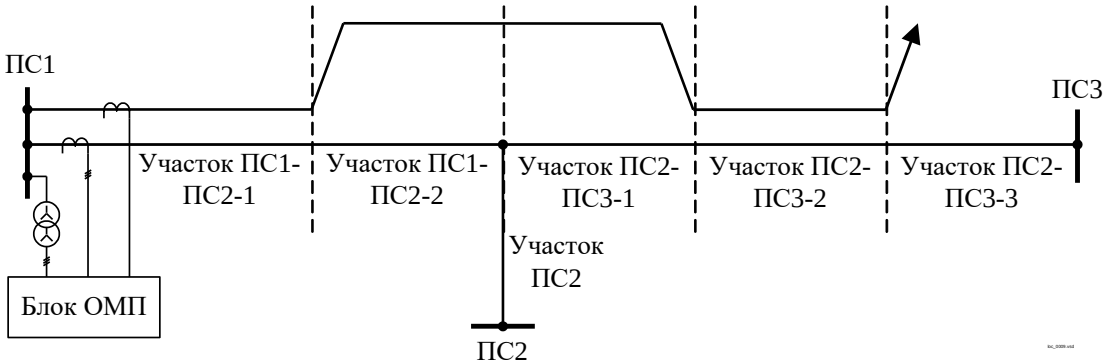


Рисунок 122 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой и взаимоиндукцией

Блок ОМП рассчитывает и записывает в отчет ОМП следующие параметры:

- момент возникновения КЗ (год, месяц, день, час, минута, секунда, миллисекунда);

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

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

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

1.2.25.2 Настройка связи с удаленным терминалом

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

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

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

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

На рисунке 123 приведен пример настройки связи между блоками ОМП двух терминалов. Блок ОМП 1 в терминале слева связан с блоком ОМП 2 в терминале справа – выставлены IP-адреса терминалов и номера выбранных блоков ОМП.

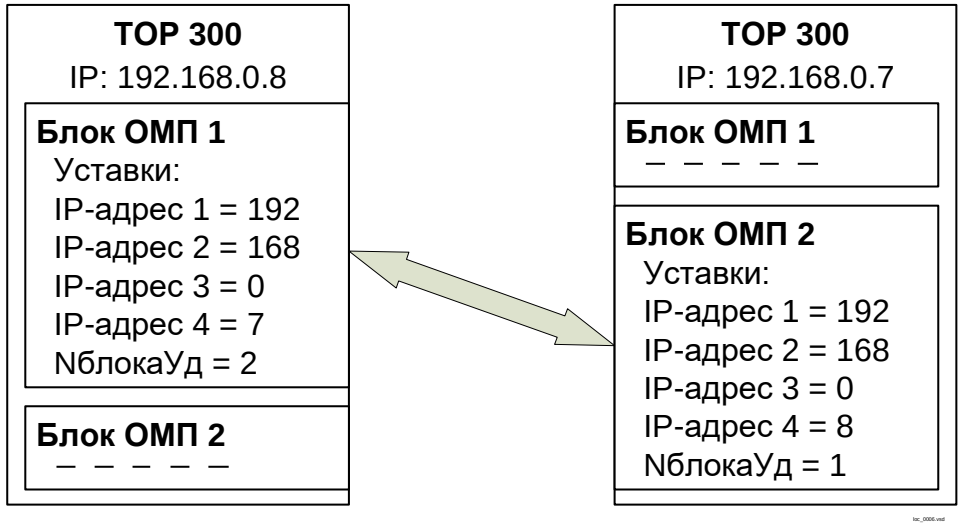


Рисунок 123 – Пример настройки связи между блоками ОМП

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

Таблица 97 – Настройки связи с удаленным терминалом ОМП

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

1.2.25.3 Погрешность определения расстояния до места повреждения

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

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

1.2.26 Расчет аналоговых сигналов

1.2.26.1 Фильтр симметричных составляющих (ФСС)

Функциональный блок ФСС приведен на рисунке 124.

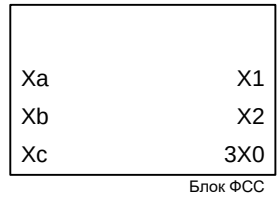


Рисунок 124 – Функциональный блок ФСС

Таблица 98 – 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

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

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

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

1.2.26.2 Расчет напряжений «разомкнутого треугольника» (Расчет Uнк)

Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника» приведен на рисунке 125.

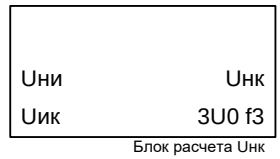


Рисунок 125 – Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Таблица 99 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

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

Напряжение между зажимами НК «разомкнутого треугольника» рассчитываются по формуле

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

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

1.2.26.3 Расчет сопротивлений (Расчет Z)

Функциональный блок расчета сопротивлений приведен на рисунке 126.

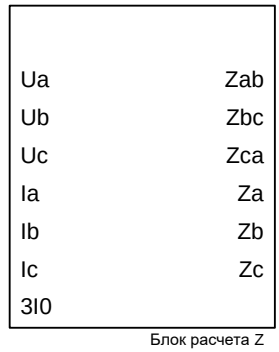


Рисунок 126 – Функциональный блок расчета сопротивлений

Таблица 100 – 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

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

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

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

$$\underline{Z}_{\text{A0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{A}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{A,предш}}}{\underline{I}_{\text{A}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

$$\underline{Z}_{\text{B0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{B}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{B,предш}}}{\underline{I}_{\text{B}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

$$\underline{Z}_{\text{C0}} = \frac{(1-K_{\text{ПД}})\underline{U}_{\text{C}} + K_{\text{ПД}}\underline{U}_{\text{C,предш}}}{\underline{I}_{\text{C}} + 3\underline{I}_{0}\underline{k}_{0}},$$

где $K_{\text{ПД}}$ – коэффициент работы по памяти (принят 20 %).

При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад). Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации $\underline{k}_0 = K0\text{re}+j\cdot K0\text{im}$ («**K0re**» и «**K0im**» описаны в 1.2.1.3).

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

Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН приведен на рисунке 127.

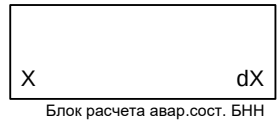


Рисунок 127 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН

Таблица 101 – 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.

1.2.26.5 Расчет аварийных составляющих токов (Расчет dI)

Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов приведен на рисунке 128.

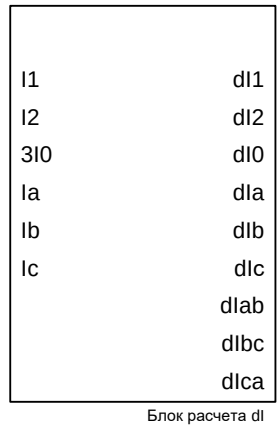


Рисунок 128 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов

Таблица 102 – 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	Аварийнаяя 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 1.2.26.1. Междуфазные токи рассчитываются как разность фазных токов.

1.2.26.6 Расчет тока нулевой последовательности второй гармоники (Расчет 3I0 f2)

Функциональный блок расчета тока нулевой последовательности второй гармоники приведен на рисунке 129.

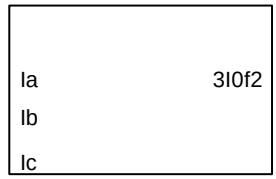


Рисунок 129 – Функциональный блок расчета тока нулевой последовательности второй гармоники

Таблица 103 – 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.

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

Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин приведен на рисунке 130.

Рисунок 130 – Функциональный блок расчета напряжений присоединения и шин

Таблица 104 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений присоединения и шин

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

Блок осуществляет расчет напряжений присоединения и на шине, описанный в 1.2.21.

1.2.26.8 Расчет суммы токов с учетом приведения (Расчет Iсум.)

Функциональный блок расчета суммы токов с учетом приведения приведен на рисункеРисунок 131.

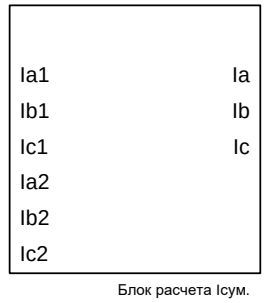


Рисунок 131 – Функциональный блок расчета Iсум.

Таблица 105 – Входы и выходы функционального блока расчета Iсум.

Аналоговые входы	
Ia1, Ib1, Ic1	Токи фаз А, В, С стороны 1
Ia2, Ib2, Ic2	Токи фаз А, В, С стороны 2
Аналоговые выходы	
Ia, Ib, Ic	Суммарные токи фаз А, В, С
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок расчета Iсум. рассчитывает сумму токов двух сторон с учетом приведения второй к первой по формуле

$$I_{\Sigma} = I_1 \cdot 1{,}0 + I_2 \cdot k_2,$$

$$k_2 = \frac{I_{\text{перв},2}}{I_{\text{втор},2}} \cdot \frac{I_{\text{втор},1}}{I_{\text{перв},1}},$$

где I_{Σ} – сумма токов, А;

I_1 – ток первой стороны, А;

I_2 – ток второй стороны, А;

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

$I_{\text{втор},1}$ – номинальный вторичный ток ИТТ первой стороны, А;

$I_{\text{втор},2}$ – номинальный вторичный ток ИТТ второй стороны, А;

$I_{\text{перв},1}$ – номинальный первичный ток ИТТ первой стороны, А;

$I_{\text{перв},2}$ – номинальный первичный ток ИТТ второй стороны, А.

2 Рекомендации по проверке

2.1 Общие указания

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

2.2 Меры по безопасности

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

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

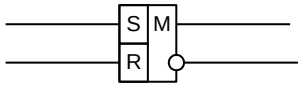
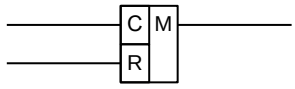
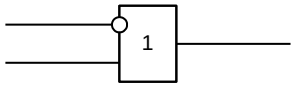
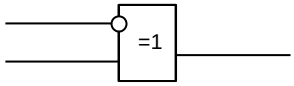
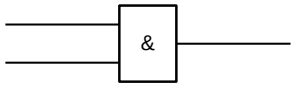
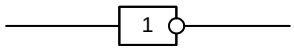
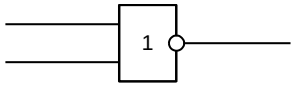
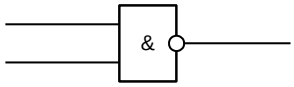
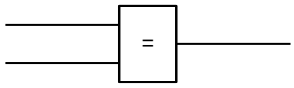
Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

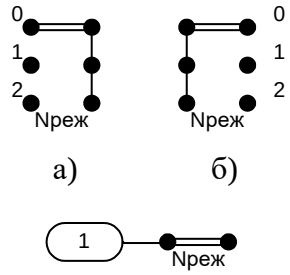
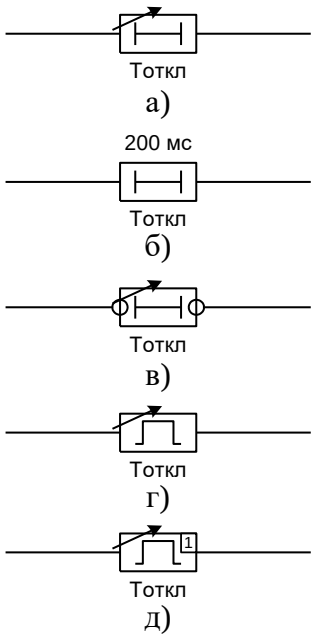
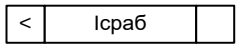
Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм^2 наиболее коротким путем.

2.3 Проверка функций защит

Проверка функций защит терминала выполняется в соответствии с АИПБ.656467.966-06.510 ИМиТО.

Приложение А
(обязательное)
Элементы функциональных логических схем

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

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

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

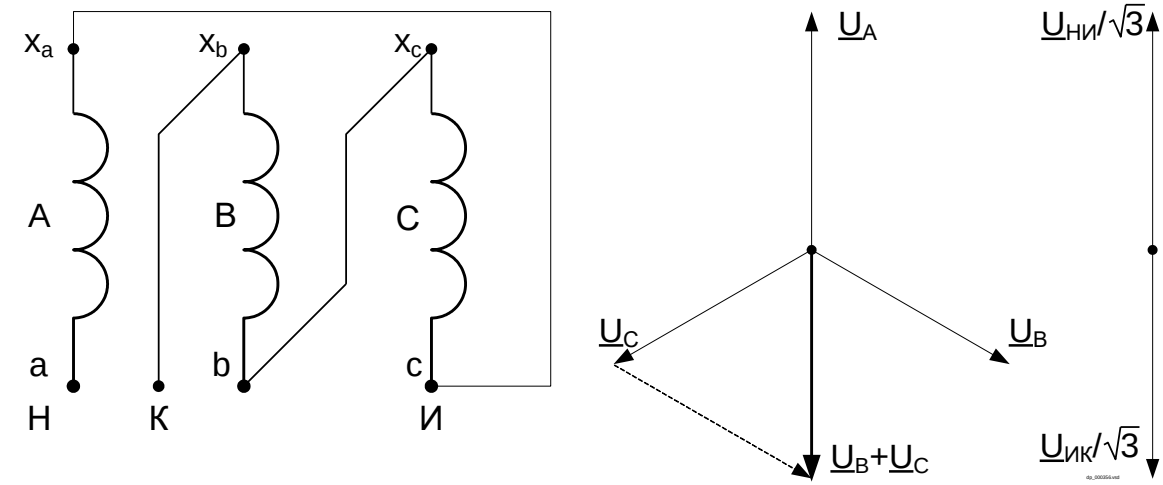
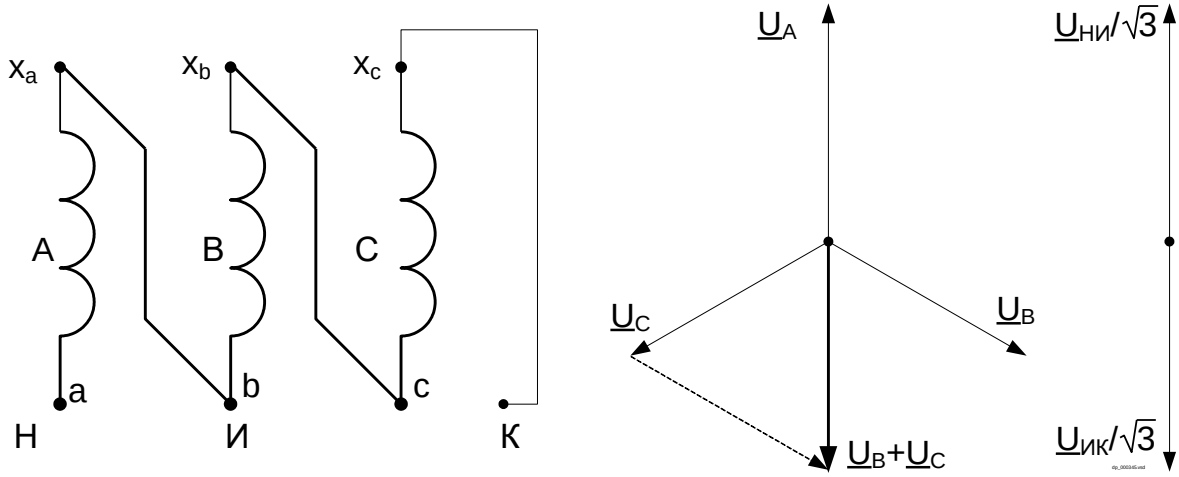


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)



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

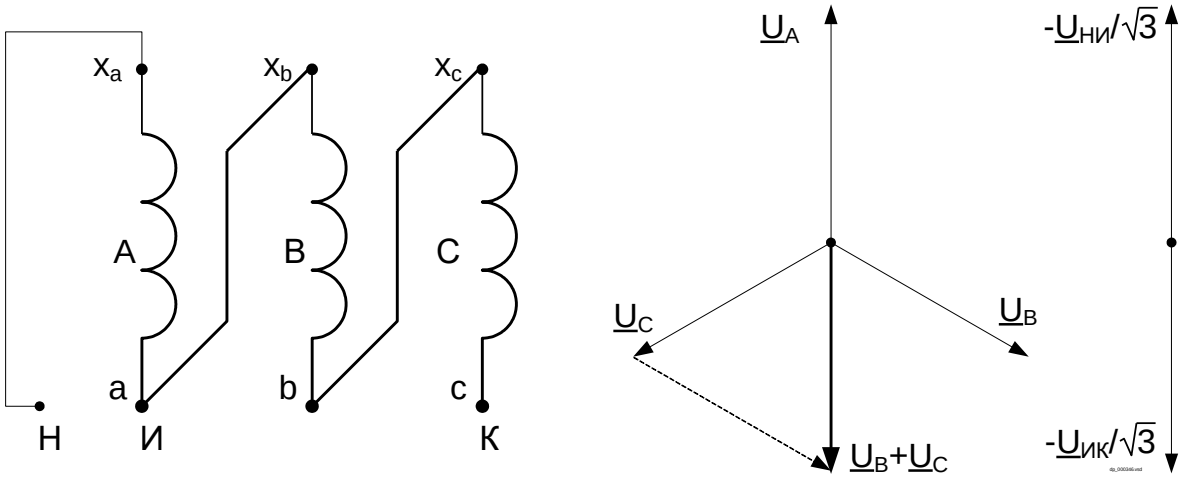


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

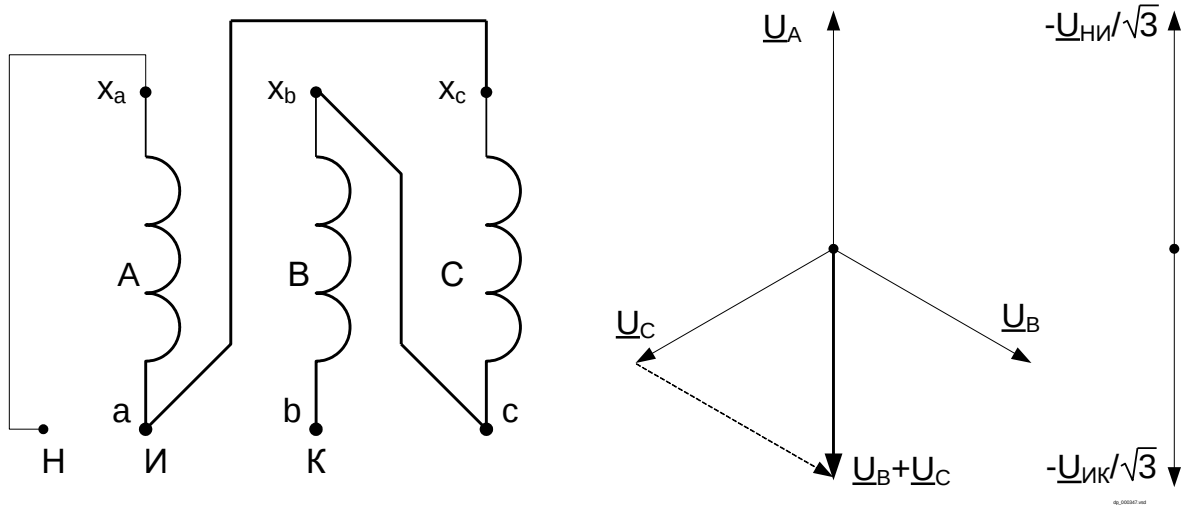


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

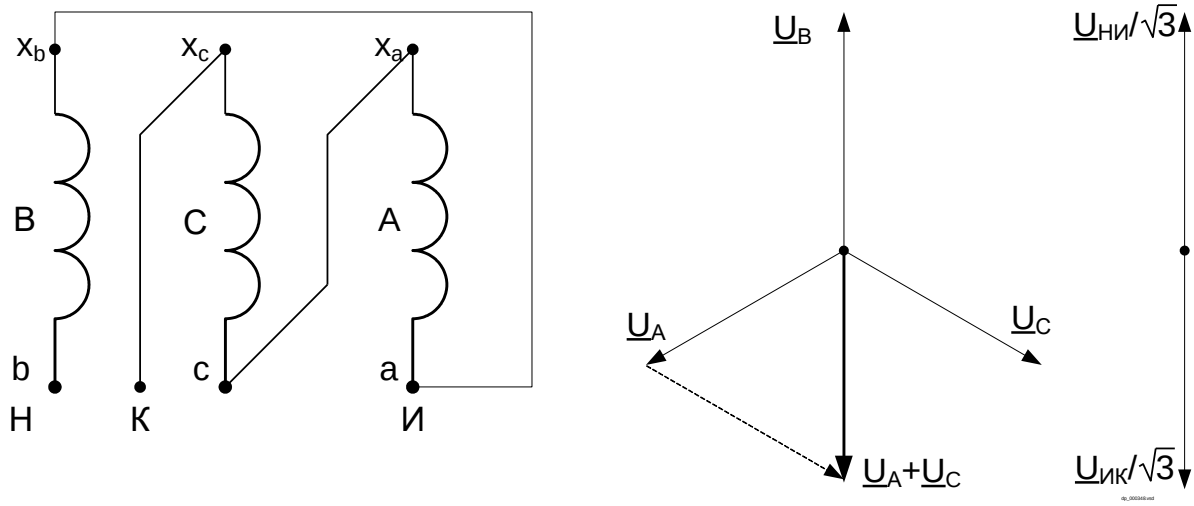


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

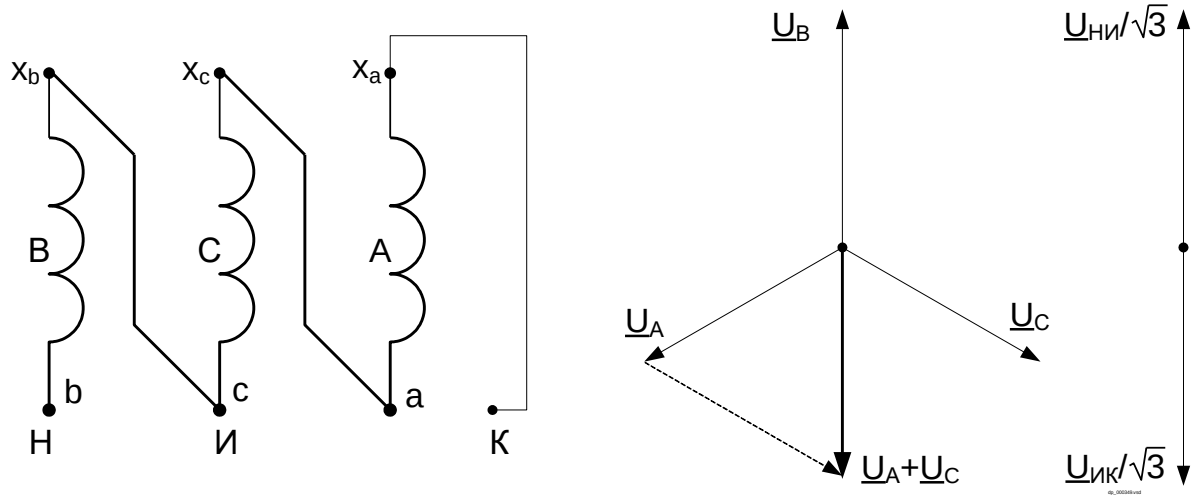


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

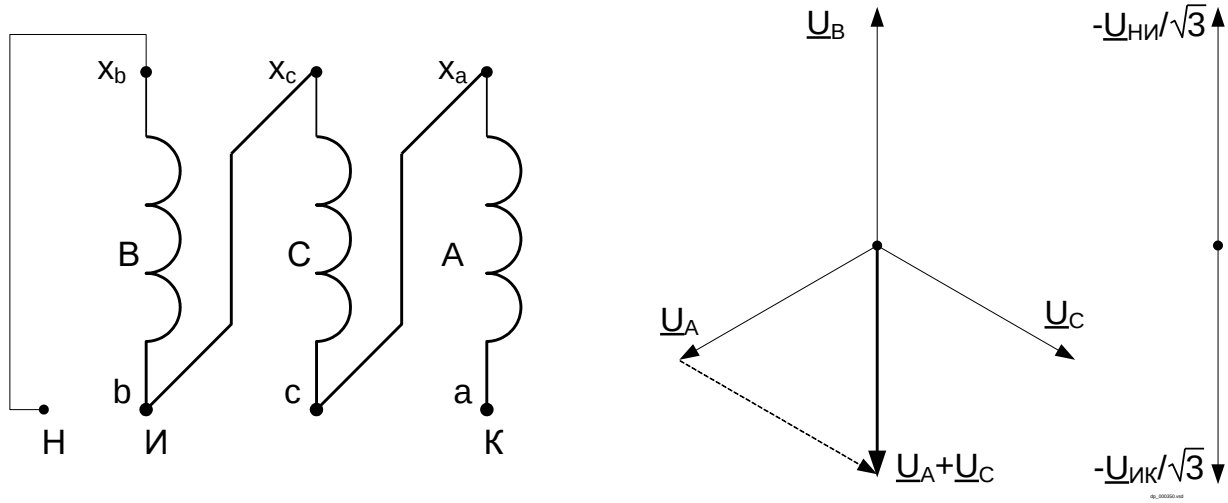


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

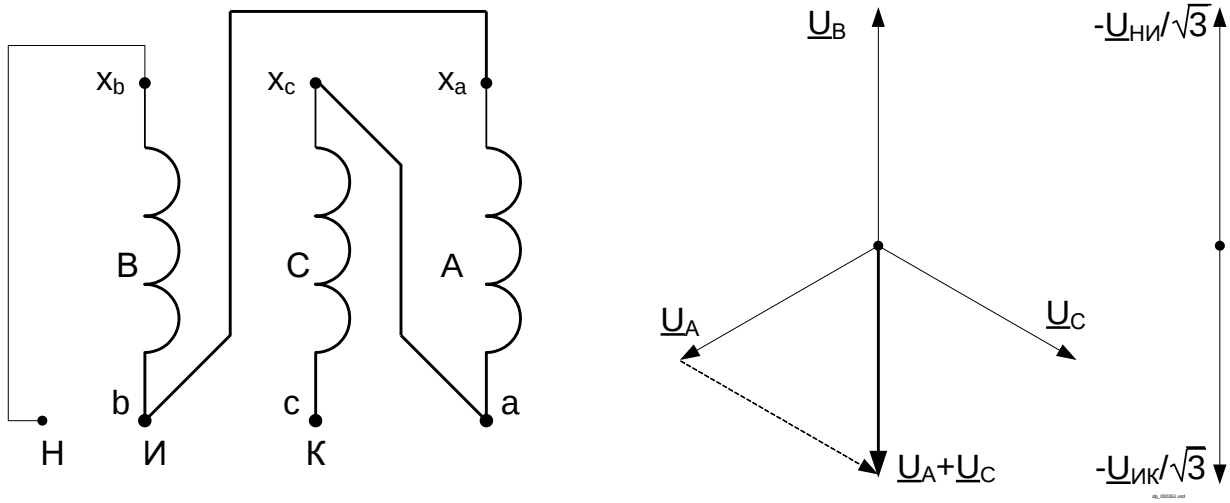


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

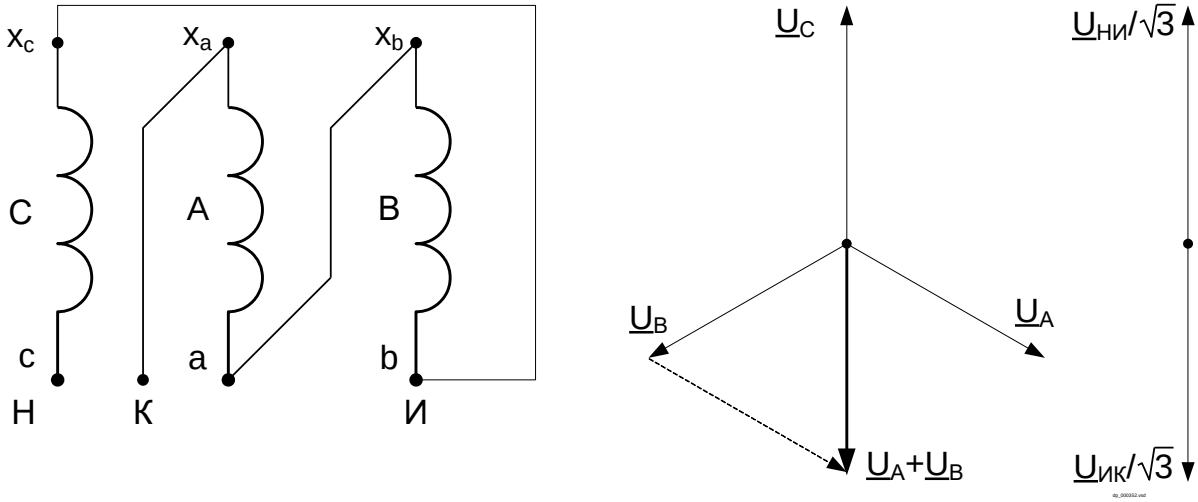


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

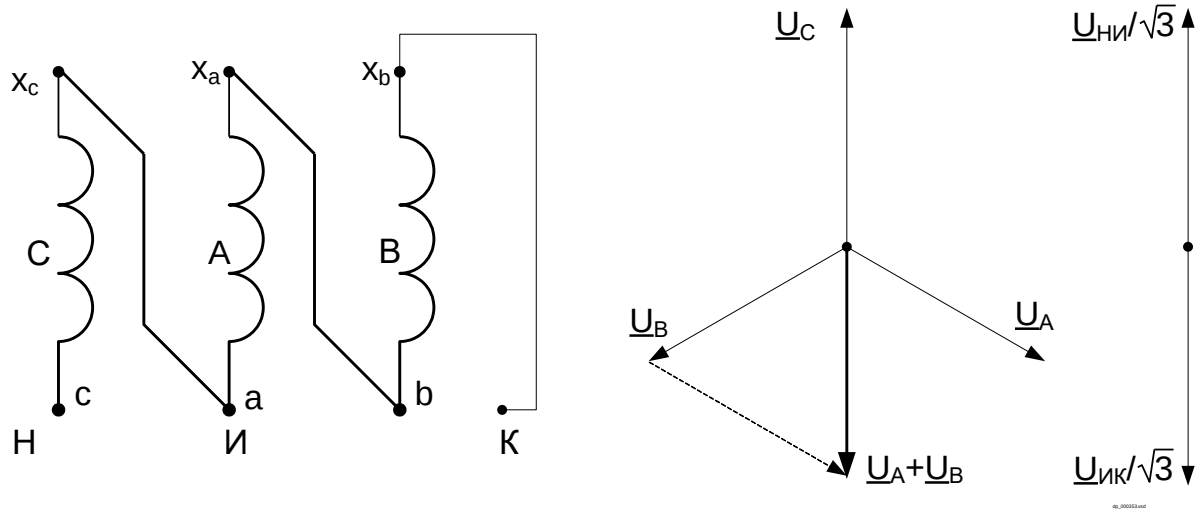


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

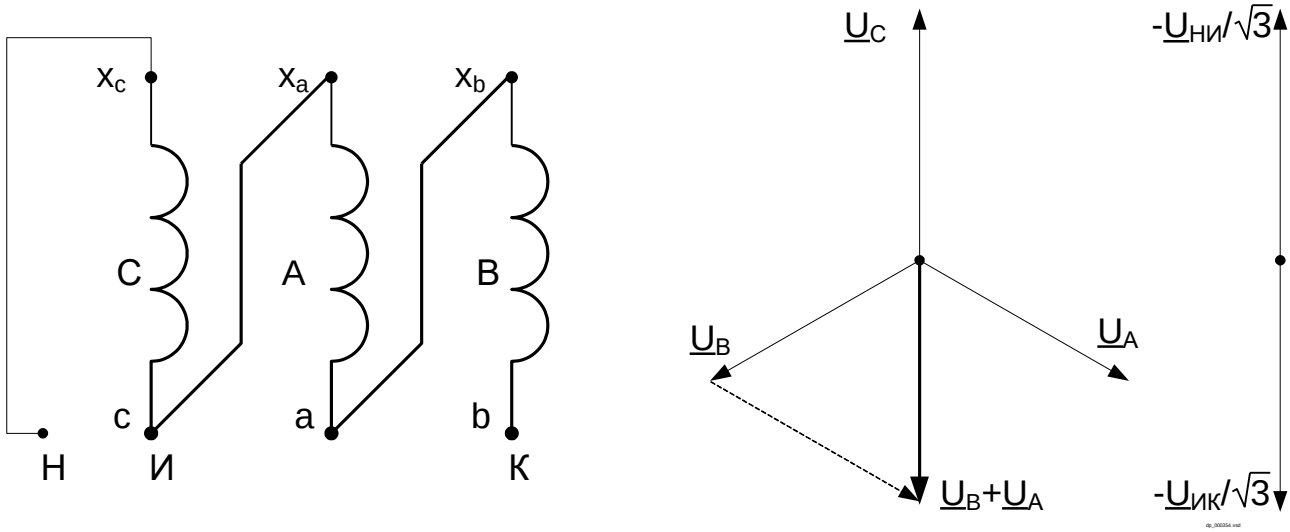


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

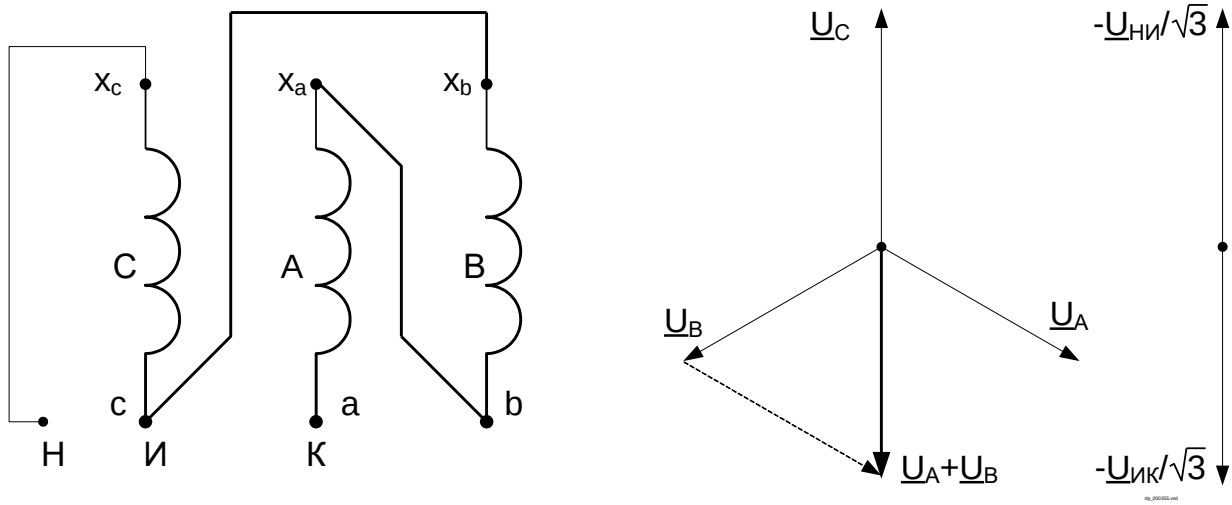


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

Список сокращений

АВР – автоматика включения резерва;
АК – автоматический контроль канала связи;
АПВ – автоматическое повторное включение
АУ – автоматическое ускорение (ускорение при включении);
АУВ – автоматика управления выключателем;
АРПТ – автоматическая разгрузка при перегрузке по току;
АЧР – автоматика частотная разгрузка;
БДОН – блокировка при длительном отсутствии напряжения;
БЗЛ – быстродействующая защита линии;
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;
ВВВ – выдержка времени на возврат;
ВВИ – выдержка времени импульсная;
ВВС – выдержка времени на срабатывание;
ВЛ – воздушная линия электропередачи;
ВЧ – высокочастотный;
ВЧЗ – высокочастотная защита;
ВЧТО – высокочастотное телеотключение;
ГОСТ – национальный стандарт;
ДА – делительная автоматика;
ДЗ – дистанционная защита;
ДЗШ – дифференциальная защита шин;
ЗМН – защита от понижения напряжения;
ЗНФ – защита от непереключения фаз;
ЗНР – защита от неполнофазного режима;
ЗОП – защита от обрыва проводника;
ИО – измерительный орган;
ИТН – измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ – измерительный трансформатор тока;
ИЧМ – интерфейс «человек-машина»;
КЗ – короткое замыкание;
КРВ – коммутационный ресурс выключателя;
КС – контроль синхронизма;
КСиФ – контроль синхронизма и фазирования;
КУ – ключ управления;
ЛОСК – логика отключения слабого конца;
ЛС – логика связи;
ЛЭП – линия электропередачи;
МКРВ – модуль контроля ресурса выключателя;
МРВ – механический ресурс выключателя;
МТЗ – максимальная токовая защита;
о.е. – относительная единица;
ОКП – общий критерий повреждения;
ОМП – определение места повреждения;
ОУ – оперативное ускорение;
ПО – пусковой орган;
РНМ – реле направления мощности;
РНМНП – реле направления мощности нулевой последовательности;
РНМОП – реле направления мощности обратной оследовательности;

РНМПП – реле направления мощности прямой последовательности;
РПВ – реле положения «Включено»;
РПО – реле положения «Отключено»;
РС – реле сопротивления;
РТ – реле тока (измерительный орган тока);
РЭ – руководство по эксплуатации;
СБК – сборка блок-контактов выключателя;
ТАПВ – трехфазное автоматическое повторное включение;
ТНЗНП – токовая направленная защита нулевой последовательности;
ТО – токовая отсечка;
УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
ТУ – телеуправление;
УФН – устройство фиксации несоответствия;
УФПВ – узел фиксации положения выключателя;
ФОС – фильтр ортогональных составляющих;
ФСС – фильтр симметричных составляющих;
ЦПТ – цепи постоянного тока;
ЦУ – цепи управления;
ЧАПВ – частотное автоматическое повторное включение;
ШОН – шунт отбора напряжения;
ШСВ – шиносоединительный выключатель;
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					
7		все			117	АИПБ.54 -2013			
8		все			-	АИПБ.106 -2013			
9		все			-	АИПБ.231 -2013			
10		все			-	АИПБ.249 -2013			
11		все			-	АИПБ.18 -2014			
12		1			-	АИПБ.33 -2014			
13		1	118		118	АИПБ.217 -2015			27.10.15
14		все		118	117	АИПБ.226 -2015			11.10.15
15		все			-	АИПБ.109-2016			27.04.16
16		1			-	АИПБ.208-2016			08.2016
17		все		115-117	114	АИПБ.127-2016			11.2016
18		все	115, 116		116	АИПБ.67-2017			02.2017
19		71, 88, 89			-	АИПБ.102-2017			03.2017
20		1, 3, 4			-	АИПБ.399-2017			11.2017
21		1-116	117-129		129	АИПБ.172-2018			08.2018
22		1,57-60, 85-88			-	АИПБ.345-2018			12.2018
23		1-3, 93-95, 97	130		130	АИПБ.200-2019			10.2019
24		1-130	131-141		141	АИПБ.275-2020			11.2020
25		1,107	142		142	АИПБ.203-2020			05.2021
26		1, 50		142	141	АИПБ.289-2021			07.2021