



УТВЕРЖДАЮ
Директор Центра применения
продукции ООО «ИЦ «Бреслер»

_____ В.А. Ефремов
«26» 02 2014 г.

**ТЕРМИНАЛ СТУПЕНЧАТЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЙ 110-220 кВ
ТИПА «ТОР 300 КСЗ 5ХХ»
(прежнее обозначение «ТЛ 2606.5хх»)**

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

Содержание

Введение	3
1 Описание и работа	5
1.1 Назначение	5
1.2 Функции устройства.....	6
1.2.1 Дистанционная защита	6
1.2.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности.....	33
1.2.3 Токовая отсечка.....	51
1.2.4 Максимальная токовая защита	53
1.2.5 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току.....	55
1.2.6 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения	57
1.2.7 Блокировка при длительном отсутствии напряжения.....	61
1.2.8 Защита от обрыва токоведущего проводника	63
1.2.9 Контроль цепей постоянного тока	64
1.2.10 Защиты выключателя.....	66
1.2.11 Функция резервирования при отказе выключателя.....	71
1.2.12 Защита от понижения напряжения.....	73
1.2.13 Делительная автоматика.....	75
1.2.14 Автоматика включения резерва.....	76
1.2.15 Автоматическая частотная разгрузка.....	78
1.2.16 Автоматика управления выключателем	80
1.2.17 Модуль отключения выключателя	94
1.2.18 Узел фиксации положения выключателя	95
1.2.19 Модуль контроля ресурса выключателя.....	96
1.2.20 Модуль определения места повреждения.....	102
2 Рекомендации по проверке	110
2.1 Общие указания	110
2.2 Меры по безопасности.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Элементы функциональных логических схем	111
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток разомкнутого треугольника.....	113

Введение

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

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

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

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

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

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

Сокращения, используемые в тексте:

АК	автоматический контроль канала связи
АУ	автоматическое ускорение (ускорение при включении)
АУВ	автоматика управления выключателем
АРПТ	автоматическая разгрузка при перегрузке по току
АЧР	автоматика частотная разгрузка
БК I	токовая блокировка при качаниях
БК Z	блокировка при качаниях по замеру сопротивления
БНН	блокировка при неисправности цепей напряжения
БНТ	бросок намагничивающего тока
ВЛ	воздушная линия электропередачи
ВЧПП	высокочастотный приемопередатчик
ДЗ	дистанционная защита
ДЗШ	дифференциальная защита шин
ЗНФ	защита от непереключения фаз
ЗНФР	защита от неполнофазного режима
ЗОП	защита от обрыва проводника
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
КС	контроль синхронизма
ЛОСК	логика отключения слабого конца
МТЗ	максимальная токовая защита
ОКП	общий критерий повреждения
ОН	отбор напряжения
ОУ	оперативное ускорение
ПО	программное обеспечение
РНМНП	реле направления мощности нулевой последовательности
РНМОП	реле направления мощности обратной последовательности
РПВ	реле положения включено
РПО	реле положения отключено
РС	реле сопротивления
РТ	реле тока (измерительный орган тока)
РЭ	руководство по эксплуатации

СБК	сборка блок-контактов выключателя
ТАПВ	трехфазное автоматическое повторное включение
ТН	трансформатор напряжения
ТНЗНП	токовая направленная защита нулевой последовательности
ТО	токовая отсечка
УРОВ	устройство резервирования отказа выключателя
УФН	устройство фиксации несоответствия
ЧАПВ	частотное автоматическое повторное включение
ШОН	шкаф отбора напряжения
ШСВ	шиносоединительный выключатель
ЭМВ	электромагнит включения
ЭМО	электромагнит отключения

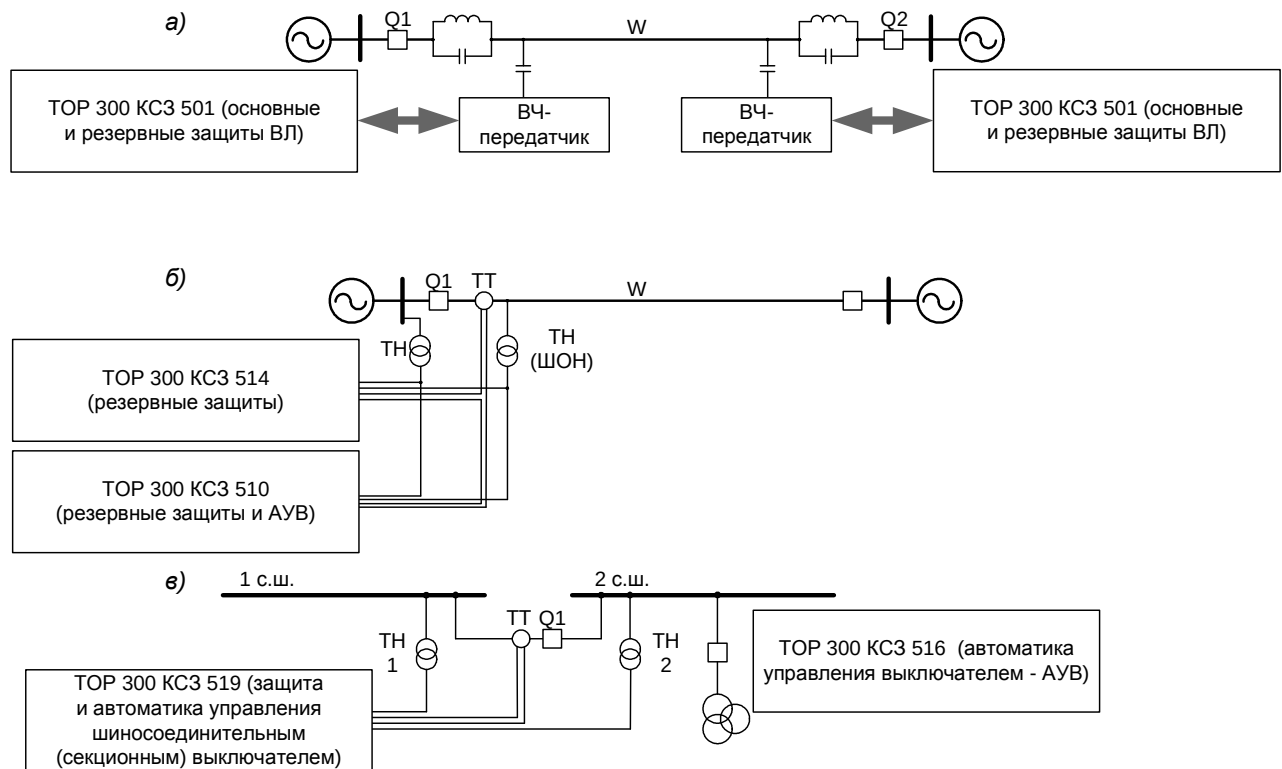
1 Описание и работа

1.1 Назначение

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

- защита воздушных двухконцевых или многоконцевых линий электропередачи – основных защит с использованием ВЧ-каналов связи («ТОР 300 КСЗ 501», изображено на рисунке 1а) и комплект резервных защит («ТОР 300 КСЗ 514», изображено на рисунке 1б);
- делительная защита, защита опробования секционного (шиносоединительного) выключателя («ТОР 300 КСЗ 519», изображено на рисунке 1в);
- защита и автоматика управления обходного выключателя («ТОР 300 КСЗ 512»);
- автоматика управления выключателем (АУВ) сетей с ТАПВ с трехфазным и пофазным приводом («ТОР 300 КСЗ 516», изображено на рисунке 1в).

Полную функциональность (защиты и автоматика управления выключателем) обеспечивает устройство защиты «ТОР 300 КСЗ 510».



dp_000136.vsd

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

1.1.2 Полнофункциональное устройство может содержать:

- пять ступеней дистанционной защиты (ДЗ) от междуфазных и земляных замыканий с логикой высокочастотного телеотключения (ВЧТО) и ВЧ-блокировки;
- восемь ступеней токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП) с логикой ВЧТО и ВЧ-блокировки;
- алгоритмы ускорения ДЗ и ТНЗНП и телеотключения по каналам связи с защитой на противоположном конце линии;
- токовую отсечку (ТО);
- ненаправленную максимальную токовую защиту (МТЗ);
- функцию резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- защиту от понижения напряжения (ЗМН);
- делительную автоматику (ДА);
- автоматику включения резерва (АВР);
- функцию двукратного трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) с контролем наличия и отсутствия напряжения на присоединении и шинах, а также с контролем (КС) и улавливанием синхронизма (фазирование);

- автоматику управления выключателем (АУВ);
- защиту электромагнитов включения и отключения выключателя, защиты от неполнофазного режима (ЗНФР) и непереключения фаз (ЗНФ);
- контроль времени включения и отключения выключателя.

Терминал также содержит функцию осциллографирования и регистрации.

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

1.1.4 Автоматика управления выключателем 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 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 действия ДЗ

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

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

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

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

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

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

Зона сокращенного охвата¹ может резервировать основную защиту энергообъекта. В этой функции нет необходимости, пока основная защита в работе. Чтобы уменьшить риск нежелательной работы зоны 1, эту функцию можно активизировать только тогда, когда основная защита выведена из работы.

1.2.1.2 Общая логика работы ДЗ

Функциональный блок ДЗ представлен на рисунке 2.

ДЗ	
БНН	Откл. от 1ст.
Пуск ТНЗНП	Откл. от 2ст.
Ввод ОУ	Откл. от 3ст.
Пуск защит	Откл. от 4ст.
РПО	Откл. от 5ст.
Неисправность ВЧ	Откл. от ДЗ
Прием ВЧ-сигнала	Напр. пуск ДЗ
Включение	Уск. откл. ДЗ
Прямонапр. РНМОП	Посыл ВЧТО ДЗ
Обратнонапр. РНМОП	Откл. ВЧТО ДЗ
Вывод ДЗ	Шины обесточены
	Сраб. БКт

Блок ДЗ
ФР. 000031-0001

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;
- функциональный блок 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:

- для защиты от междуфазных замыканий

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

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

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

- для защиты от земляных замыканий:

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

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

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

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

здесь $K_{\text{ПД}}$ – коэффициент работы по памяти (принят 20 %). При близких трехфазных КЗ, когда все напряжения близки к нулю, для определения направленности замеры сопротивления формируется с использованием величин предаварийного режима (индекс «предш» означает, что берется величина, записанная в память 40 мс назад). Для компенсации током нулевой последовательности при замыканиях на землю используется комплексный коэффициент компенсации $k_0 = K_{0\text{re}} + j \cdot K_{0\text{im}}$ («**K0re**» и «**K0im**» изменяются в диапазоне от -3 до 3 о.е. с шагом 0,001). Он позволяет получать эквивалентный (одинаковый при прочих равных замер сопротивления при однофазном, двухфазном и трехфазном металлических КЗ, а также при двойном замыкании на землю в различных точках энергообъекта (на участках с $3I_0 \neq 0$). В общем случае для однородной линии коэффициент компенсации определяется по формуле $k_0 = (Z_0 - Z_1) / (3Z_1)$, где Z_1 и Z_0 – суммарные сопротивления прямой и нулевой последовательностей защищаемого объекта.

Общие уставки ДЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие уставки ДЗ

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

1.2.1.4 Принцип работы полигонального реле сопротивления ДЗ

1.2.1.4.1 Каждая из ступеней ДЗ устройства содержит шесть ИО полного сопротивления (три фазных и три междуфазных). Характеристика срабатывания ненаправленного ИО сопротивления, показанная на рисунке 3, представляет собой многоугольник, который определяется координатами точек А, А1, В, С, С1, D. Она задается уставками «**Zсраб**», «**Рсраб**», «**Фмч**», «**ФвнешКЗ**».

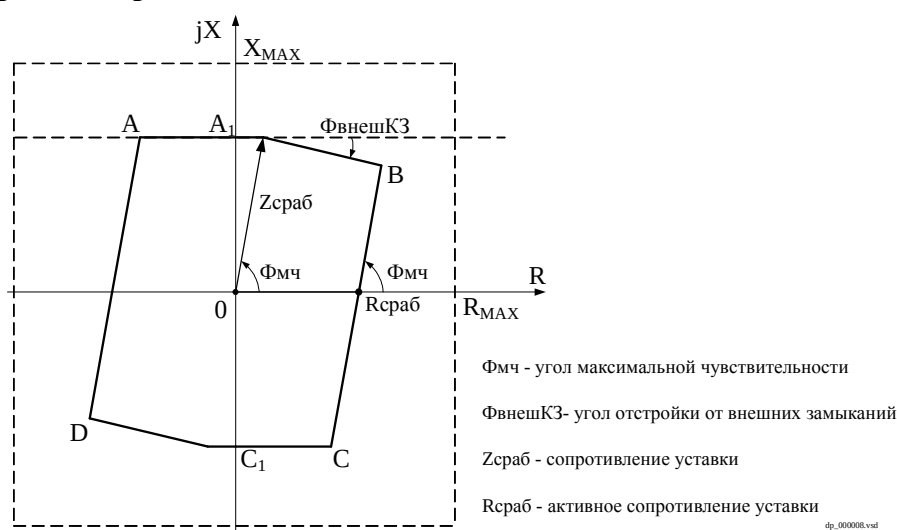


Рисунок 3 – Характеристика срабатывания ненаправленного ИО

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

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

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

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

Максимальное значение зависит от исполнения токовых цепей:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.1.4.12 Работа ИО сопротивления блокируется при значениях тока, представленного знаменателем дроби сопротивления (1.2.1.3), меньших $0,02 I_{\text{НОМ}}$.

1.2.1.5 Орган направленности ДЗ

1.2.1.5.1 Принцип работы

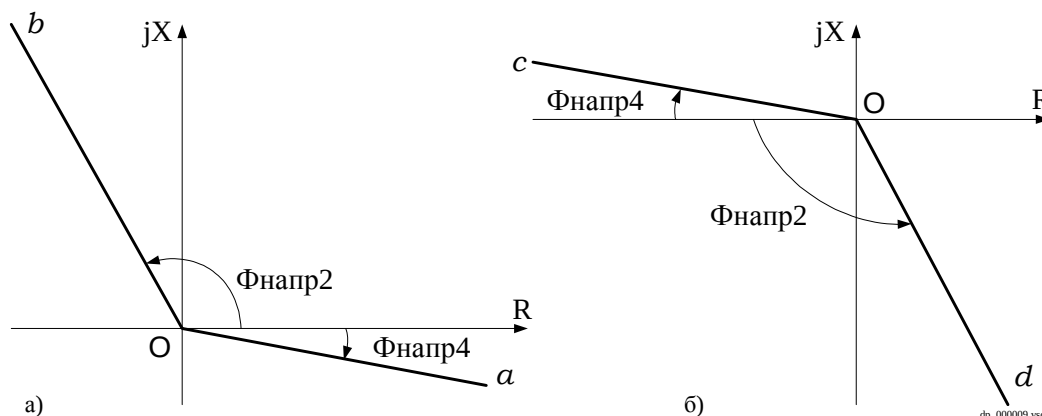
Каждая из ступеней ДЗ устройства содержит шесть ненаправленных ИО полного сопротивления (три фазных и три междуфазных). Для обеспечения направленности ИО ДЗ

используются органы направленности по замеру сопротивления и мощности обратной последовательности.

Орган направленности по замеру сопротивления использует замеры сопротивления, рассчитанные по выражениям, представленным в 1.2.1.3. Прямая направленность (замыкание «в зоне») задается с помощью лучей Оа и Об, 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 Од и Ос, исходящими из начала координат, как показано на рисунке 4б, которые симметричны лучам Оа и Об прямонаправленной характеристики относительно начала координат.



а – прямое направление, б – обратное направление

Рисунок 4 – Характеристики срабатывания ИО направленности ДЗ

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

Уставки органа направленности ДЗ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Уставки расширенной ступени ДЗ

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

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 контура «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 $\pm 5^\circ$.

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

1.2.1.5.5 Коэффициент возврата всех 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 0,6Фнапр4 (аналогично, при изменении угла от 1,2 до 0,6 Фнапр2) не более 25 мс. Необходимо отметить, что разность начального и конечного углов

не менее 10° , 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 $\Phi_{напр4}$ (аналогично, при изменении угла от 0,6 до 1,2 $\Phi_{напр2}$) не более 50 мс. Необходимо отметить, что разность начального и конечного углов не менее 10° , 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 Принцип работы первой ступени ДЗ

Функциональный блок первой ступени ДЗ представлен на рисунке 5. Логика работы первой ступени представлена на рисунке 6.

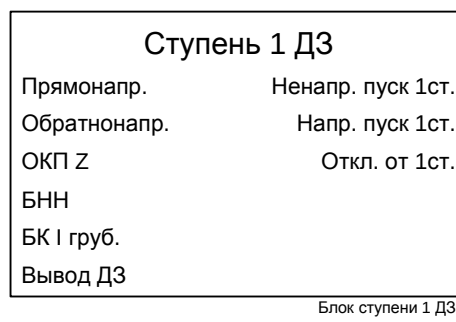


Рисунок 5 – Функциональный блок первой ступени ДЗ

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока первой ступени ДЗ

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

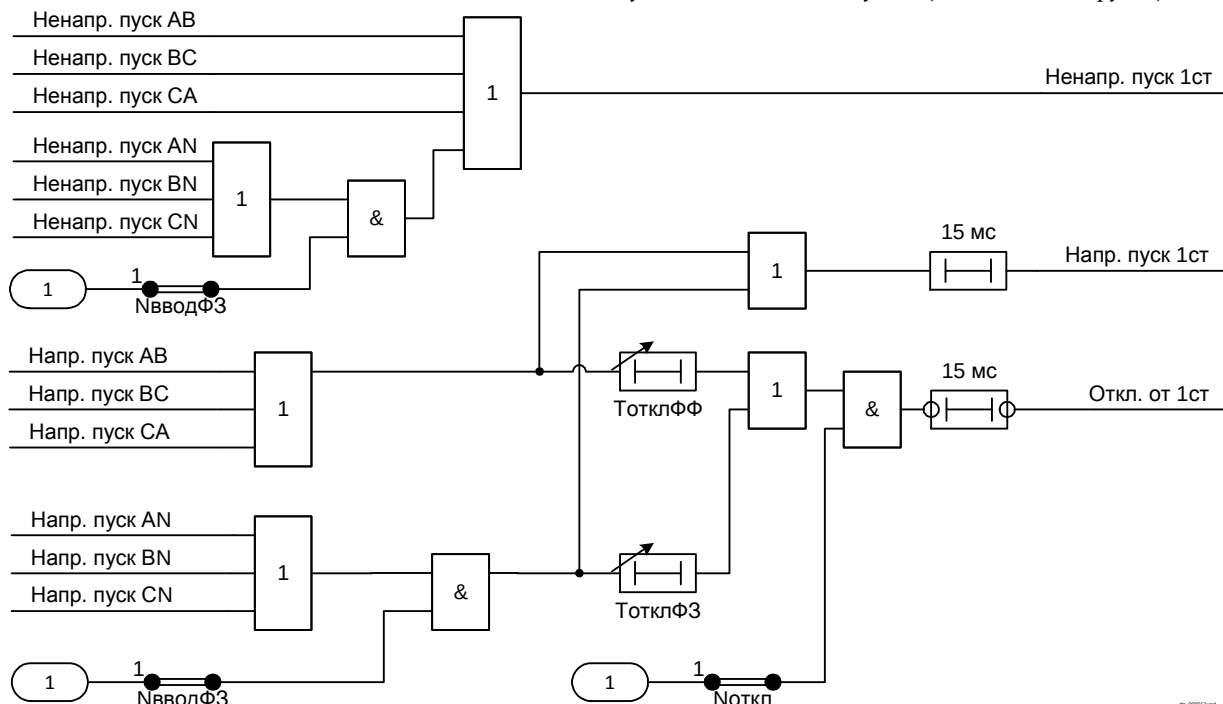


Рисунок 6 – Логика работы первой ступени ДЗ

Логика формирования сигнала направленного пуска представлена на рисунке 7 (показан только междуфазный контур АВ, сигналы пуска по остальным контурам формируются аналогично).

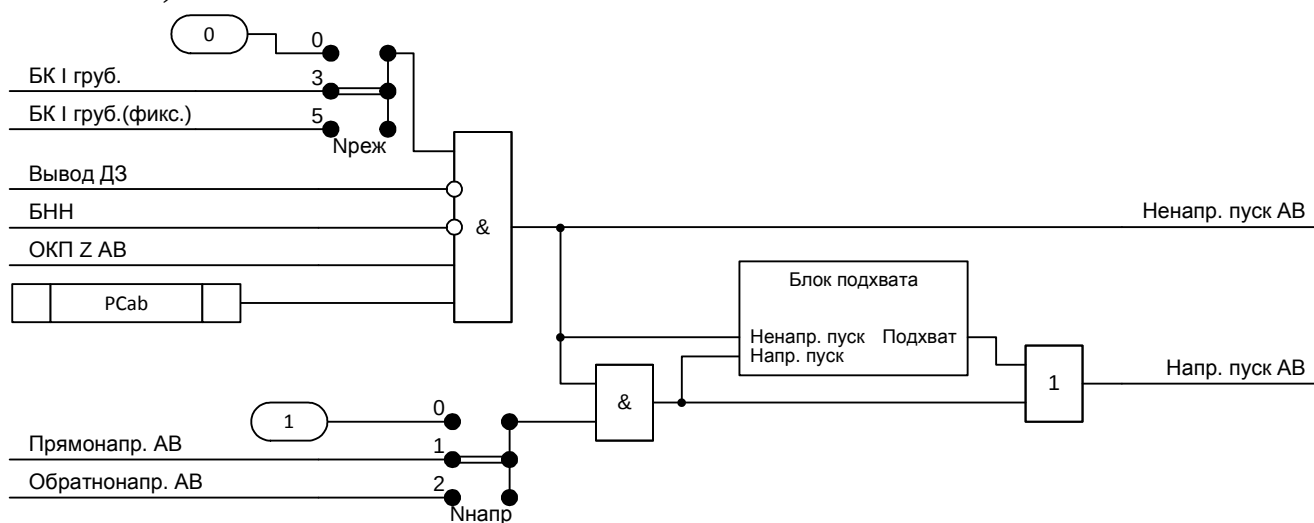


Рисунок 7 – Логика формирования направленного пуска первой ступени на примере контура АВ

Ступень содержит шесть ненаправленных ИО сопротивления (1.2.1.4) с полигональными характеристиками срабатывания (три междуфазных и три фазных).

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

Для формирования сигнала направленного пуска используются сигналы от шести ненаправленных ИО полного сопротивления (трех фазных: «**РСa**», «**РСb**», «**РСс**» и трех междуфазных: «**РСab**», «**РСbc**», «**РСca**»), органа прямой направленности, блокировки при качаниях по току, общего критерия повреждения и БНН. Программной накладкой «**Ннапр**» определяется режим направленности ступени ДЗ.

Направленный пуск контура фиксируется до тех пор, пока существуют условия для ненаправленного пуска, на время, достаточное для срабатывания первой ступени. Это позволяет гарантировать правильное срабатывание при близких трехфазных металлических замыканиях, когда выдержка времени на срабатывание первой ступени превышает время работы контура «памяти» (1.2.1.3).

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

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

Уставки первой ступени ДЗ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Уставки первой ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сопротивление срабатывания фазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	10
Активное сопротивление замыкания фазного контура, Ом	RсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	16
Угол максимальной чувствительности фазного контура, градус	ФмчФЗ	от 40 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий фазного контура, градус	ФвнешКЗфз	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Сопротивление срабатывания междуфазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	10
Активное сопротивление замыкания междуфазного контура, Ом	RсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	16
Угол максимальной чувствительности междуфазного контура, градус	ФмчФФ	от 40 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий междуфазного контура, градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 3 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I, 5 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I с последующей фиксацией пуска ступени)	Нреж	–	3
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ступень работает без контроля направленности, 1 – ступень работает при обнаружении прямой направленности, 2 – ступень работает при обнаружении обратной направленности)	Ннапр	–	1
Работа фазных контуров ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводФЗ	–	0
Отключение от ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	1
ВВС отключения по междуфазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФФ	от 15 до 32000 (шаг 1)	15
ВВС отключения по фазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФЗ	от 15 до 32000 (шаг 1)	15

1.2.1.7 Принцип работы расширенных ступеней ДЗ

Функциональный блок расширенной ступени ДЗ представлен на рисунке 8. Логика работы ступени представлена на рисунке 9.

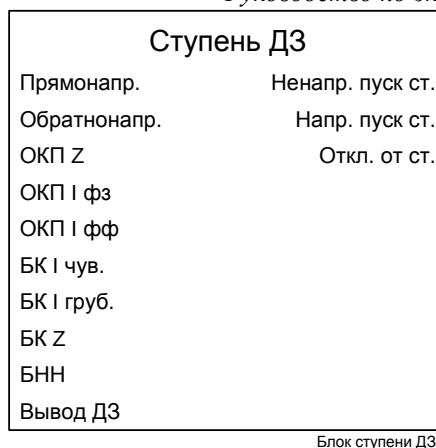


Рисунок 8 – Функциональный блок расширенной ступени ДЗ

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока расширенной ступени ДЗ

Логические входы	
Прямонапр.	Срабатывание прямонаправленного органа направленности ДЗ
Обратнонапр.	Срабатывание обратнонаправленного органа направленности ДЗ
ОКП Z	Срабатывание ОКП по сопротивлению
ОКП I фз	Срабатывание фазного канала ОКП по току
ОКП I фф	Срабатывание междуфазного канала ОКП по току
БК I чув.	Срабатывание чувствительного канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК I груб.	Срабатывание грубого канала блокировки при качаниях по замеру тока
БК Z	Срабатывание блокировки при качаниях по замеру сопротивления
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Вывод ДЗ	Вывод ступени ДЗ из работы
Логические выходы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступени ДЗ
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступени ДЗ
Откл. от ст.	Отключение от ступени ДЗ

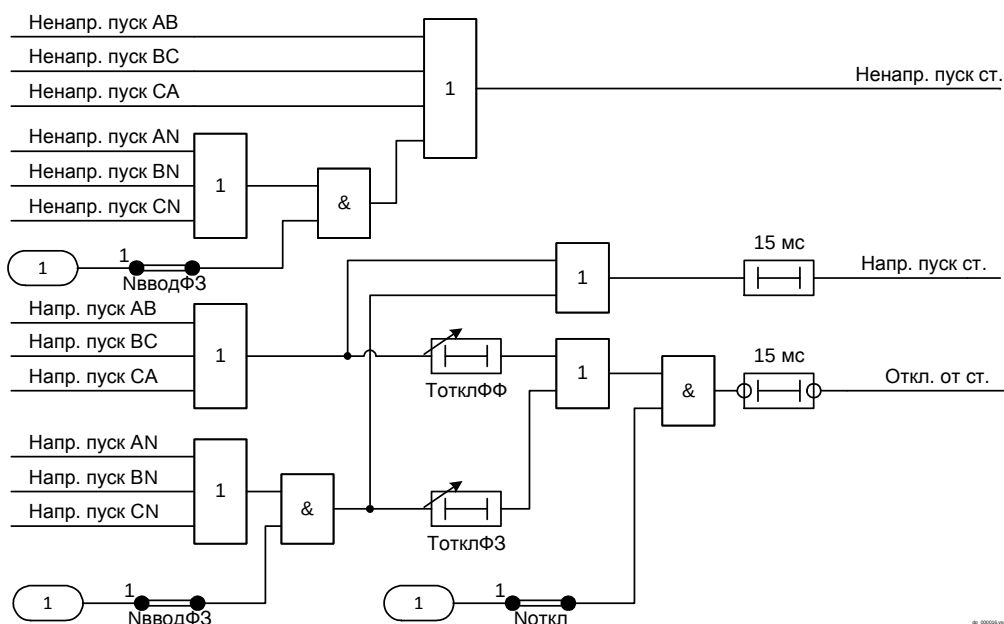


Рисунок 9 – Логика работы ступени ДЗ

Логическая схема формирования направленного пуска контура АВ ступени представлена на рисунке 10 (для других контуров схема аналогична).

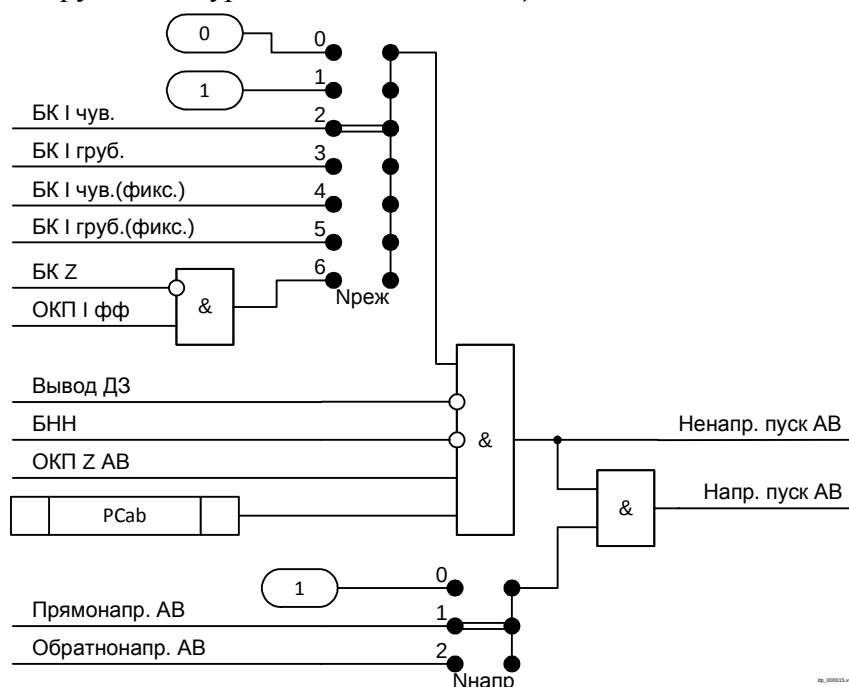


Рисунок 10 – Логика формирования направленного пуска ступеней на примере контура АВ

Каждая ступень содержит шесть ненаправленных ИО сопротивления (1.2.1.4) с полигональными характеристиками срабатывания (три междуфазных и три фазных). Любая ступень может быть прямонаправленной, обратнаправленной или ненаправленной. Условия пуска каждой из ступеней также могут быть различными и определяются программными накладками.

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

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

Программная накладка «**НвводФЗ**» разрешает работу контуров «фаза-земля». Сигналы направленных пусков всех контуров объединяются по логике «ИЛИ» для формирования сигнала направленного пуска ступени, аналогично формируется сигнал ненаправленного пуска.

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

Уставки расширенной ступени ДЗ приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Уставки расширенной ступени ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Сопротивление срабатывания фазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Активное сопротивление замыкания фазного контура, Ом	RсрабФЗ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Угол максимальной чувствительности фазного контура, градус	ФмчФЗ	от 40 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий фазного контура, градус	ФвнешКЗфз	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Сопротивление срабатывания междуфазного контура ступени ДЗ, Ом	ZсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	12
Активное сопротивление замыкания междуфазного контура, Ом	RсрабФФ	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Угол максимальной чувствительности междуфазного контура, градус	ФмчФФ	от 40 до 90 (шаг 1)	65
Угол отстройки от внешних замыканий междуфазного контура, градус	ФвнешКЗфф	от 0 до 60 (шаг 1)	5
Режим работы ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ступень работает независимо от пусковых ИО, 2 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I, 3 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I, 4 – ступень работает при срабатывании чувствительного канала БК I с последующей фиксацией ненаправленного пуска, 5 – ступень работает при срабатывании грубого канала БК I с последующей фиксацией ненаправленного пуска, 6 – ступень работает при отсутствии блокирующего сигнала от БК Z и наличии пускового сигнала от токового ОКП)	Нреж	–	2
Режим направленности ступени ДЗ (0 – ступень работает без контроля направленности, 1 – ступень работает при обнаружении прямой направленности, 2 – ступень работает при обнаружении обратной направленности)	Ннапр	–	1
Работа фазных контуров ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	НвводФЗ	–	0
Отключение от ступени ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	1
ВВС отключения по междуфазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФФ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400
ВВС отключения по фазным контурам ступени ДЗ, мс	ТотклФЗ	от 15 до 32000 (шаг 1)	400

1.2.1.8 Логика ускорения ДЗ

1.2.1.8.1 Принцип работы

В устройстве предусмотрены два режима ускорения ступеней ДЗ: автоматическое и оперативное. Выбор ускоряемых ступеней защиты осуществляется из соображений надежного охвата защищаемого энергообъекта. Функциональный блок ускорения ДЗ представлен на рисунке 11. Логика ускорения ДЗ показана на рисунке 12.

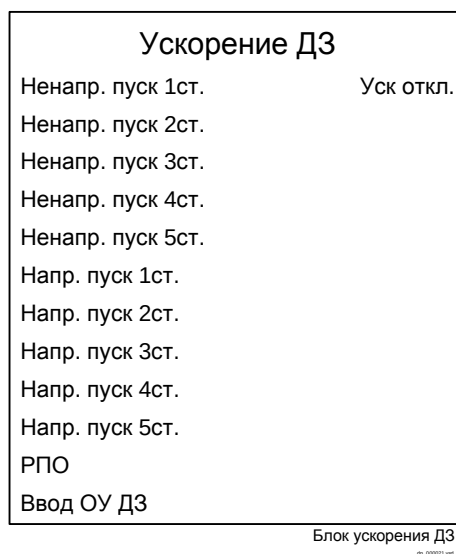


Рисунок 11 – Функциональный блок ускорения ДЗ

Таблица 7 – 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)
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Ввод ОУ ДЗ	Ввод оперативного ускорения ДЗ
Логические выходы	
Уск. откл.	Ускоренное отключение от логики ускорения ДЗ

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

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

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

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

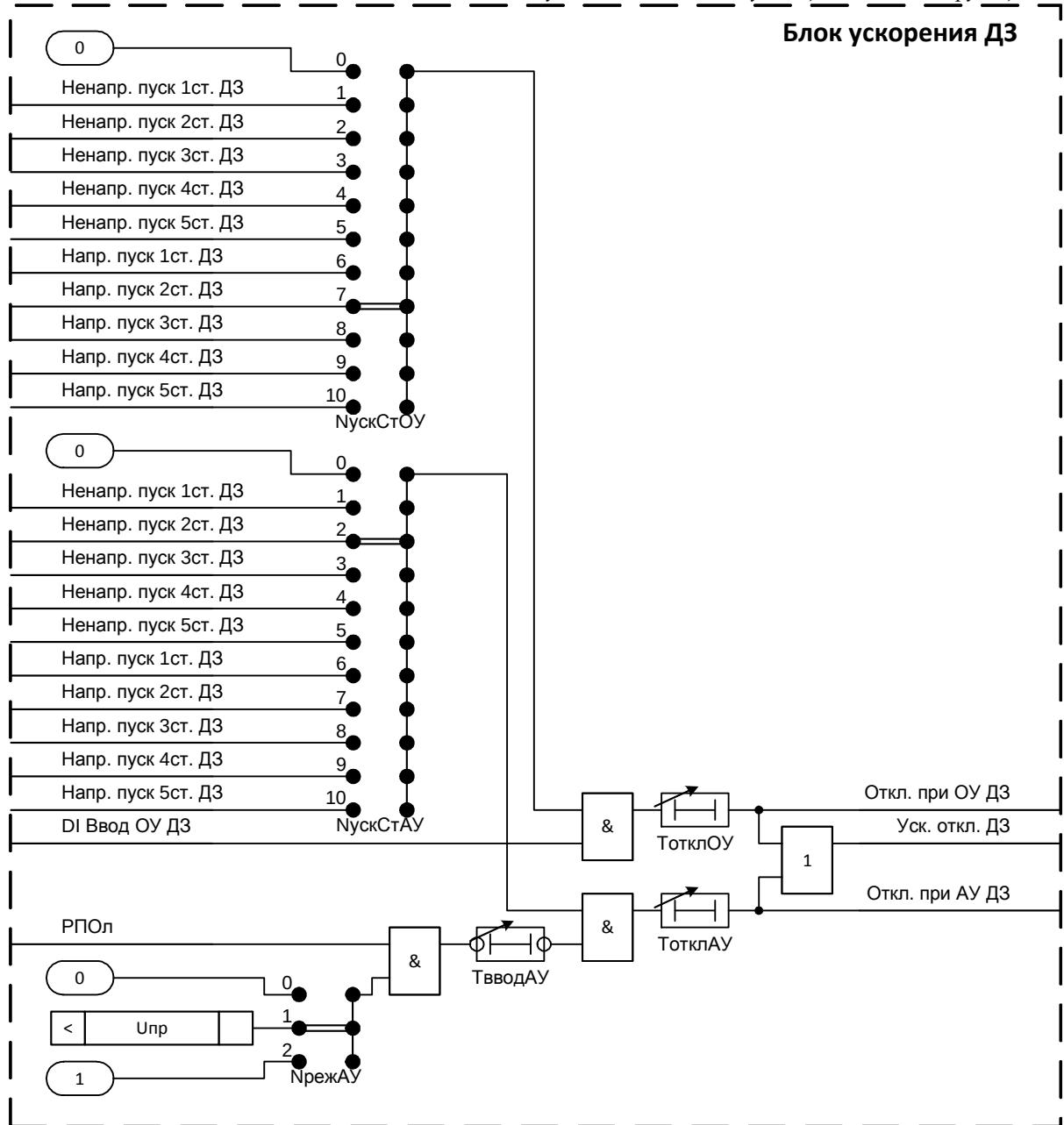


Рисунок 12 – Логика ускорения ДЗ

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

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

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

Уставки модуля ускорения ДЗ приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Уставки модуля ускорения ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение на линии для ввода ускорения при включении, % $U_{\text{фном}}$	Упр	от 5 до 100 (шаг 1)	50
Режим ускорения ДЗ при включении на повреждение (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	НускСтАУ	–	2
Режим автоматического ускорения ДЗ (0 – вывод, 1 – ускорение с контролем напряжения на присоединении, 2 – ускорение без контроля напряжения)	НрежАУ	–	1
Режим оперативного ускорения ДЗ (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ; 6, 7, 8, 9, 10 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5 ДЗ)	НускСтОУ	–	7
Время ввода автоматического ускорения ДЗ, мс	ТвводАУ	от 500 до 10000 (шаг 1)	1000
ВВС в режиме автоматического ускорения, мс	ТотклАУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100
ВВС в режиме оперативного ускорения, мс	ТотклОУ	от 20 до 10000 (шаг 1)	100

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

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

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

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

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

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

1.2.1.9 Логика работы ДЗ с использованием каналов связи

1.2.1.9.1 Общая логика

Для быстрого устранения повреждений, которые произошли на той части линии, которая не охвачена первой ступенью ДЗ, функция ДЗ может дополняться логикой, использующей каналы связи. В каждом направлении требуется один канал связи, который может передавать сигнал логического нуля или логической единицы. Все типы схем связи представлены в виде функционального блока логики связи, изображенного на рисунке 13.

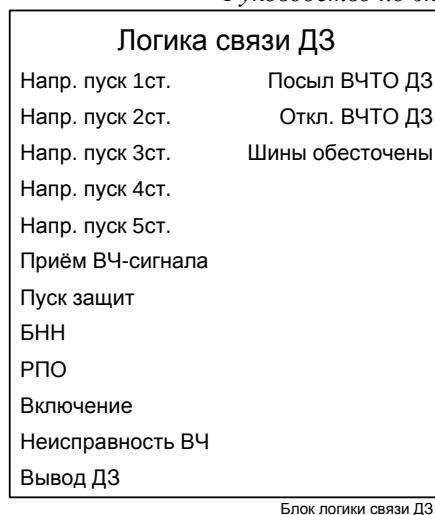


Рисунок 13 – Функциональный блок логики связи ДЗ

Таблица 9 – Входы и выходы функционального блока логики связи ДЗ

Логические входы	
Напр. пуск ст	Направленный пуск ступеней ДЗ (1-5)
Прием ВЧ-сигнала	Прием ВЧ-сигнала
Пуск защит	Пуск защит устройства
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Включение	Сигнал на включение выключателя
Неисправность ВЧ	Неисправность ВЧ-тракта
Вывод ДЗ	Вывод ДЗ
Логические выходы	
Посыл ВЧТО ДЗ	Посыл ВЧ-сигнала
Откл. ВЧТО ДЗ	Отключение выключателя от ДЗ с использованием логики связи
Шины обесточены	Напряжение на шинах отсутствует

Режим работы логики связи ДЗ определяется программной накладкой «Нреж»:

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

Логика ВЧ-связи автоматически блокируется при выводе ДЗ из работы сигналом «Вывод ДЗ». Также дополнительно предусматривается отдельный ключ вывода логики связи.

При включении выключателя на время, задаваемое уставкой «ТвывВкл», происходит:

- посыл блокирующего ВЧ-сигнала для логики с посылкой блокирующего сигнала;
- запрет посылы разрешающего ВЧ-сигнала для логик с посылкой разрешающих сигналов;
- запрет формирования отключающего сигнала.

При получении сигнала «Неисправность ВЧ» происходит запрет действия на отключение блокирующей логики связи. Неисправность ВЧ-канала также фиксируется при длительном наличии сигнала телеускорения (блокировки) ДЗ в канале связи.

Накладкой «НпрямСт» задается ступень ДЗ, направленный пуск которой будет восприниматься как прямонаправленный пуск.

Накладкой «НобрСт» задается ступень ДЗ, направленный пуск которой будет восприниматься как обратнаправленный пуск.

1.2.1.9.2 Логика связи с посылкой блокирующего сигнала

Посыл блокирующего сигнала формируется, если произошел пуск обратноподведенной ступени ДЗ (выбранной программной накладкой «**НобрСт**»). Минимальная длительность блокирующего сигнала определяется уставкой «**ТдлитОбрСт**». Логика формирования сигнала показана на рисунке 14.

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

Останов приемопередатчика происходит при прямонаправленном пуске расширенной ступени ДЗ (определяется программной накладкой «**НпрямСт**»).

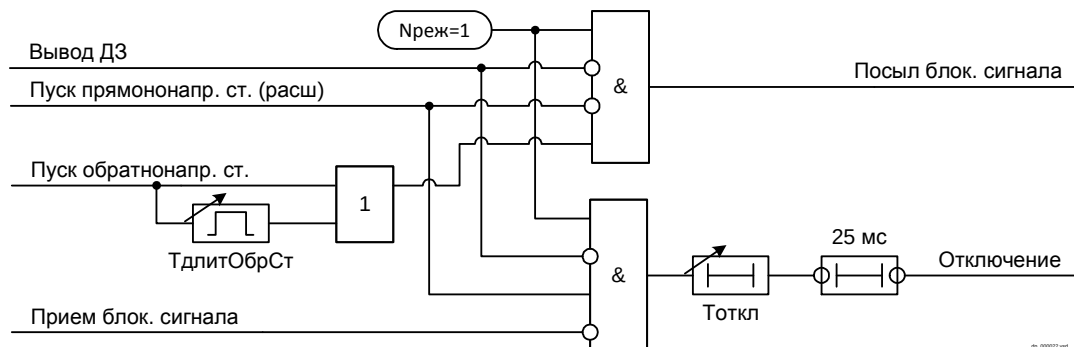


Рисунок 14 – Логика работы схемы связи с посылкой блокирующего сигнала

Сигнал на отключение в блокирующей схеме формируется в том случае, если присутствует пуск прямонаправленной ступени и в течение времени «**Тоткл**» нет приема блокирующего сигнала.

1.2.1.9.3 Логика связи с посылкой разрешающего сигнала от сокращенной зоны охвата

Разрешающий сигнал формируется при наличии сигнала направленного пуска первой ступени ДЗ и отсутствии сигнала пуска обратноподведенной ступени. Минимальная длительность разрешающего сигнала определяется уставкой «**ТдлитСт1**». Логика формирования сигнала представлена на рисунке 15.

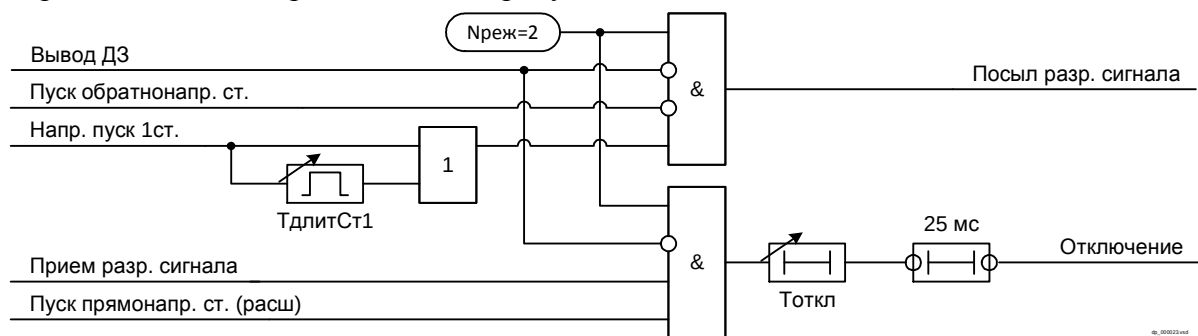


Рисунок 15 – Логика работы схемы связи с посылкой разрешающего сигнала от сокращенной зоны охвата

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

1.2.1.9.4 Логика связи с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата

Разрешающий сигнал формируется при наличии прямонаправленного пуска первой ступени или прямонаправленной расширенной ступени при отсутствии сигнала пуска от обратноподведенной ступени. Минимальная длительность разрешающего сигнала от первой

ступени для обеспечения надежной работы при близких замыканиях определяется уставкой «ТдлитСт1». Логика формирования сигнала показана на рисунке 16.

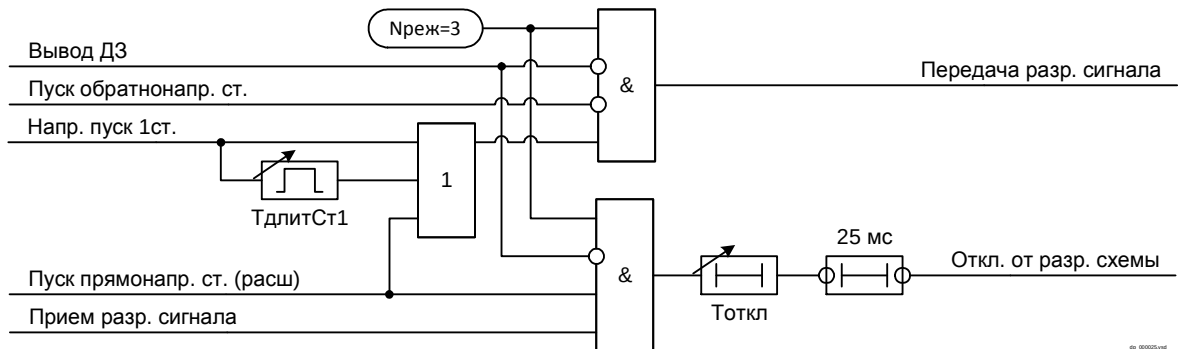
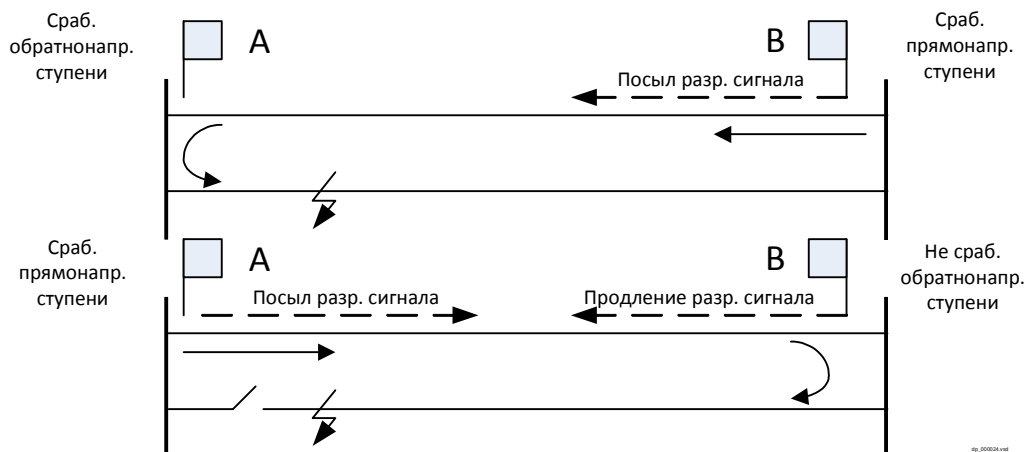


Рисунок 16 – Логика работы схемы связи с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата

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

Если параллельные линии подключены к общим шинам на обоих концах, схема связи с разрешающим сигналом от расширенной зоны охвата, показанная на рисунке 16 («Нреж» = 3), может отключить неселективно 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 17.



а – состояние системы до отключения замыкания, б – состояние системы после отключения поврежденной линии с одной стороны

Рисунок 17 – Состояние системы, которое может привести к реверсу тока

Чтобы избежать аномальных ситуаций такого рода, нужно использовать логику реверса тока повреждения (логику блокирования при переходном процессе).

1.2.1.9.5 Логика работы блокировки при реверсе мощности

Логика формирования сигнала представлена на рисунке 18.

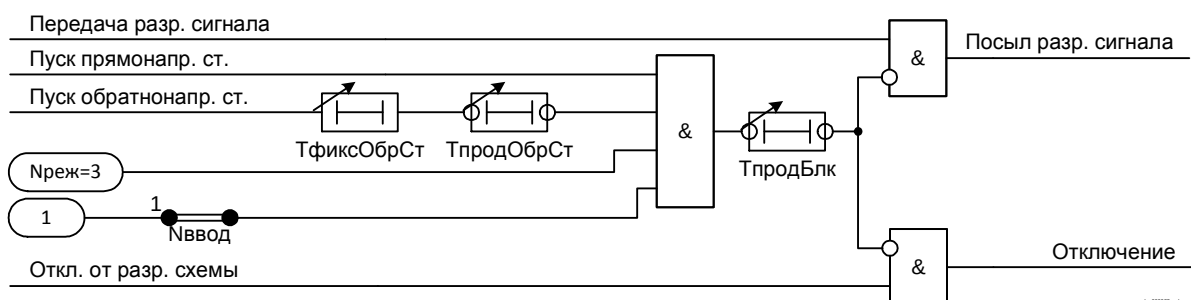


Рисунок 18 – Логика блокировки при реверсе мощности

Выдержка времени на срабатывание «ТфиксОбрСт» позволяет фиксировать устойчивый пуск обратонаправленной 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 «ТдлитСт1», как видно из рисунка 16. Большая выдержка времени увеличивает защиту от ошибочных отключений, но задерживает устранение повреждения.

Выдержка времени «ТпродБлк» задает время продления сигнала о реверсе мощности.

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

1.2.1.9.6 Логика отключения слабого конца

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 логика отключения конца линии со слабым питанием (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), представленная на рисунке 19.

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

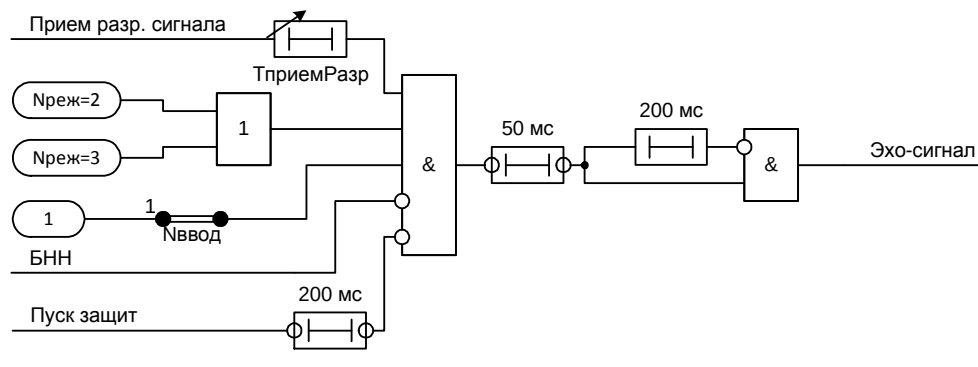


Рисунок 19 – Логика формирования эхо-сигнала

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

Накладка «Ноткл» 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 предусмотрено отключение по критерию минимального напряжения во время посылки эхо-сигнала, логика которого представлена на рисунке 20. При трехфазном замыкании работа ЛОСК разрешена на первые 100 мс, после чего действие на отключение запрещено.

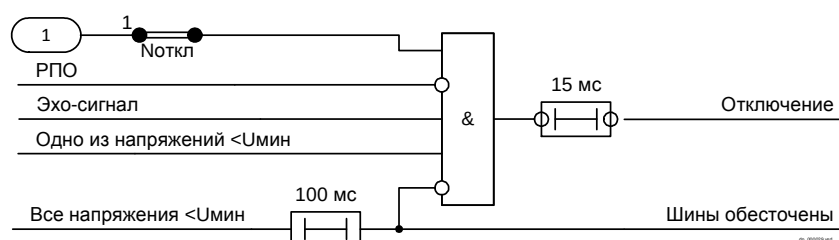


Рисунок 20 – Логика отключения конца со слабым питанием

Сигналы о минимальном напряжении «Одно из напряжений <Умин» и «Все напряжения <Умин» формируются шестью минимальными ИО, включенными на фазные и линейные напряжения. Уровни срабатывания ИО, реагирующих на фазные и междуфазные напряжения, задаются уставками «УминФЗ» и «УминФФ» соответственно.

1.2.1.9.7 Логика связи с посылкой сигнала прямого отключения

Разрешающий сигнал формируется при наличии прямонаправленного пуска первой ступени и при отсутствии сигнала пуска от обратногонаправленной ступени. Соответствующая логика показана на рисунке 21.

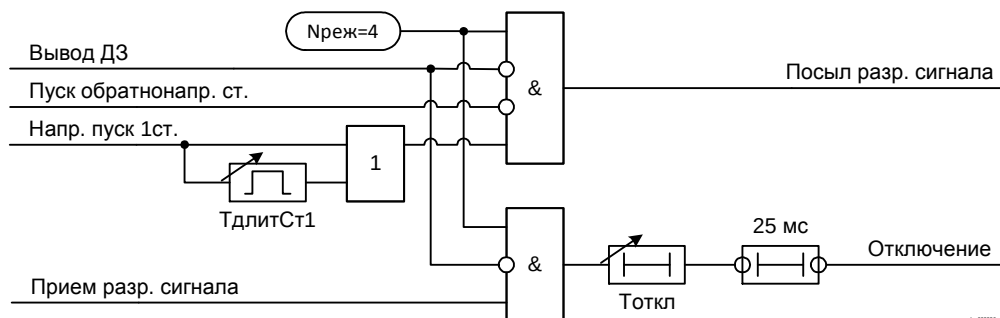


Рисунок 21 – Логика работы схемы связи с посылкой сигнала прямого телеотключения

Сигнал на отключение в схеме прямого телеотключения формируется при приеме сигнала телеотключения с противоположного конца линии в течение времени «Тоткл».

1.2.1.9.8 Уставки модуля логики связи ДЗ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Уставки модуля логики связи ДЗ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы логики связи ДЗ (0 – вывод, 1 – логика связи с посылкой блокирующего сигнала, 2 – логика связи с посылкой разрешающего сигнала от сок-ращенной зоны охвата, 3 – логика связи с посылкой разрешающего сигнала от расширенной зоны охвата, 4 – логика связи с посылкой сигнала прямого отключения с противоположного конца)	Нреж	–	0
Номер прямонаправленной расширенной ступени ДЗ (от 2 до 5)	НпрямСт	–	4
Номер обратногонаправленной ступени ДЗ (от 2 до 5)	НобрСт	–	5
Выдержка времени на отключение выключателя от логики связи ДЗ, мс	Тоткл	от 10 до 5000 (шаг 1)	20
Минимальная длительность сигнала направленного пуска ступени 1 ДЗ, мс	ТдлитСт1	от 10 до 1000 (шаг 1)	100
Время вывода логики связи ДЗ при включении выключателя, мс	ТвывВкл	от 20 до 30000 (шаг 1)	1000
Блокирующая логика			
Минимальная длительность сигнала срабатывания обратногонаправленной ступени ДЗ, мс	ТдлитОбрСт	от 10 до 1000 (шаг 1)	100
Логика отключения слабого конца			
Минимальное фазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ф.ном}$	УминФЗ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальное междуфазное напряжение для ЛОСК, % от $U_{ном}$	УминФФ	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Отключение от ЛОСК ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	0
Работа ЛОСК ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на приём разрешающего сигнала в ЛОСК, мс	ТприемРазр	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Блокировка при реверсе мощности			
Работа логики блокировки при реверсе мощности ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	1
Выдержка времени на фиксацию обратноподнаправленного пуска ДЗ, мс	ТфиксОбрСт	от 20 до 2000 (шаг 1)	100
Время фиксации пуска обратноподнаправленной ступени, мс	ТпродОбрСт	от 10 до 2000 (шаг 1)	10
Время блокирования ДЗ при реверсе мощности, мс	ТпродБлк	от 10 до 2000 (шаг 1)	100

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

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

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

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

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

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

1.2.1.10 Блокировка при качаниях по замеру тока

1.2.1.10.1 Принцип работы

Для предотвращения неправильной работы ДЗ при возникновении качаний в энергосистеме в терминале предусмотрена блокировка ДЗ при качаниях. Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру тока представлен на рисунке 22. Логика работы БК по замеру тока показана на рисунке 23.



Рисунок 22 – Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру тока

Таблица 11 – Входы и выходы функционального блока блокировки при качаниях по току

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

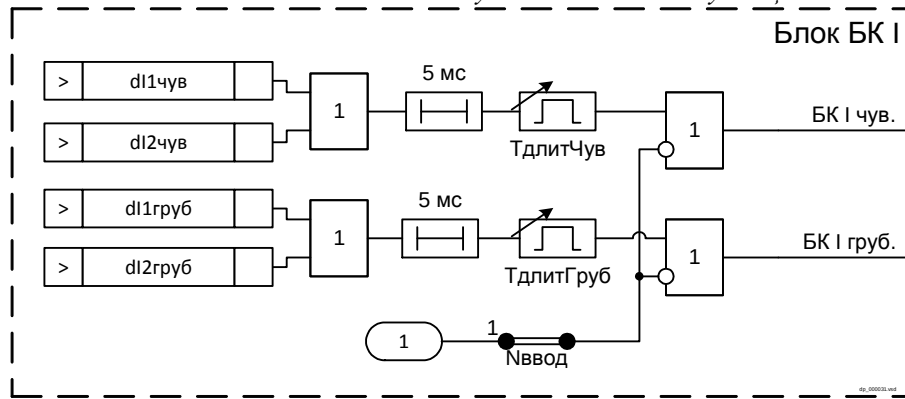


Рисунок 23 – Логика работы БК по току

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

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

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

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

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

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

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

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

Уровень срабатывания ИО по изменению тока обратной последовательности задается уставками «dl2чув» и «dl2груб» для чувствительного и грубого канала соответственно. Уровень срабатывания ИО по изменению тока прямой последовательности задается уставками «dl1чув» и «dl1груб» для чувствительного и грубого канала соответственно.

Уставки блокировки при качаниях по замеру тока приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Уставки блокировки при качаниях по замеру тока

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Приращение тока прямой последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1чув	от 8 до 300 (шаг 1)	15
Приращение тока прямой последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI1груб	от 12 до 500 (шаг 1)	25
Приращение тока обратной последовательности чувствительного канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2чув	от 4 до 150 (шаг 1)	12
Приращение тока обратной последовательности грубого канала БК I, % от $I_{ном}$	dI2груб	от 6 до 250 (шаг 1)	20
Работа блокировки при качаниях по току (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	1
Длительность разрешающего сигнала чувствительного канала БК I, мс	ТдлитЧув	от 200 до 12000 (шаг 1)	200
Длительность разрешающего сигнала грубого канала БК I, мс	ТдлитГруб	от 200 до 12000 (шаг 1)	400

1.2.1.10.2 Средняя основная погрешность по токам срабатывания ИО БК I не превышает ± 10 % от уставки.

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

1.2.1.10.4 Время срабатывания ИО БК I при подаче токов толчком от нуля до удвоенного значения уставки составляет не более 25 мс.

1.2.1.11 Блокировка при качаниях по замеру сопротивления (БК Z)

1.2.1.11.1 Принцип работы

Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру сопротивления представлен на рисунке 24.



Рисунок 24 – Функциональный блок блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Таблица 13 – Входы и выходы блока блокировки при качаниях по замеру сопротивления

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

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

Основными элементами БК Z являются два РС с прямоугольной характеристикой срабатывания, симметричные относительно начала координат: внутренняя уставочная

характеристика задается уставками «Хвнутр» и «Рвнутр»; внешняя характеристика определяется границами $X_{внутр} \cdot KX$ и $R_{внутр} \cdot KR$, как показано на рисунке 25.

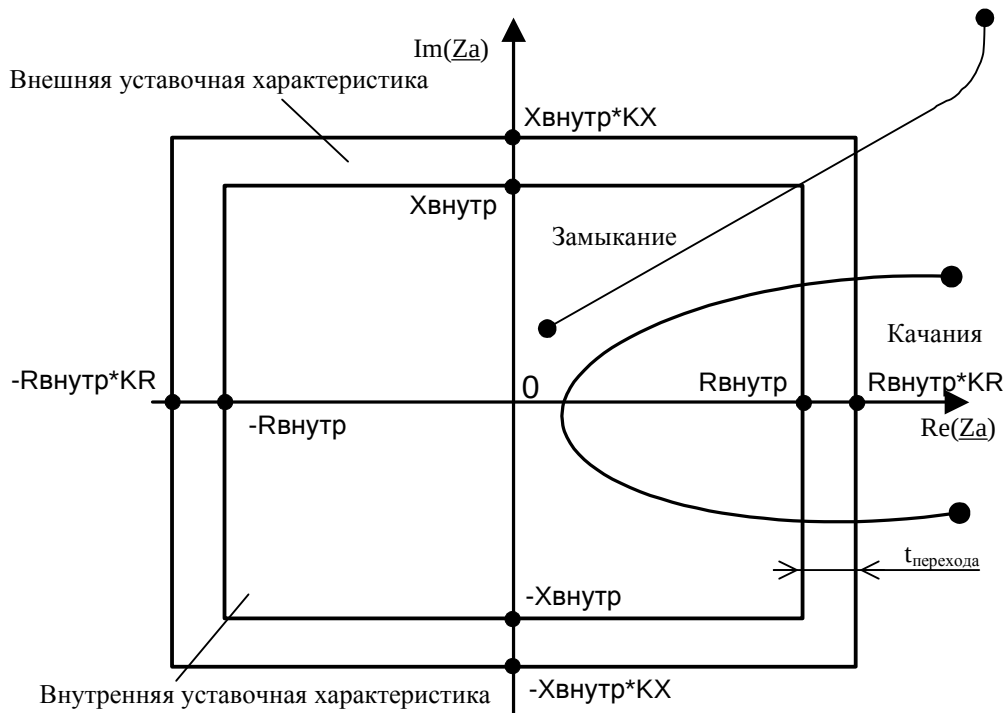


Рисунок 25 – Годографы замера комплексного сопротивления на плоскости РС фазы А при качаниях и при замыкании

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

РС БК Z включаются на все фазные замеры (1.2.1.3). Определение качаний для каждой фазы производится независимо. На рисунке 26 представлена логика определения качаний в фазе А (для других фаз логическая схема аналогична).

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

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», который вводится в работу сигналом о появлении второго цикла качаний. Выдержка времени второго цикла качаний должна быть заведомо меньше выдержки времени первого цикла, что обеспечивает надежную фиксацию режима качаний.

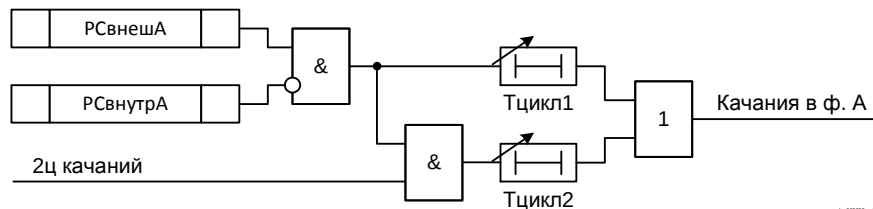


Рисунок 26 – Логика обнаружения качаний в фазе А по замеру сопротивления

Факт качаний фиксируется при появлении качаний в одной либо двух фазах, что определяется программной накладкой «Нреж». После фиксации качаний выдается сигнал на блокирование соответствующих ступеней ДЗ на время, определяемое уставкой «ТпродБлк», если нет условий для разблокирования, как показано на рисунке 27.

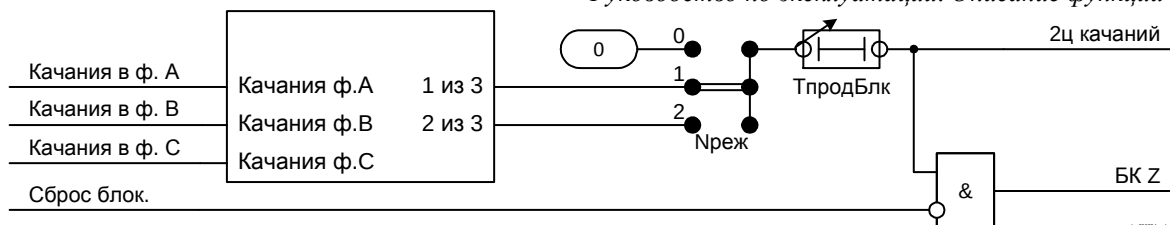


Рисунок 27 – Логика формирования сигнала блокировки ДЗ от БК по замеру сопротивления

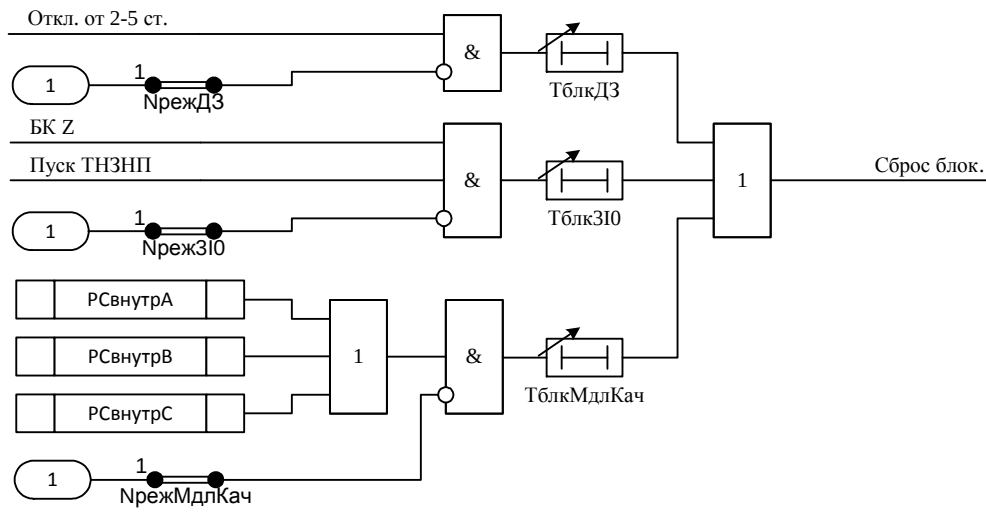


Рисунок 28 – Логика вывода БК по замеру сопротивления

Сброс блокировки может быть сформирован в следующих случаях:

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

Логика сброса блокировки показана на рисунке 28.

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

Уставки блокировки при качаниях по замеру сопротивления приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Уставки блокировки при качаниях по замеру сопротивления

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси R, Ом	Rвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	20
Граница внутренней характеристики реле сопротивления по оси X, Ом	Xвнутр	от 0,1 до 500 (шаг 0,01)	30
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси R по отношению к внутренней, % от Rвнутр	KR	от 120 до 200 (шаг 1)	120
Коэффициент расширения внешней характеристики по оси X по отношению к внутренней, % от Xвнутр	KX	от 120 до 200 (шаг 1)	120

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы логики определения качаний (0 – вывод, 1 – качания фиксируются при выявлении режима качаний в одной из трёх фаз, 2 – качания фиксируются при выявлении режима качаний в двух из трёх фаз)	Нреж	–	0
Режим работы БК Z при срабатывании ступеней ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежДЗ	–	0
Режим работы БК Z при наличии тока нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежЗЮ	–	0
Режим работы БК Z при медленных качаниях (0 – вывод, 1 – ввод)	НрежМдлКач	–	0
Выдержка времени для выявления первого цикла качаний, мс	Тцикл1	от 10 до 32000 (шаг 1)	45
Выдержка времени для выявления последующих качаний, мс	Тцикл2	от 20 до 32000 (шаг 1)	25
Длительность продления блокирующего сигнала БК Z, мс	ТпродБлк	от 100 до 10000 (шаг 1)	500
Выдержка времени на формирование сигнала блокирования при срабатывании какой-либо из ступеней ДЗ, мс	ТблкДЗ	от 10 до 30000 (шаг 1)	60
Выдержка времени для блокирования БК Z при наличии тока нулевой последовательности, мс	ТблкЗЮ	от 50 до 5000 (шаг 1)	200
Выдержка времени для блокирования БК Z при медленных качаниях, мс	ТблкМдлКач	от 100 до 5000 (шаг 1)	200

1.2.1.11.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.1.4.2–1.2.1.4.12.

1.2.1.12 Модуль общего критерия повреждения по замеру сопротивления

1.2.1.12.1 Принцип работы

Основной задачей общего критерия повреждения (ОКП) является выявление факта и вида повреждения на большей части сети, контролируемой защитой. В устройстве предусмотрена функция ОКП, основанная на контроле понижения полного сопротивления и имеющая расширенную характеристику срабатывания РС (рисунок 30). Функциональный блок ОКП по замеру сопротивления представлен на рисунке 29.



Рисунок 29 – Функциональный блок ОКП по замеру сопротивления

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока ОКП по замеру сопротивления

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

Функция ОКП по замеру сопротивления содержит шесть РС (три междуфазных и три фазных). Междуфазные и фазные каналы имеют независимые характеристики срабатывания, которые симметричны относительно оси мнимых, как показано на рисунке 30.

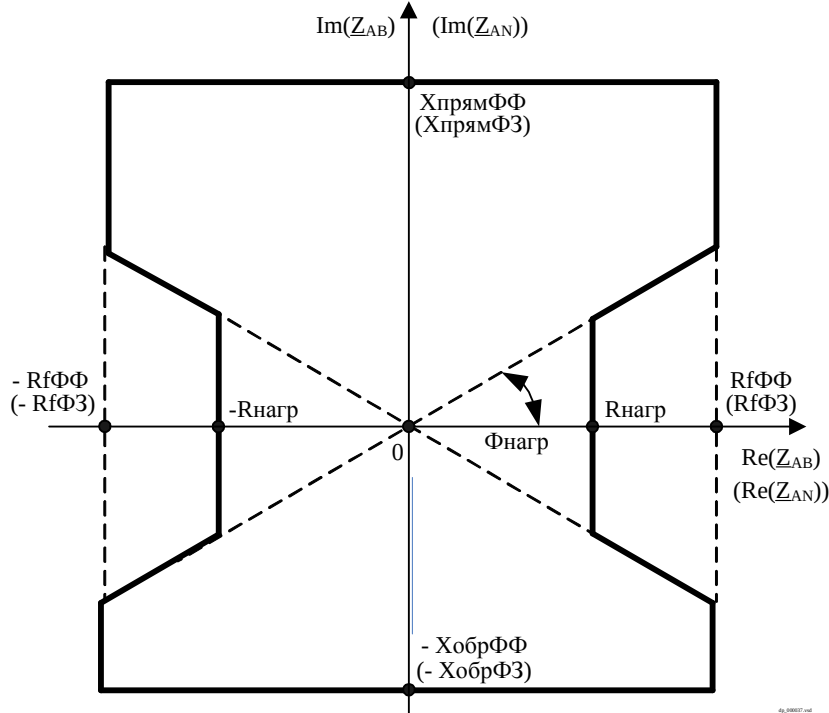


Рисунок 30 – Характеристика срабатывания РС междуфазного канала АВ ОКП по замеру сопротивления (в скобках указаны уставки для фазного канала АН)

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

Функция ОКП может быть заблокирована внешним сигналом БНН.

Уставки ОКП по замеру сопротивления приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Уставки ОКП по замеру сопротивления

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка по оси X в прямом направлении междуфазного контура ОКП, Ом	XпрямФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в обратном направлении междуфазного контура ОКП, Ом	XобрФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в прямом направлении фазного контура ОКП, Ом	XпрямФ3	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Уставка по оси X в обратном направлении фазного контура ОКП, Ом	XобрФ3	от 1 до 500 (шаг 0,01)	28
Максимальное переходное сопротивление при междуфазных замыканиях, Ом	RfФФ	от 1 до 500 (шаг 0,01)	30
Максимальное переходное сопротивление при земляных замыканиях, Ом	RfФ3	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	Φнагр	от 5 до 60 (шаг 1)	26

1.2.1.12.2 Все точностные параметры ИО сопротивления аналогичны приведенным в 1.2.1.4.2–1.2.1.4.12.

1.2.1.13 Модуль общего критерия повреждения по замеру тока

1.2.1.13.1 Принцип работы

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

последовательности. Функциональный блок ОКП по замеру тока представлен на рисунке 31. Логика работы функции ОКП по замеру токов представлена на рисунке 32.

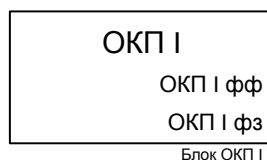


Рисунок 31 – Функциональный блок ОКП по замеру тока

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

Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
ОКП I фф	Срабатывание междуфазного канала ОКП по замеру тока
ОКП I фз	Срабатывание земляного канала ОКП по замеру тока

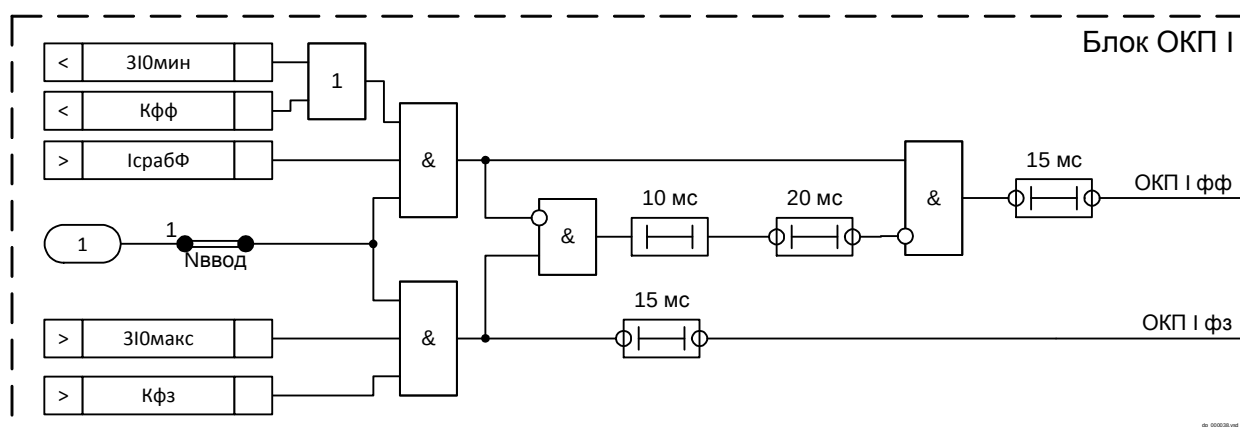


Рисунок 32 – Логика работы функции ОКП по замеру токов

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

Срабатывание земляного канала («ОКП I фз») происходит при условии превышения током нулевой последовательности минимального тока работы ДЗ («3I0макс») и при условии, что отношение тока нулевой последовательности к максимальному фазному току больше, чем коэффициент тока нулевой последовательности при земляных замыканиях («Кфз»).

Срабатывание междуфазного канала («ОКП I фф») происходит при следующих условиях: если 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») и модуль максимального фазного тока больше, чем уставка минимального тока замыкания («IsrabФ»).

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

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

Уставки ОКП по замеру тока приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Уставки ОКП по замеру тока

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания при междуфазных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	IsrabФ	от 10 до 400 (шаг 1)	200
Утроенный ток нулевой последовательности при междуфазных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	3I0мин	от 5 до 200 (шаг 1)	20
Утроенный ток нулевой последовательности при земляных замыканиях, % от $I_{НОМ}$	3I0макс	от 30 до 450 (шаг 1)	30

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Максимальное значение тока нулевой последовательности в фазном токе при междуфазном замыкании, %	Кфф	от 10 до 100 (шаг 1)	40
Минимальное значение тока нулевой последовательности в фазном токе при земляном замыкании, %	Кфз	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Работа модуля ОКП по току (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0

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

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

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

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

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

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

1.2.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности

1.2.2.1 Принцип действия ТНЗНП

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

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

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

1.2.2.2 Общая логика работы ТНЗНП

Функциональный блок ТНЗНП представлен на рисунке 33.

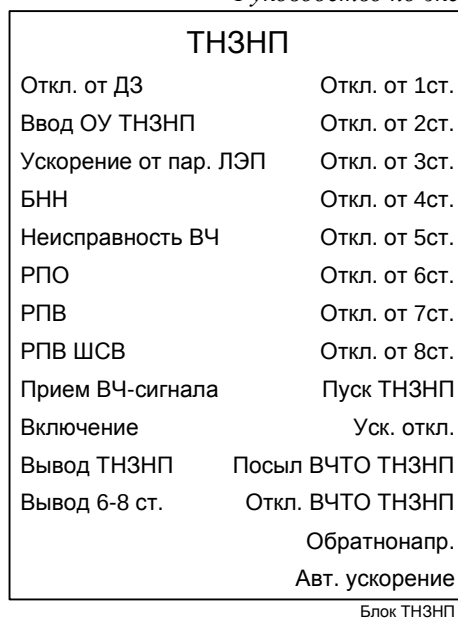


Рисунок 33 – Функциональный блок ТНЗНП

ТНЗНП реализует следующие основные блоки:

- восемь ступеней ТНЗНП, орган направленности;
- блокировку при броске тока намагничивания;
- функциональный блок 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. ТНЗНП».

1.2.2.3 Принцип работы ступени ТНЗНП

1.2.2.3.1 Функциональный блок ступени ТНЗНП представлен на рисунке 34. На рисунке 35 приведена логическая схема работы ступени ТНЗНП.

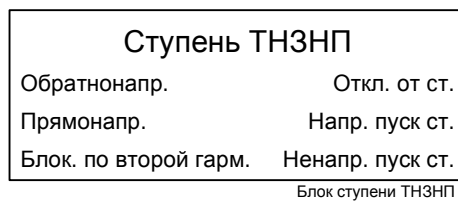


Рисунок 34 – Функциональный блок ступени ТНЗНП

Таблица 19 – Входы и выходы функционального блока ступени ТНЗНП

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

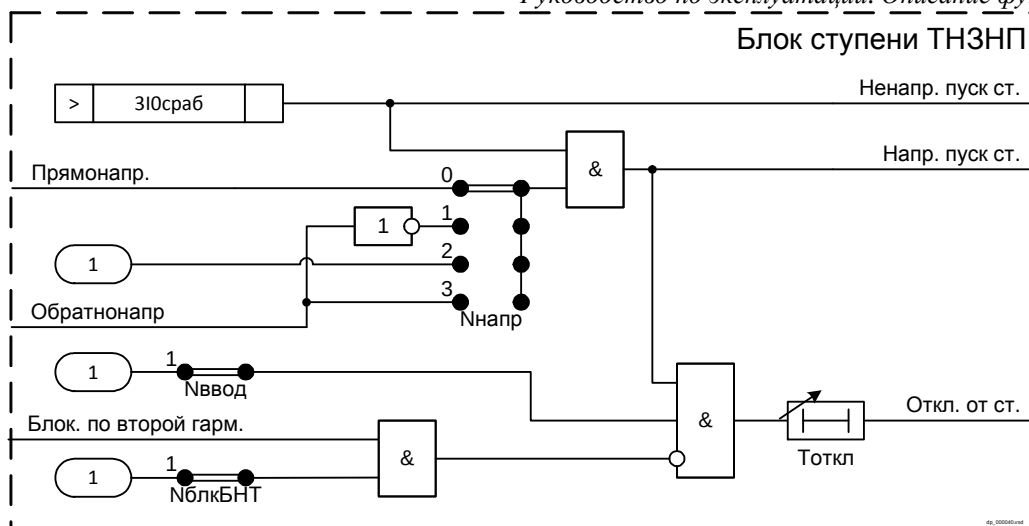


Рисунок 35 – Логика работы ступени ТНЗНП

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

- «**Ннапр**» = 0 – разрешается работа ступени, если орган направленности ТНЗНП выдает сигнал о КЗ в прямом направлении;
- «**Ннапр**» = 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);
- «**Ннапр**» = 2 – ступень работает без контроля направленности;
- «**Ннапр**» = 3 – разрешается работа ступени, если орган направленности ТНЗНП выдает сигнал о КЗ в обратном направлении.

Основным ИО ступени ТНЗНП является реле тока нулевой последовательности, которое срабатывает при превышении током уставки «**3И0сраб**».

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

Режим работы ступени ТНЗНП при броске тока намагничивания (БНТ) смежного силового трансформатора задается при помощи программной накладки «**НблкБНТ**». Работа модуля броска тока намагничивания приведена в 1.2.2.5.

Ступень ТНЗНП вводится в работу при помощи накладки «**Нввод**».

Уставки ступени ТНЗНП приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Уставки ступени ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ступени ТНЗНП, % от $I_{ном}$	3И0сраб	от 5 до 3000 (шаг 1)	260
Режим направленности ступени ТНЗНП (0 – работа при замыкании в прямом направлении, 1 – работа во всех режимах, кроме обратного направления, 2 – работа без контроля направленности, 3 – работа при замыкании в обратном направлении)	Ннапр	–	0
Работа ступени ТНЗНП (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Блокирование ступени ТНЗНП при броске намагничивающего тока (0 – вывод, 1 – ввод)	НблкБНТ	–	1
ВВС ступени ТНЗНП, мс	Тоткл	от 20 до 30000 (шаг 1)	20

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

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

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

1.2.2.3.5 Коэффициент возврата ИО тока не менее 0,9.

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

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

1.2.2.4 Орган направленности ТНЗНП

1.2.2.4.1 Принцип действия

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

Общий функциональный блок органа направленности представлен на рисунке 36. Логика работы органа направленности по параметрам нулевой последовательности представлена на рисунке 37. Логика работы органа направленности по параметрам обратной последовательности представлена на рисунке 38.

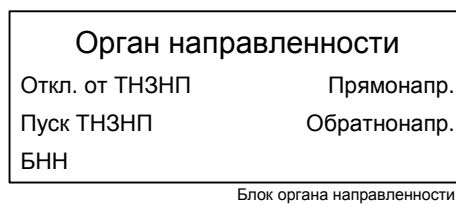


Рисунок 36 – Общий функциональный блок органа направленности

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока органа направленности ТНЗНП

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

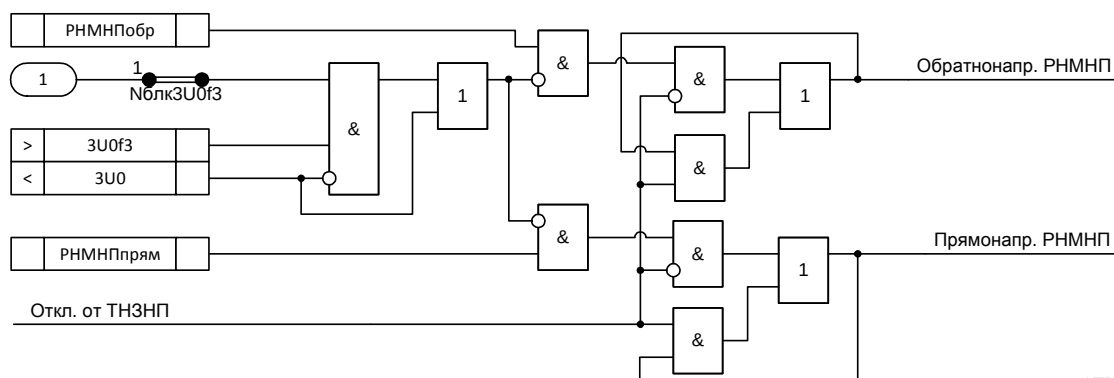


Рисунок 37 – Логика работы органа направленности по параметрам нулевой последовательности

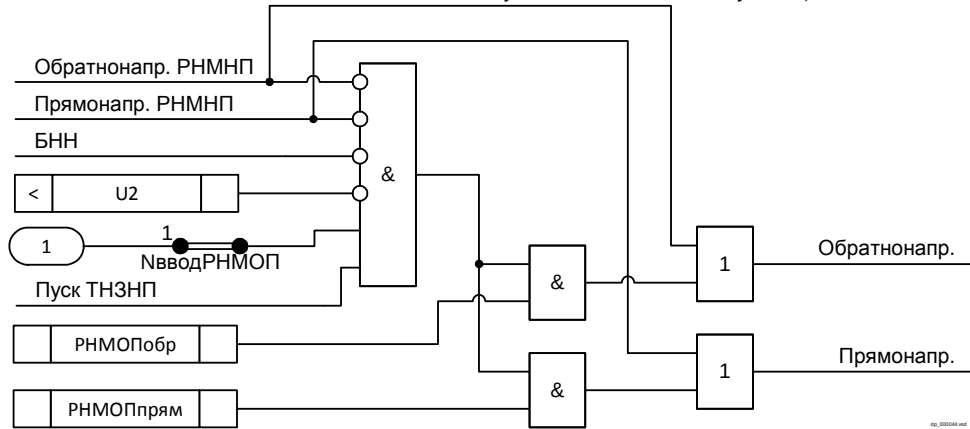


Рисунок 38 – Логика работы органа направленности по параметрам обратной последовательности

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

Прямонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

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

где I_0 – ток нулевой последовательности;

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

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

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

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

Обратнонаправленное РНМНП срабатывает при выполнении следующего условия

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

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

Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП приведена на рисунке 39.

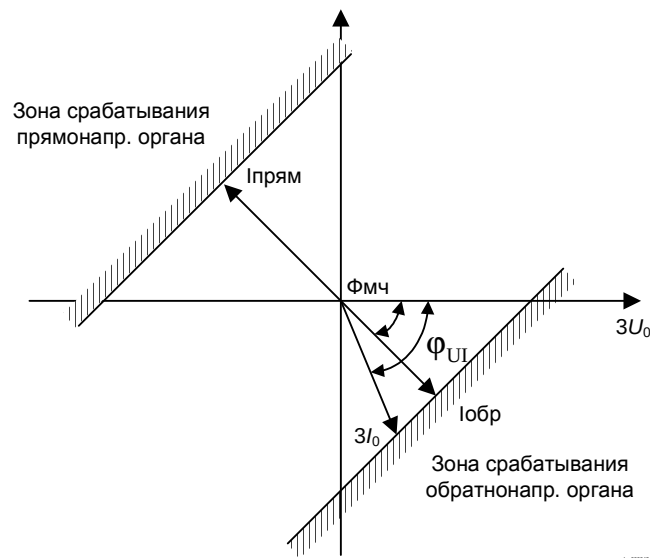


Рисунок 39 – Характеристика срабатывания органа направленности ТНЗНП

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

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

ИО «**3U0**» реагирует на расчетное напряжение $3U_{0PHM}$.

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

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

При появлении сигнала о ненаправленном пуске ТНЗНП и отсутствии срабатывания обоих РНМНП (прямого и обратного) предусмотрена возможность ввода программной накладкой «**НвводРНМОП**» двух реле направления мощности обратной последовательности (РНМОП): прямонаправленного и обратнаправленного, включенных по схеме «ИЛИ» с органами направления мощности нулевой последовательности, как показано на рисунке 38.

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

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

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

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

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

Уставки органа направленности ТНЗНП приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Уставки органа направленности ТНЗНП

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

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

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

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

1.2.2.4.4 Коэффициент возврата РНМНП по току и напряжению нулевой последовательности и РНМОП по току и напряжению обратной последовательности не менее 0,9.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.2.5 Принцип работы ТНЗНП при броске тока намагничивания

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

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

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

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

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

Уставки органа блокировки при броске тока намагничивания приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Уставки органа блокировки при броске тока намагничивания

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

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

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

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

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

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

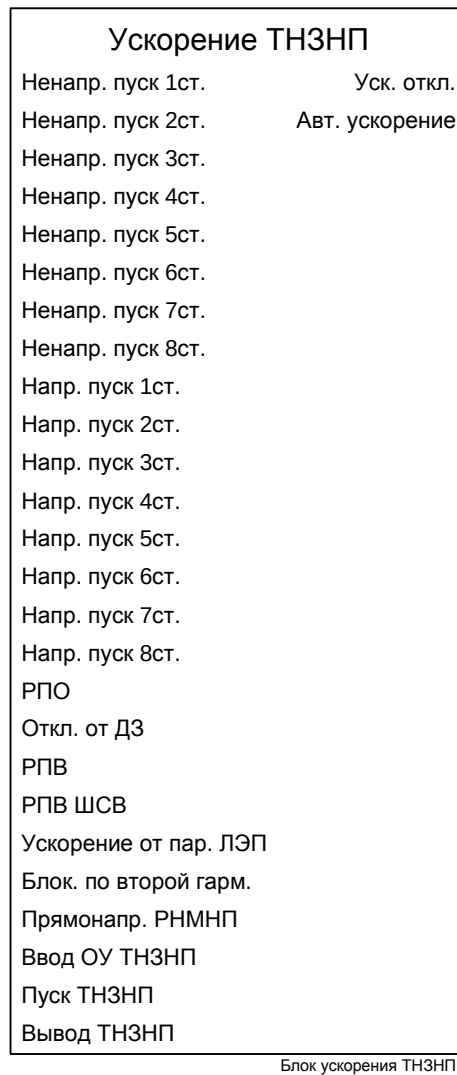
1.2.2.5.7 Время возврата всех токовых ИО при сбросе тока от десятикратного тока срабатывания $10 I_{сраб}$ до нуля составляет не более 30 мс.

1.2.2.6 Ускорение ТНЗНП

В устройстве предусмотрена возможность ускорения ступеней ТНЗНП в следующих режимах:

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

Функциональный блок ускорения ТНЗНП представлен на рисунке 40.



Блок ускорения ТНЗНП

Рисунок 40 – Функциональный блок ускорения ТНЗНП

Таблица 24 – Входы и выходы функционального блока органа ускорения ТНЗНП

Логические входы	
Ненапр. пуск ст.	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8)
Напр. пуск ст.	Направленный пуск ступеней ТНЗНП (1-8)
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Откл. ДЗ	Отключение выключателя от дистанционной защиты
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПВ ШСВ	Сигнал включенного положения шиносоединительного выключателя

Ускорение от пар. ЛЭП	Ускорение от защит параллельной линии
Блок. по второй гарм.	Блокировка действия ускорения ТНЗНП при броске намагничивающего тока
Прямонапр. РНМНП	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности нулевой последовательности
Ввод ОУ ТНЗНП	Ввод оперативного ускорения ТНЗНП
Пуск ТНЗНП	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП
Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП
Логические выходы	
Уск. откл.	Ускоренное отключение от ТНЗНП
Авт. ускорение	Пуск автоматического ускорения ТНЗНП

1.2.2.6.1 Автоматическое ускорение ТНЗНП

Предусмотрена возможность ускорения первой-восьмой ступеней ТНЗНП при включении выключателя. Логика ускорения ТНЗНП при включении выключателя приведена на рисунке 41.

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

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

При помощи программной наклейки «НускСт» выбирается режим ускорения или запрещается ускорение при включении выключателя («НускСт» = 0). Чаще всего выбирается режим автоматического ускорения ненаправленного пуска ступени ТНЗНП. Программируемая наклейка «ПрежАУ» и ИО минимального напряжения «Упр» являются общими для ДЗ, ТНЗНП и токовой отсечки.

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

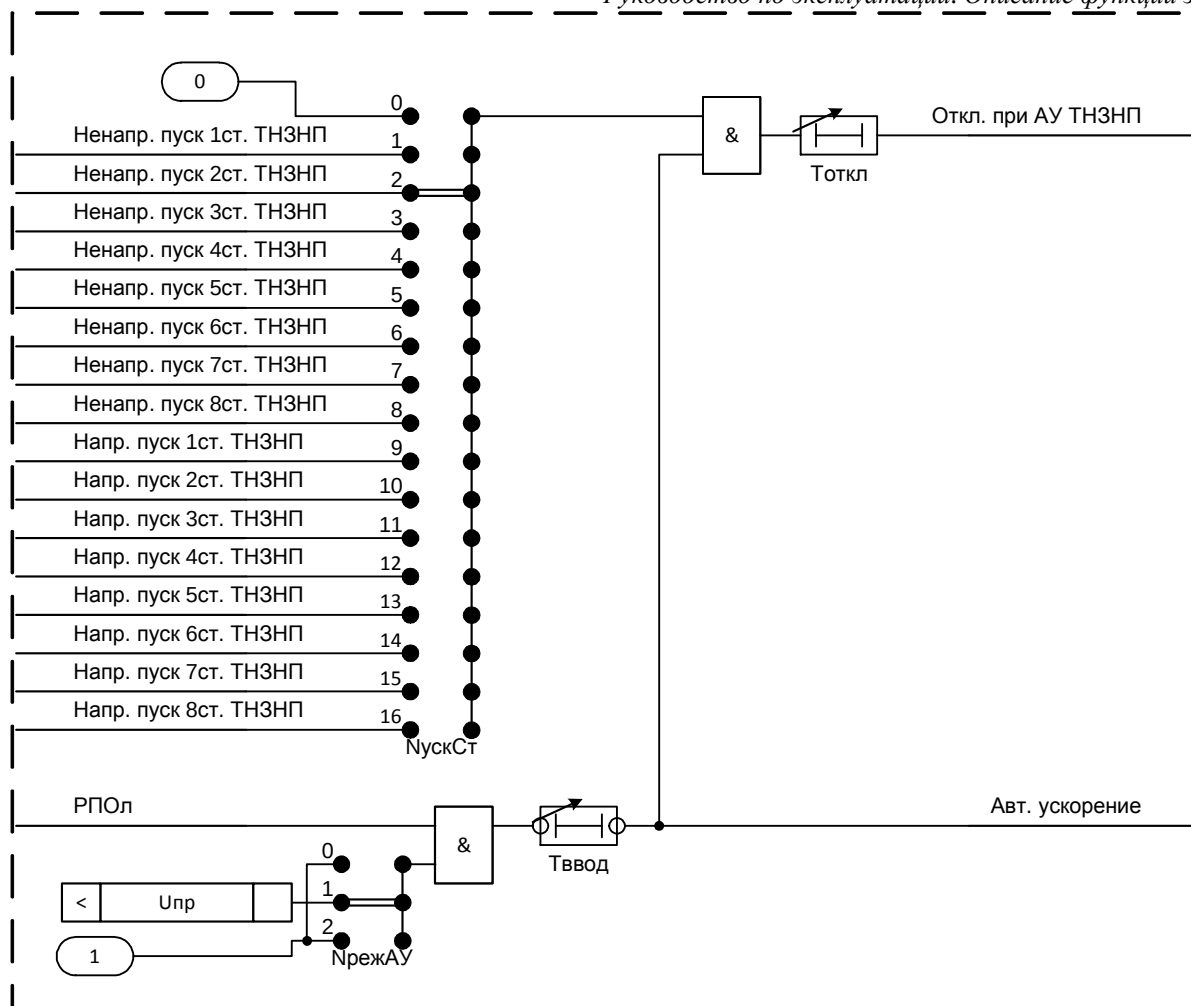


Рисунок 41 – Логика ускорения ТНЗНП при включении выключателя

1.2.2.6.2 Ускорение ТНЗНП при срабатывании ДЗ

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

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

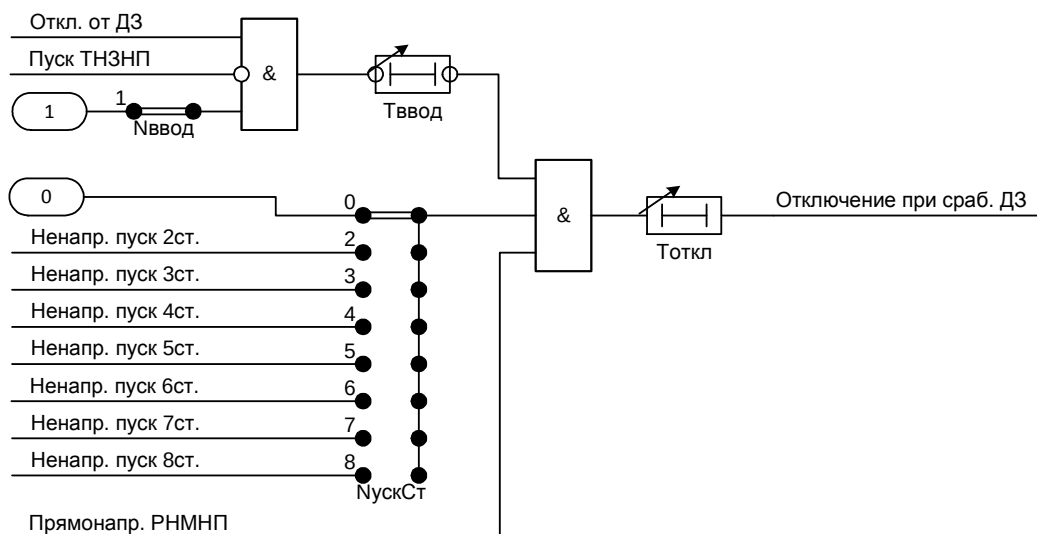


Рисунок 42 – Логика ускорения при срабатывании ДЗ

1.2.2.6.3 Ускорение ТЗНП от защит параллельной линии

Схемой логики предусмотрена возможность ускорения второй-восьмой ступеней ТЗНП от защит параллельной линии с контролем направленности, как показано на рисунке 43. В схеме ускорения используется суммарный сигнал о включенном положении своего выключателя (РПВ) и сигнал «Ускорение от пар. ЛЭП». Сигнал «Ускорение от пар. ЛЭП» формируется в устройстве защит параллельной линии путем объединения по «И» логического сигнала РПВ и сигнала о срабатывании РНМНП обратной направленности, что необходимо для исключения неправильного действия ускоряемой защиты при повреждении на параллельной линии в зоне между выносным трансформатором тока и выключателем.

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

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

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

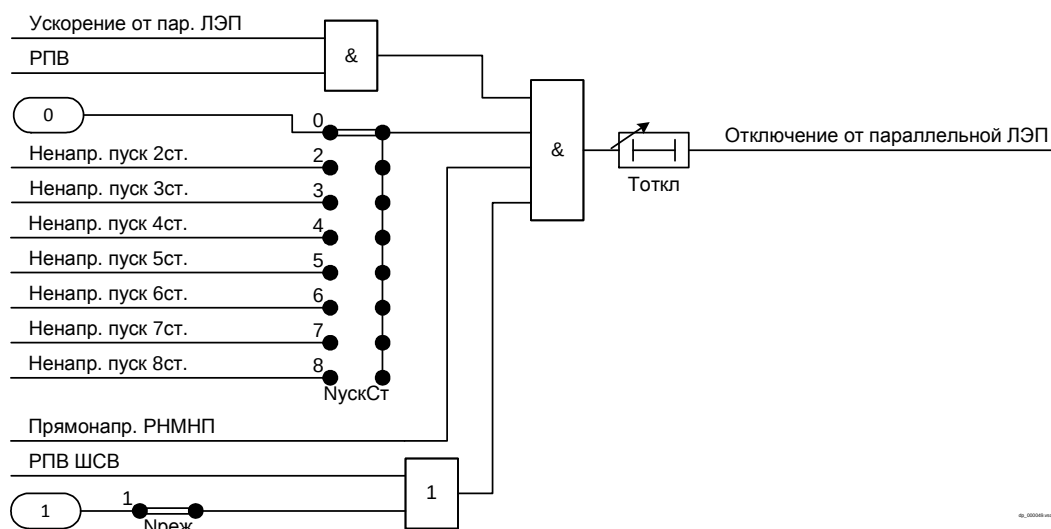


Рисунок 43 – Логика ускорения от параллельной линии

1.2.2.6.4 Оперативное ускорение ТНЗНП

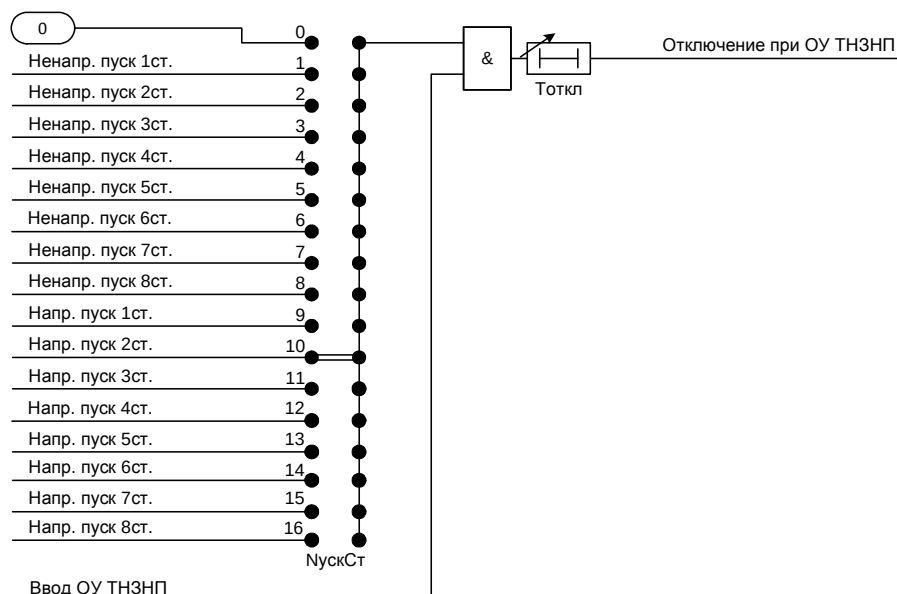


Рисунок 44 – Логика оперативного ускорения

Предусмотрена возможность ввода оперативного ускорения ступени ТНЗНП. Оперативное ускорение чаще всего вводится при выводе основной защиты присоединения. Логика оперативного ускорения показана на рисунке 44.

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

1.2.2.6.5 Все сигналы о срабатывании ТНЗНП при ускорении объединяются по логике «ИЛИ», и, если нет сигнала о выводе ТНЗНП, действуют на отключение, как показано на рисунке 45.

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

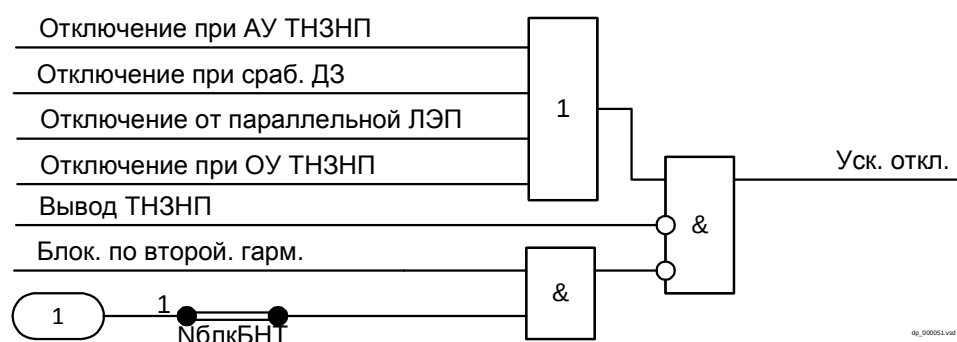


Рисунок 45 – Логика формирования сигнала на отключение при ускорении

Уставки логики ускорения ТНЗНП приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Уставки логики ускорения ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Блокирование ускорения ТНЗНП при броске намагничивающего тока (0 – вывод, 1 – ввод)	НблкБНТ	–	1
Автоматическое ускорение			
Режим автоматического ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	НускСт	–	2
Время продления пускового сигнала логики ускорения ТНЗНП при включении выключателя, мс	Тввод	от 500 до 10000 (шаг 1)	1000
ВВС логики автоматического ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100
Оперативное ускорение			
Режим оперативного ускорения ТНЗНП (0 – вывод, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – направленный пуск ступеней 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	НускСт	–	10
ВВС логики оперативного ускорения, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100
Ускорение при срабатывании дистанционной защиты			
Работа ускорения ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП при срабатывании ДЗ (0 – ускорение отсутствует, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	НускСт	–	0
ВВС логики ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тоткл	от 5 до 50 (шаг 1)	50
Время продления пускового сигнала логики ускорения при срабатывании ДЗ, мс	Тввод	от 50 до 500 (шаг 1)	500
Ускорение от защит параллельной линии			
Режим работы ускорения от защит параллельной ЛЭП (0 – ввод при РПВ ШСВ, 1 – постоянный ввод)	Нреж	–	0
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП от защит параллельной линии (0 – ускорение отсутствует, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ненаправленный пуск ступеней 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	НускСт	–	0
ВВС логики ускорения от защит параллельной линии, мс	Тоткл	от 50 до 5000 (шаг 1)	100

1.2.2.7 Логика работы ТНЗНП с использованием каналов связи

1.2.2.7.1 Общая логика

Для быстрого устранения повреждений, которые произошли на той части линии, которая не охвачена зоной действия первой ступени ТНЗНП, предусмотрена дополнительная логика с использованием каналов связи. В каждом направлении требуется один канал связи, который может передавать сигнал логического нуля или единицы. Логика поддерживает схемы связи с посылкой блокирующего или разрешающего сигналов. Функциональный блок модуля логики связи ТНЗНП представлен на рисунке 46.

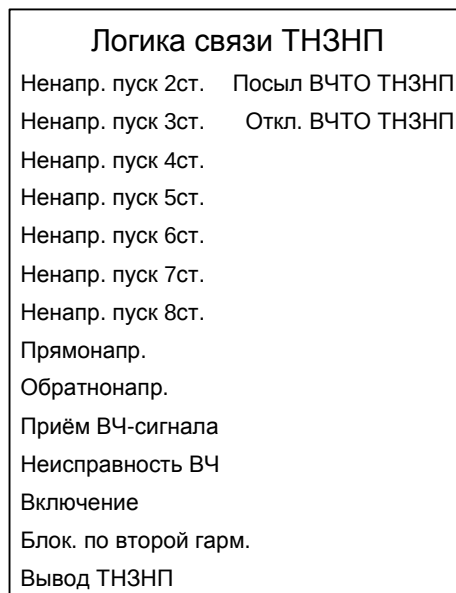
Блок логики связи ТНЗНП
sp_000021.vsd

Рисунок 46 – Функциональный блок логики связи ТНЗНП

Таблица 26 – Входы и выходы функционального блока логики связи ТНЗНП

Логические входы	
Ненапр. пуск ст	Ненаправленный пуск ступеней ТНЗНП (2-8)
Прямонапр.	Срабатывания прямонаправленного органа направления мощности
Обратнонапр.	Срабатывания обратнонаправленного органа направления мощности

Прием ВЧ-сигнала	Прием ВЧ-сигнала
Неисправность ВЧ	Неисправность ВЧ-тракта
Включение	Сигнал на включение выключателя
Блок. по второй гарм.	Блокировка действия ускорения ТНЗНП при броске намагничивающего тока
Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП
Логические выходы	
Посыл ВЧТО ТНЗНП	Посыл ВЧ-сигнала
Откл. ВЧТО ТНЗНП	Отключение выключателя от ТНЗНП с использованием логики связи

Режим работы логики связи ТНЗНП определяется программной накладкой «Нреж»:

- «Нреж» = 1 – логика связи выведена из работы;
- «Нреж» = 2 – логика связи работает с посылкой разрешающего сигнала;
- «Нреж» = 3 – логика связи работает с посылкой блокирующего сигнала.

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

Логика связи ТНЗНП блокируется при выводе ТНЗНП из работы сигналом «Вывод ТНЗНП».

1.2.2.7.2 Логика связи с посылкой блокирующего сигнала

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

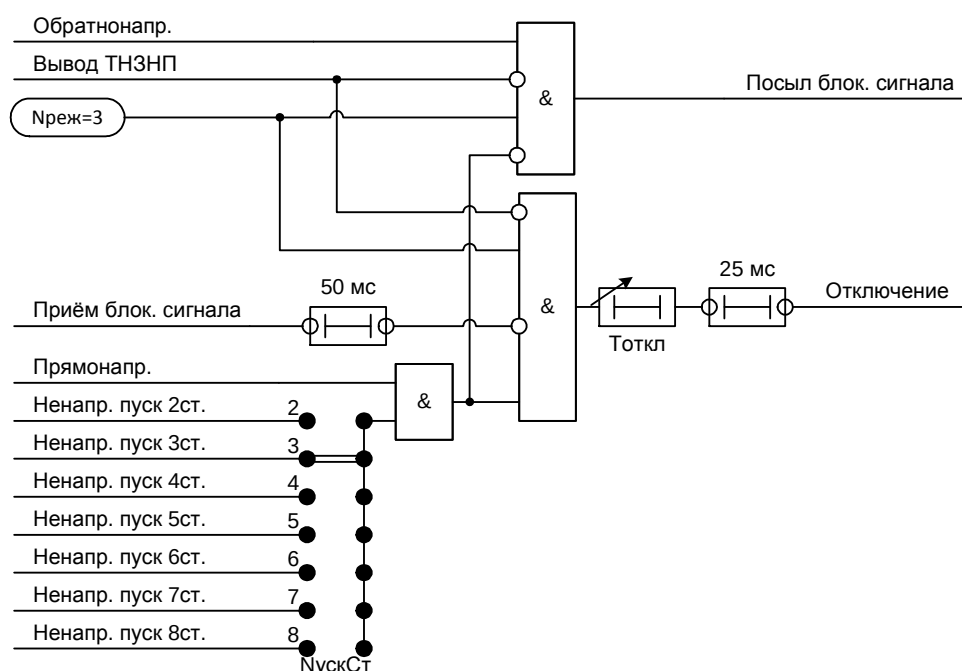


Рисунок 47 – Логика работы схемы связи ТНЗНП с посылкой блокирующего сигнала

Для предотвращения некорректного определения направления при включении выключателя из-за одновременного замыкания полюсов выключателя, на время, определяемое уставкой «ТвывВкл», происходит:

- посыл блокирующего ВЧ-сигнала для логики с посылкой блокирующего сигнала;
- запрет посылы разрешающего ВЧ-сигнала для логики с посылкой разрешающих сигналов (накладки «Нреж» = 2);
- запрет формирования отключающего сигнала.

При получении сигнала «Неисправность ВЧ» происходит запрет действия на отключение блокирующей логики связи. Неисправность ВЧ-канала также фиксируется при длительном наличии сигнала телеускорения (блокировки) ТНЗНП в канале связи.

Логика связи с посылкой блокирующего сигнала представлена на рисунке 47.

Блокирующий сигнал формируется, если фиксируется сигнал о срабатывании обратного направления органа и отсутствует сигнал блокировки (сигнал «Вывод» на рисунке 47).

Сигнал на отключение с выдержкой времени «Тоткл» в блокирующей схеме формируется в том случае, если присутствует сигнал ненаправленного пуска расширенной ступени ТНЗНП (расширенная ступень выбирается программной накладкой «НускСт»), зафиксировано прямое направление на КЗ и в течение 50 мс нет приема блокирующего сигнала.

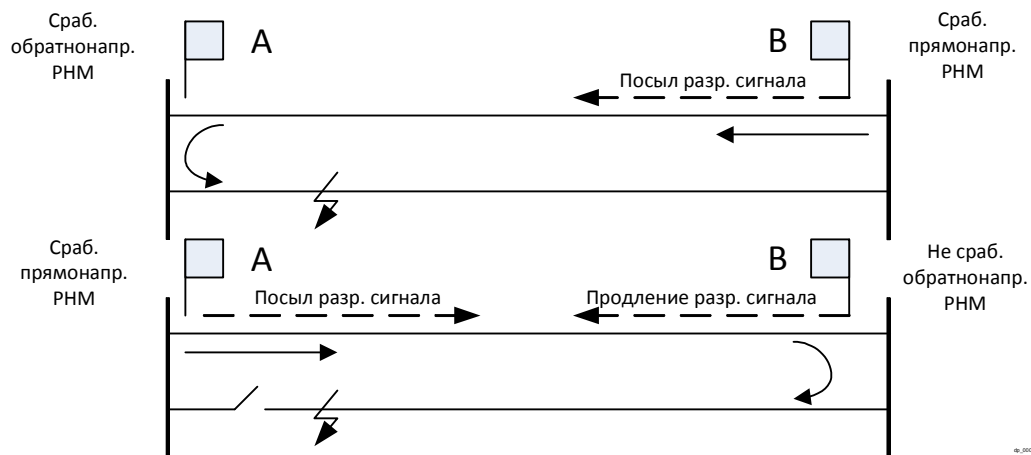
1.2.2.7.3 Логика связи с посылкой разрешающего сигнала

Разрешающий сигнал формируется при наличии сигнала о прямом направлении на КЗ, отсутствии сигнала об обратном направлении и отсутствии сигнала блокировки. Логика формирования сигнала представлена на рисунке 49.

Сигнал на отключение в разрешающей схеме формируется в том случае, если присутствует сигнал пуска расширенной ступени ТНЗНП, фиксируется прямое направление на КЗ и принимается разрешающий сигнал. Отключение происходит с выдержкой времени, определяемой уставкой «Тоткл», отстраивающей защиту от ложных высокочастотных сигналов с удаленного конца.

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 (логика представлена на рисунке 49) 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 показано на рисунке 48.



а – состояние системы до отключения замыкания, б – состояние системы после отключения поврежденной линии с одной стороны

Рисунок 48 – Состояние системы, которое может привести к реверсу мощности

Чтобы избежать аномальных ситуаций такого рода, можно использовать логику реверса тока повреждения (логику блокирования при переходном процессе).

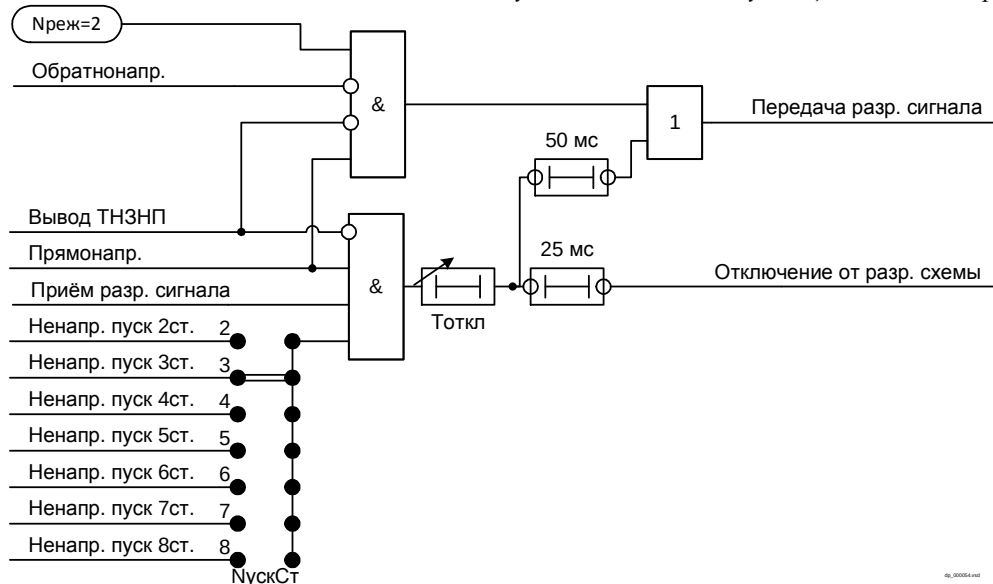


Рисунок 49 – Логика работы схемы связи с посылкой разрешающего сигнала

1.2.2.7.4 Логика работы блокировки при реверсе мощности

Логика формирования сигнала представлена на рисунке 50. Выдержка времени на срабатывание «ТфиксОбрРМ» фиксирует устойчивое определение обратного направления на КЗ, при этом она должна быть меньше, чем время срабатывания выключателя.

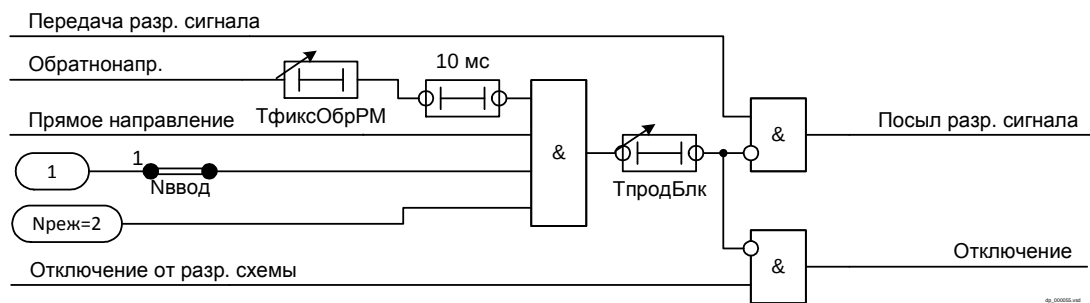


Рисунок 50 – Логика блокировки при реверсе мощности

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

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

1.2.2.7.5 Логика отключения слабого конца

При использовании разрешающих схем связи необходимо обеспечить надежное отключение противоположного конца 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 логика отключения конца линии со слабым питанием (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), представленная на рисунке 51.

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 закливания.

Логика отключения слабого конца может быть введена в работу программной накладкой «Ноткл».

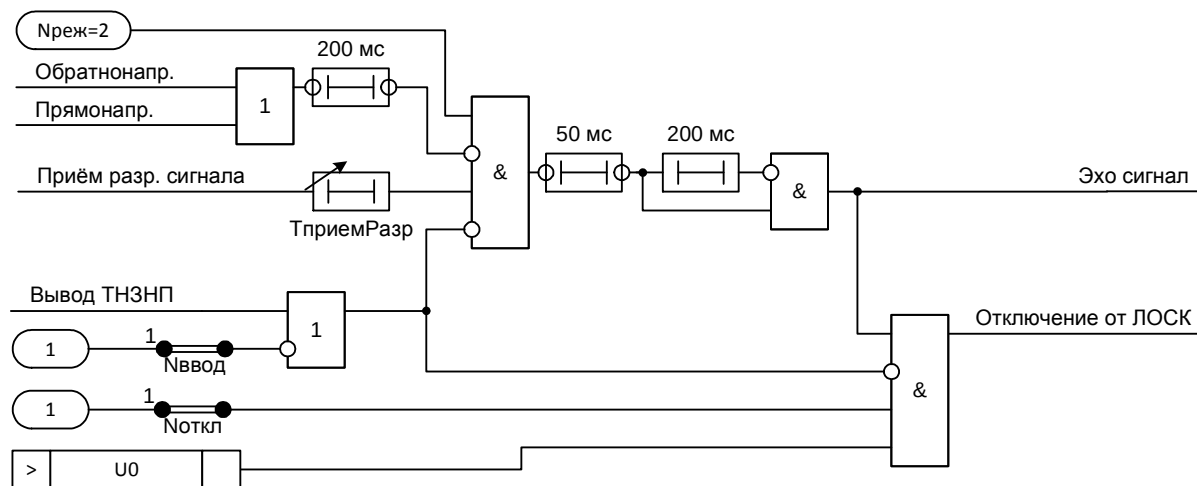


Рисунок 51 – Логика формирования эхо-сигнала и отключения слабого конца

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

1.2.2.7.6 Уставки блока логики связи ТНЗНП приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Уставки блока логики связи ТНЗНП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Номер ускоряемой ступени ТНЗНП в логике связи (0 – ускорение отсутствует, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – ускорение ступеней 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ТНЗНП)	НускСт	–	0
Режим работы телеотключения ТНЗНП (1 – логика телеотключения выведена из работы, 2 – логика телеотключения работает с посылкой разрешающего сигнала, 3 – логика телеотключения работает с посылкой блокирующего сигнала)	Преж	–	1
Блокирование логики связи ТНЗНП при броске намагничивающего тока (0 – вывод, 1 – ввод)	НблбНТ	–	1
Длительность вывода логики связи ТНЗНП при включении выключателя, мс	ТвывВкл	от 100 до 200 (шаг 1)	100
Блокирующая логика			
Выдержка времени на посыл отключающего сигнала логикой телеускорения с посылкой блокирующего сигнала, мс	Тоткл	от 20 до 6000 (шаг 1)	100
Разрешающая логика			
ВВС логики телеускорения с посылкой разрешающего сигнала, мс	Тоткл	от 20 до 6000 (шаг 1)	100
Логика отключения слабого конца			
Минимальное утроенное напряжение нулевой последовательности для работы ЛОСК, % от $U_{ном}$	3U0	от 0,5 до 100 (шаг 1)	10
Работа ЛОСК ТНЗНП (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Отключение от ЛОСК ТНЗНП (0 – вывод, 1 – ввод)	Ноткл	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Выдержка времени на приём сигнала прямой направленности в ЛОСК, мс	ТприемРазр	от 1 до 500 (шаг 1)	50
Блокировка при реверсе мощности			
Работа логики блокировки при реверсе мощности (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Время фиксации режима обратного направления мощности в логике блокирования при реверсе мощности, мс	ТфиксОбрРМ	от 1 до 500 (шаг 1)	50
Время продления блокирования при реверсе мощности в разрешающей логике телеускорения, мс	ТпродБлк	от 10 до 2000 (шаг 1)	50

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

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

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

1.2.2.11 Коэффициент возврата всех ИО напряжения не менее 0,9.

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

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

1.2.3 Токовая отсечка

1.2.3.1 Принцип действия

Устройство может включать токовую отсечку, содержащую семь токовых ИО: три из них включены на фазные токи («ИсрабА», «ИсрабВ», «ИсрабС»), три – на разностные – «междуфазные» – токи («ИсрабАВ», «ИсрабВС», «ИсрабСА») и один – на ток нулевой последовательности («ЗИОсраб»). Функциональный блок токовой отсечки представлен на рисунке 52. Логика работы токовой отсечки представлена на рисунке 53.

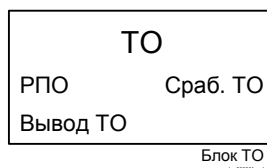


Рисунок 52 – Функциональный блок токовой отсечки

Таблица 28 – Входы и выходы функционального блока токовой отсечки

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

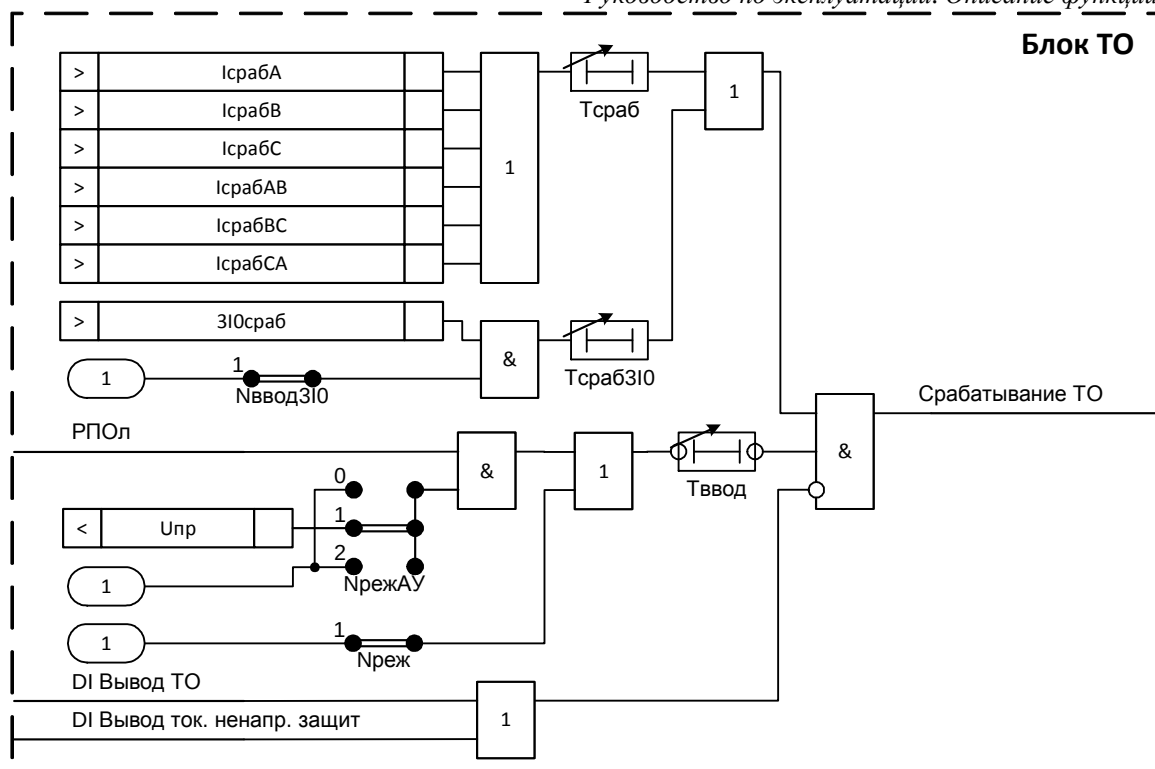


Рисунок 53 – Логическая схема работы токовой отсечки

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

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

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

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

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

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

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

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

Программируемая накладка «**НрежАУ**» и ИО минимального напряжения «**Упр**» являются общими для ДЗ, ТНЗНП и токовой отсечки.

Уставки токовой отсечки приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Уставки токовой отсечки

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания фазного контура ТО, % от $I_{ном}$	ИсрабФ	от 15 до 3000 (шаг 1)	450
Ток срабатывания междуфазного контура ТО, % от $I_{ном}$	ИсрабФФ	от 15 до 5000 (шаг 1)	780
Утроенный ток нулевой последовательности срабатывания ТО, % от $I_{ном}$	3I0сраб	от 45 до 9000 (шаг 1)	300
Работа ТО нулевой последовательности (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод3I0	–	0

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы ТО (0 – при включении выключателя, 1 – непрерывный)	Нреж	–	0
ВВС ТО нулевой последовательности, мс	Тсраб3И0	от 15 до 600 (шаг 1)	20
ВВС междуфазных и фазных контуров ТО, мс	Тсраб	от 1 до 10000 (шаг 1)	20
Время ввода в работу ТО при включении выключателя, мс	Тввод	от 700 до 2000 (шаг 1)	1000

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

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

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

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

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

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

1.2.4 Максимальная токовая защита

1.2.4.1 Принцип действия

Устройство может включать двухступенчатую максимальную токовую защиту (МТЗ).

Функциональный блок МТЗ представлен на рисунке 54.

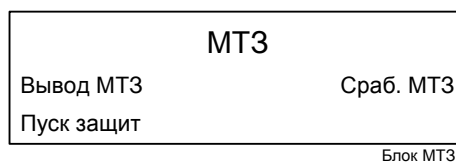


Рисунок 54 – Функциональный блок МТЗ

Таблица 30 – Входы и выходы блока МТЗ

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

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

Уставки МТЗ приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Уставки максимальной токовой защиты

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

1.2.4.2 Ступень МТЗ

Каждая ступень содержит ИО, включенные на фазные («**ИсрабА**», «**ИсрабВ**», «**ИсрабС**») и «междуфазные» токи («**ИсрабАВ**», «**ИсрабВС**», «**ИсрабСА**»). Функциональный блок ступени МТЗ представлен на рисунке 55. Логика работы ступени МТЗ представлена на рисунке 56.

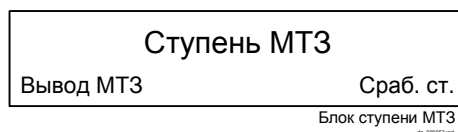


Рисунок 55 – Функциональный блок ступени МТЗ

Таблица 32 – Входы и выходы функционального блока ступени МТЗ

Логические входы	
Вывод МТЗ	Вывод ступени МТЗ
Логические выходы	
Сраб. ст.	Срабатывание ступени МТЗ

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

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

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

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

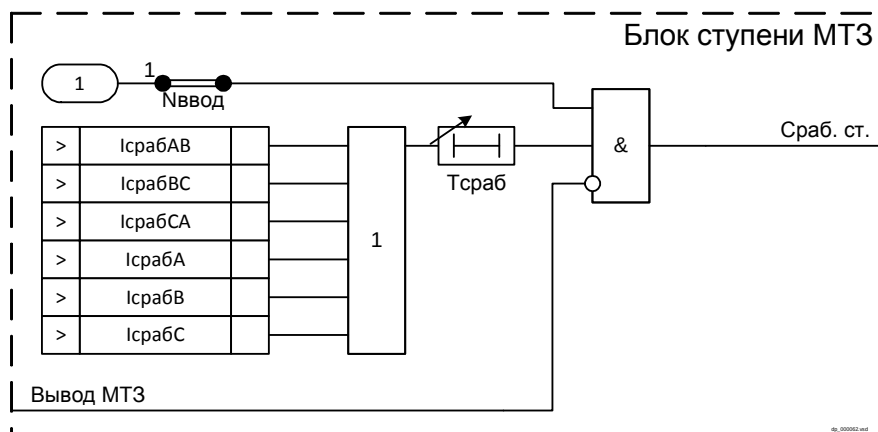


Рисунок 56 – Логическая схема работы ступени МТЗ

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

Уставки ступени МТЗ приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Уставки ступени максимальной токовой защиты

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

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

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

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

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

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

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

1.2.5 Автоматическая разгрузка при перегрузке по току

1.2.5.1 Принцип действия

АРПТ состоит из трех ИО, реагирующих на ток прямой последовательности I_1 . Функциональный блок АРПТ представлен на рисунке 57. Логика работы АРПТ представлена на рисунке 58.

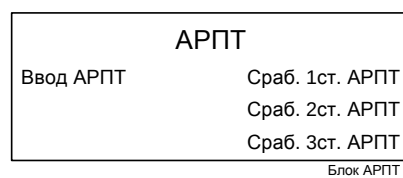


Рисунок 57 – Функциональный блок АРПТ

Таблица 34 – Входы и выходы функционального блока АРПТ

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

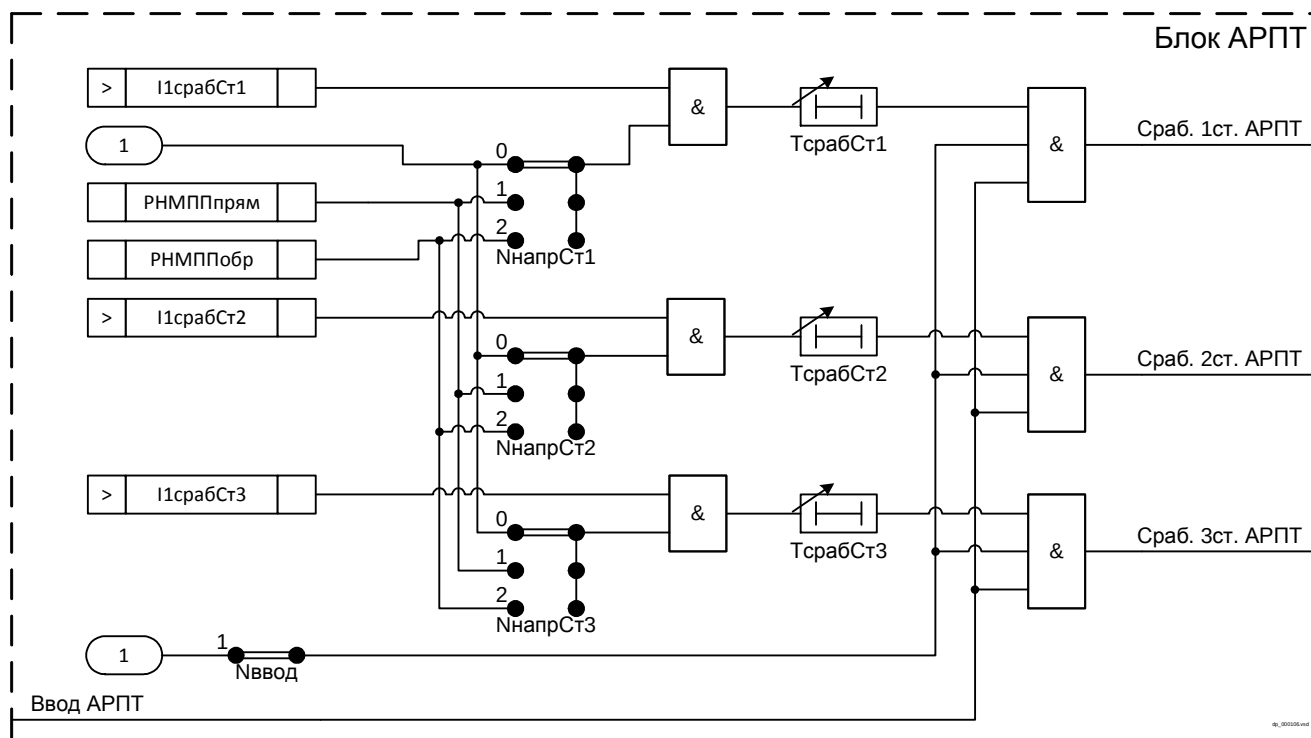


Рисунок 58 – Логическая схема АРПТ

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

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

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

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

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

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

Уставки АРПТ приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Уставки автоматической разгрузки при перегрузке по току

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток прямой последовательности ступени 1 АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт1	от 15 до 500 (шаг 1)	300
Ток прямой последовательности ступени 2 АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт2	от 15 до 500 (шаг 1)	400
Ток прямой последовательности ступени 3 АРПТ, % от $I_{ном}$	I1срабСт3	от 15 до 500 (шаг 1)	500
Работа модуля АРПТ (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Режим направленности ступени 1 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	НнапрСт1	–	0
Режим направленности ступени 2 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	НнапрСт2	–	0
Режим направленности ступени 3 АРПТ (0 – работа без контроля направления мощности, 1 – работа при прямом направлении мощности, 2 – работа при обратном направлении мощности)	НнапрСт3	–	0
ВВС ступени 1 АРПТ, мс	ТсрабСт1	от 100 до 3000000 (шаг 1)	200000
ВВС ступени 2 АРПТ, мс	ТсрабСт2	от 100 до 3000000 (шаг 1)	250000
ВВС ступени 3 АРПТ, мс	ТсрабСт3	от 100 до 3000000 (шаг 1)	300000

1.2.5.1 Средняя основная погрешность по току срабатывания всех токовых ИО не превышает ± 3 % от уставки или 5 % от номинальной величины.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.2.6 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения

1.2.6.1 Принцип действия

В устройстве может быть реализована блокировка при неисправностях цепей напряжения, реагирующая на все виды обрывов и замыканий, как в цепях «звезды», так и в цепях «разомкнутого треугольника», а также обрыв нейтрального провода. Функциональный блок БНН представлен на рисунке 59.

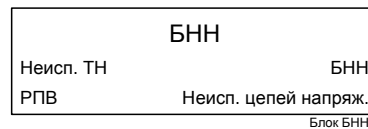


Рисунок 59 – Функциональный блок БНН

Таблица 36 Входы и выходы функционального блока БНН

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

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

1.2.6.2 Если на терминал заведены два напряжения с «разомкнутого треугольника» ТН, то в работу может быть введен алгоритм обнаружения неисправности в цепях напряжения,

основанный на сравнении соответствующих напряжений «звезды» и «разомкнутого треугольника». Сравнение производится по алгоритму, указанному в приложении Б. Уставкой «**НособФ**», значения которой представлены в таблице 37, задается особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 60 показана логика работы для особой фазы А. Два ИО («**Узв-Уни**» и «**Узв-Уик**») работают с одной уставкой – «**3U0-Унк**». Значение уставки НособФ = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 37 – Особая фаза для ИО БНН

Значение уставки «НособФ»	Особая фаза	Напряжение $U_{ни}$	Напряжение $U_{ик}$
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 «треугольника» ТН не совпадают, соответствующие напряжения «разомкнутого треугольника» должны подаваться на клеммы терминала с обратной полярностью.

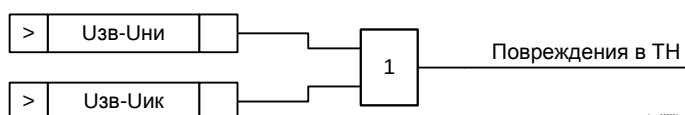


Рисунок 60 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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

1.2.6.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 61) используются ИО тока «**I2**» и напряжения обратной последовательности «**U2**». При междуфазных замыканиях во вторичных цепях ТН происходит повышение уровня напряжения обратной последовательности, тогда как ток обратной последовательности находится на низком (нормальном) уровне.

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

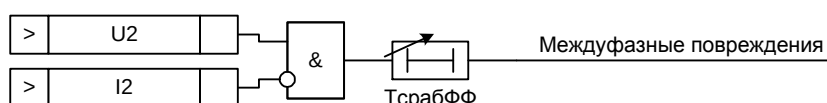


Рисунок 61 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.6.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 62. 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.

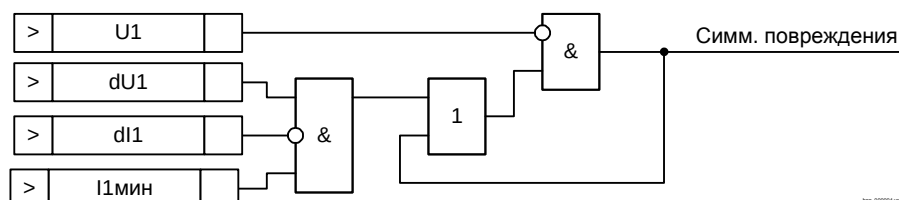


Рисунок 62 – Выявление симметричных повреждений

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

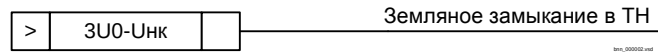


Рисунок 63 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.6.6 На рисунке 64 приведена логическая схема для отслеживания обрывов в цепях «разомкнутого треугольника». Данная ветвь алгоритма необходима, когда на терминал с ТН заводится только напряжение $U_{нк}$. Срабатывание определяется сигналом ИО «3U0f3», реагирующим на уровень напряжения третьей гармоники в цепях «разомкнутого треугольника». Здесь используется тот факт, что даже в нормальном режиме из-за нелинейности ТН в цепях «разомкнутого треугольника» наблюдается значительный уровень третьей гармоники – около 0,5 В. При обрыве уровень третьей гармоники значительно снижается (теоретически до нуля). Для исключения ложного срабатывания при близком трехфазном замыкании и понижении напряжения фаз выполнен контроль уровня напряжения прямой последовательности (ИО «U1»).

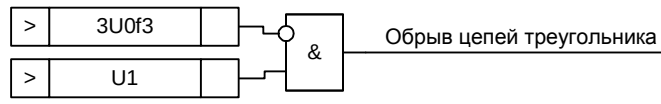


Рисунок 64 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

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

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

1.2.6.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 65.

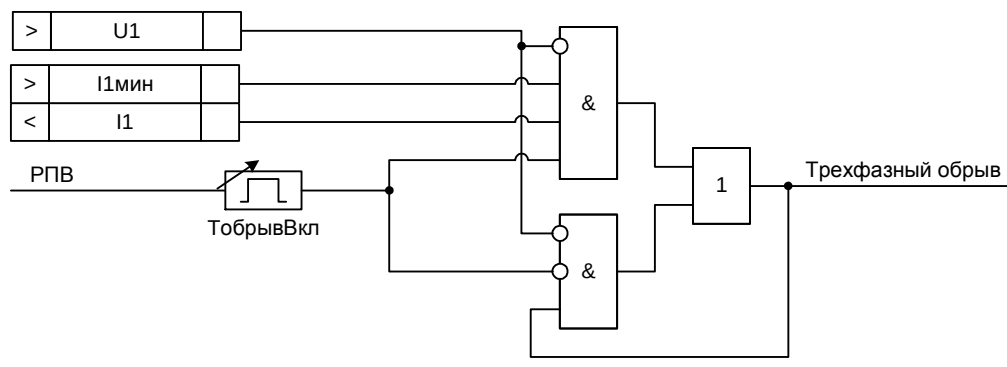


Рисунок 65 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

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

1.2.6.8 Для предотвращения ложной работы БНН при близких замыканиях, когда вследствие электромагнитных наводок появляется значительная разница между расчетным

напряжением нулевой последовательности и напряжением «разомкнутого треугольника», вводится ИО тока нулевой последовательности «3I0», который блокирует срабатывание БНН.

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

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

1.2.6.9 Режим работы БНН задается программной накладкой «Нреж»:

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

1.2.6.10 Уставки функции БНН приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Уставки БНН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Разность напряжений $3U_0$ «звезды» и «разомкнутого треугольника», % от $U_{ф.ном}$	$3U0-U_{нк}$	от 6 до 120 (шаг 1)	6
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$U1$	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Напряжение обратной последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$U2$	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Минимальный ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$I1_{мин}$	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$I1$	от 60 до 120 (шаг 1)	60
Ток обратной последовательности, % от $I_{ном}$	$I2$	от 10 до 200 (шаг 1)	10
Утроенный ток нулевой последовательности блокирования БНН, % от $I_{ном}$	$3I0$	от 300 до 1800 (шаг 1)	1800
Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники, % от $U_{ном}$	$3U0f3$	от 0 до 3 (шаг 1)	1,5
Приращение тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	$dI1$	от 10 до 100 (шаг 1)	10
Приращение напряжения прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	$dU1$	от 10 до 100 (шаг 1)	20
Режим работы БНН (0 – вывод, 1 – ввод, 2 – на сигнал)	Нреж	–	1
Особая фаза цепей напряжения (0 – вывод функции сравнения, 1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	НособФ	–	0
Обнаружение обрывов при включении (0 – вывод, 1 – ввод)	НобрывВкл	–	0
Обнаружение обрывов в «разомкнутом треугольнике» (0 – вывод, 1 – ввод)	НобрывУнк	–	1
Продление внешнего сигнала о неисправности ТН, мс	ТвнешНеисп	от 20 до 32000 (шаг 1)	200

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000
ВВС при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях, мс	ТсрабФФ	от 10 до 1000 (шаг 1)	10
Время ввода логики фиксации обрывов при включении, мс	ТобрывВкл	от 1 до 5000 (шаг 1)	100

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

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

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

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

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

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

1.2.7 Блокировка при длительном отсутствии напряжения

1.2.7.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция блокировки при длительном отсутствии напряжения. Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей. Функциональный блок функции контроля ТН представлен на рисунке 66. Логика работы представлена на рисунке 67.

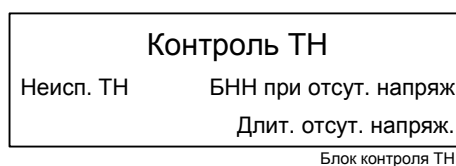


Рисунок 66 – Функциональный блок контроля ТН

Таблица 39 – Входы и выходы функционального блока контроля ТН

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

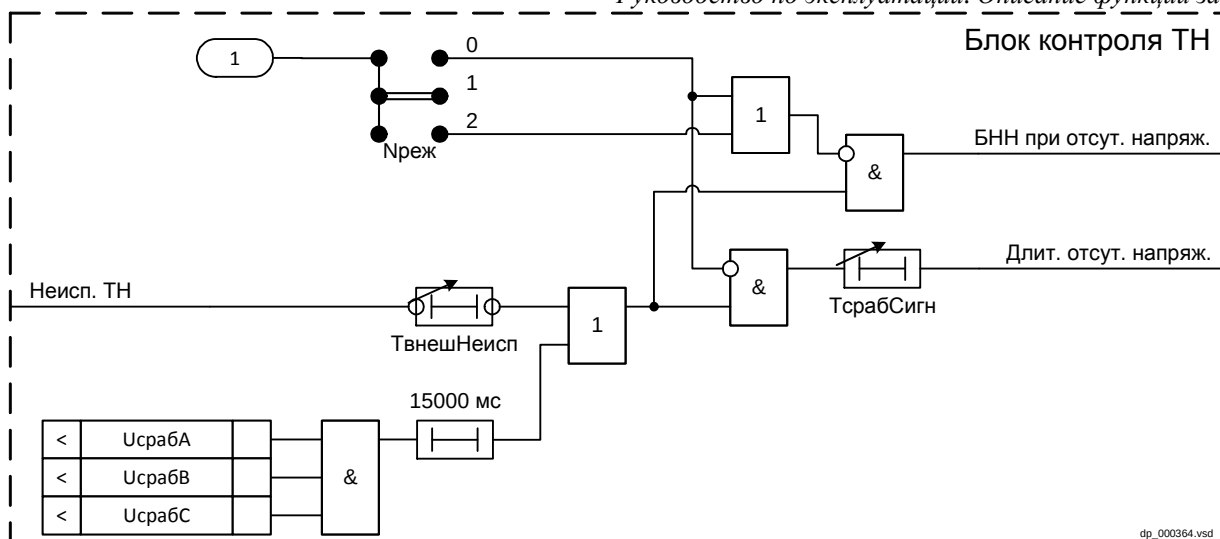


Рисунок 67 – Логическая схема работы контроля ТН

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

Уставка срабатывания ИО минимального фазного напряжения «УсрабА», «УсрабВ» и «УсрабС» равна 2 % от $U_{ф.ном}$.

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

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

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

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

Уставки модуля контроля ТН приведены в таблице 40.

Таблица 40 – Уставки модуля контроля ТН

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Режим работы БНН (0 – вывод, 1 – ввод, 2 – на сигнал)	Нпреж	–	1
Продление внешнего сигнала о неисправности ТН, мс	ТвнешНеисп	от 20 до 32000 (шаг 1)	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000

1.2.7.2 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания всех ИО напряжения не превышает ± 3 % от уставки.

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

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

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

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

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

1.2.8 Защита от обрыва токоведущего проводника

1.2.8.1 Принцип работы

В устройстве может быть предусмотрена функция защиты от обрывов токоведущих проводников (ЗОП). Данная защита сигнализирует о неисправности измерительных цепей. Функциональный блок ЗОП представлен на рисунке 68. Логика работы ЗОП представлена на рисунке 69.

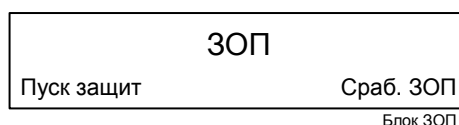


Рисунок 68 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 41 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

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

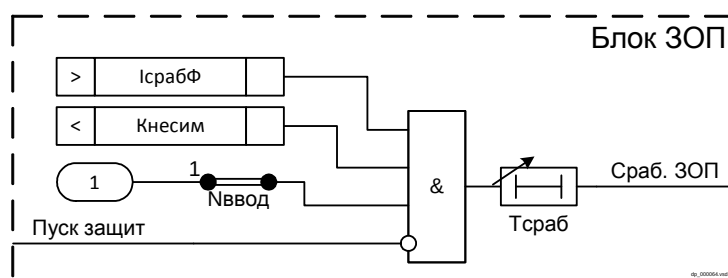


Рисунок 69 – Логическая схема работы ЗОП

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

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

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

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

Уставки защиты от обрыва токоведущего проводника приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Уставки защиты от обрыва токоведущего проводника

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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
ВВС логики ЗОП, мс	Тсраб	от 100 до 100000 (шаг 1)	5000

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

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

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

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

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

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

1.2.9 Контроль цепей постоянного тока

1.2.9.1 Принцип работы

В устройстве реализован контроль постоянного тока. Модуль контроля постоянного тока представлен функциональным блоком на рисунке 70. Логика работы модуля контроля цепей постоянного тока приведена на рисунке 71.

Контроль пост. тока	
ДТ ЭМО1	ДТл ЭМО1
ДТ ЭМО2	ДТл ЭМО2
ДТ ЭМВ	ДТл ЭМВ
Неисп. опер.тока 1	СН опер.тока 1
Неисп. опер.тока 2	СН опер.тока 2

Блок контроля постоянного тока

Рисунок 70 – Функциональный блок модуля контроля постоянного тока

Таблица 43 – Входы и выходы функционального блока контроля цепей постоянного тока

Логические входы	
ДТ ЭМО1	Датчик тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Датчик тока ЭМО2
ДТ ЭМВ	Датчик тока ЭМВ
Неисп. опер. тока 1	Неисправность оперативного тока ЭМ1
Неисп. опер. тока 2	Неисправность оперативного тока ЭМ2
Логические выходы	
ДТл ЭМО1	Датчик тока ЭМО1 (логический)
ДТл ЭМО2	Датчик тока ЭМО2 (логический)
ДТл ЭМВ	Датчик тока ЭМВ (логический)
СН опер. тока 1	Снижение напряжения оперативного тока 1
СН опер. тока 2	Снижение напряжения оперативного тока 2

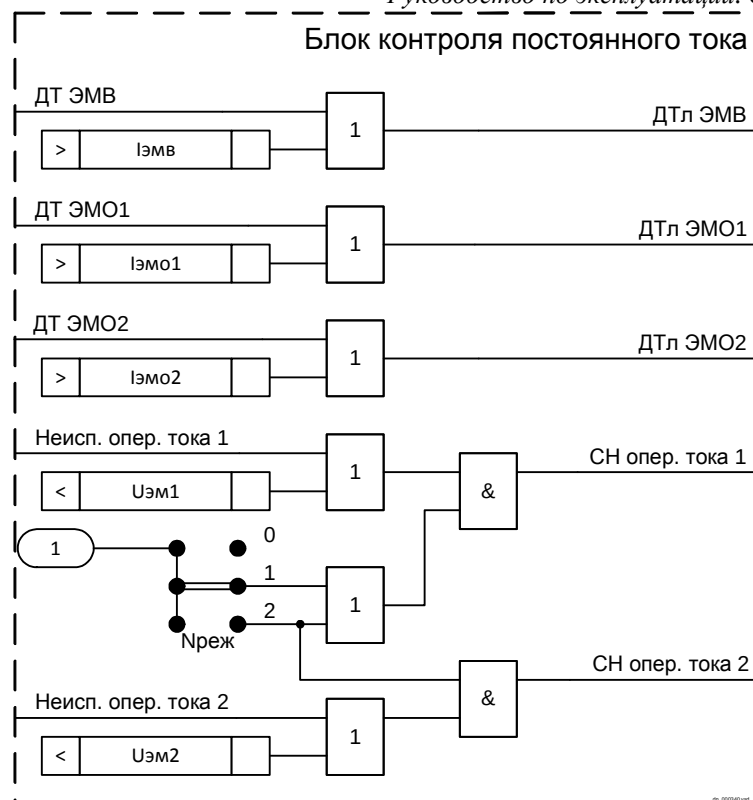


Рисунок 71 – Логическая схема контроля постоянного тока

Функция контроля цепей постоянного тока позволяет отслеживать:

- уровень напряжения оперативного постоянного тока первого электромагнита отключения (ЭМО1) и электромагнита включения (ЭМВ);
- уровень тока в ЭМО1 (ЭМВ) при отключении (включении) выключателя;
- уровень напряжения оперативного постоянного тока второго электромагнита отключения (ЭМО2);
- уровень тока в ЭМО2 при отключении выключателя.

При отклонении наблюдаемых параметров от заданных может производиться сигнализация о неисправности.

В зависимости от типоразмера устройства предусмотрены два варианта датчиков токов (ДТ) электромагнитов:

- дискретные входы «ДТ ЭМВ», «ДТ ЭМО1», «ДТ ЭМО2», шунтированные малоомным резистором. Резистор выбирается исходя из тока отключения выключателя в режиме пониженного напряжения постоянного тока до 80% от номинального значения;
- встроенные ИО постоянного тока терминала «Iэмo1», «Iэмo2» и «Iэмв». В этом случае ток срабатывания задается уставками в широком диапазоне. Уставки ИО выбираются исходя из уровня токов при пониженном напряжении на подстанции.

Для контроля каждого тока может использоваться только один из двух вариантов датчиков тока. Устройство защиты объединяет сигналы дискретных входов и ИО и формирует логические сигналы «ДТл ЭМО1», «ДТл ЭМВ», «ДТл ЭМО2».

В зависимости от типоразмера устройства предусмотрены два варианта датчиков напряжения:

- сигналы «Неисп. опер. тока 1» и «Неисп. опер. тока 2». Порог срабатывания входов составляет 65 % от $U_{пит}$;
- минимальные ИО постоянного напряжения терминала «Uэм1», «Uэм2», срабатывающие при снижении напряжения (СН) в цепях управления электромагнитами ниже уставки. В этом случае напряжение срабатывания задается уставками.

Для контроля каждого напряжения может использоваться только один из двух вариантов датчиков напряжения. Устройство защиты объединяет сигналы дискретных входов и ИО и формирует логические сигналы «СН опер. тока 1», «СН опер. тока 2» для защит выключателя.

Накладка «Нпреж» задает режим контроля постоянных напряжений:

- «**Нреж**» = 0 – контроль напряжений выведен. Этот режим вводится, если функция АУВ в терминале не используется;
- «**Нреж**» = 1 – осуществляется контроль первого напряжения оперативного постоянного тока – объединенных цепей ЭМВ и ЭМО1. Режим используется для выключателей с одним электромагнитом отключения;
- «**Нреж**» = 2 – осуществляется контроль обоих напряжений оперативного постоянного тока: цепей ЭМВ, ЭМО1 и ЭМО2. Режим используется для выключателей с двумя электромагнитами отключения.

Уставки модуля контроля цепей постоянного тока приведены в таблице 44.

Таблица 44 – Уставки модуля контроля цепей постоянного тока

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания датчика тока ЭМО1, А	Іэм01	от 0,05 до 15 (шаг 0,01)	2,4
Ток срабатывания датчика тока ЭМВ, А	Іэмв	от 0,05 до 15 (шаг 0,01)	0,8
Ток срабатывания датчика тока ЭМО2, А	Іэм02	от 0,05 до 15 (шаг 0,01)	4
Напряжение срабатывания сигнализации контроля снижения напряжения на ЭМО1 и ЭМВ, В	Uэм1	от 0 до 300 (шаг 1)	150
Напряжение срабатывания сигнализации контроля снижения напряжения на ЭМО2, В	Uэм2	от 0 до 300 (шаг 1)	150
Режим контроля постоянных напряжений (0 – вывод, 1 – контроль ЭМ1, 2 – контроль ЭМ1 и ЭМ2)	Нреж	–	1
Примечание – Ток срабатывания датчика постоянного тока рекомендуется считать исходя из минимального напряжения $U_{\min}$, при котором допустима работа привода выключателя: $I=0,9 \times I_{\text{ном}} \times U_{\min} / U_{\text{ном}}$			

1.2.9.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания всех ИО постоянного тока не превышает $\pm 10\%$ от уставки или 50 мА.

1.2.9.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания всех ИО постоянного тока при изменении температуры в рабочем диапазоне не превышает $\pm 10\%$ от среднего значения, определенного при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

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

1.2.9.5 Время срабатывания ИО постоянного тока не превышает 15 мс при подаче трехкратного тока срабатывания $3 I_{\text{сраб}}$ и не превышает 30 мс при подаче тока, превышающего ток срабатывания на 20% ($1,2 I_{\text{сраб}}$).

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

1.2.9.7 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания всех ИО постоянного напряжения не превышает $\pm 10\%$ от уставки или 10 В.

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

1.2.9.9 Коэффициент возврата всех ИО постоянного напряжения не более 1,1.

1.2.9.10 Время срабатывания ИО постоянного напряжения при сбросе напряжения от двукратного напряжения срабатывания $2 U_{\text{сраб}}$ до нуля составляет не более 20 мс.

1.2.9.11 Время возврата ИО постоянного напряжения не превышает 20 мс при подаче двукратного напряжения срабатывания $2 U_{\text{сраб}}$.

1.2.10 Защиты выключателя

1.2.10.1 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;
- защита электромагнитов включения и отключения от длительного протекания тока;
- контроль затягивания включения и отключения выключателя.

Блок защит выключателя представлен функциональным блоком на рисунке 72. Логика работы блока защит выключателя представлена на рисунке 73.

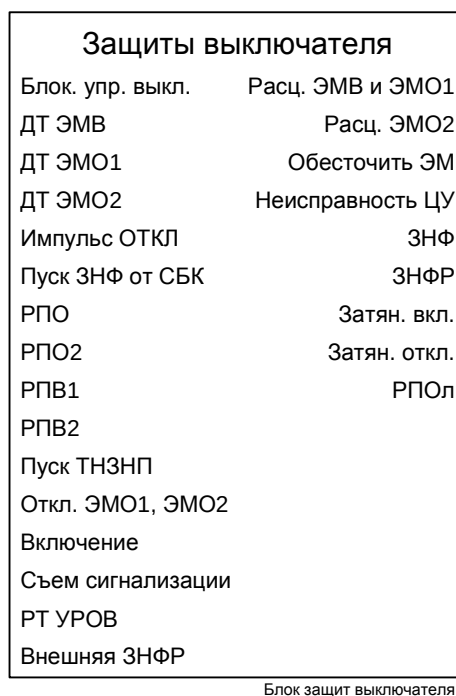


Рисунок 72 – Функциональный блок защиты выключателя

Таблица 45 – Входы и выходы функционального блока защиты выключателя

Логические входы	
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем
ДТ ЭМВ	Датчик тока ЭМВ
ДТ ЭМО1	Датчик тока ЭМО1
ДТ ЭМО2	Датчик 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 ЗНФР	Работа внешней ЗНФР
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

ЗНФ	Срабатывание защиты от непереключения фаз
ЗНФР	Срабатывание защиты от неполнофазного режима
Затян. откл.	Затянутое отключение выключателя
Затян. вкл.	Затянутое включение выключателя
РПОл	РПО для контроля ЦУ

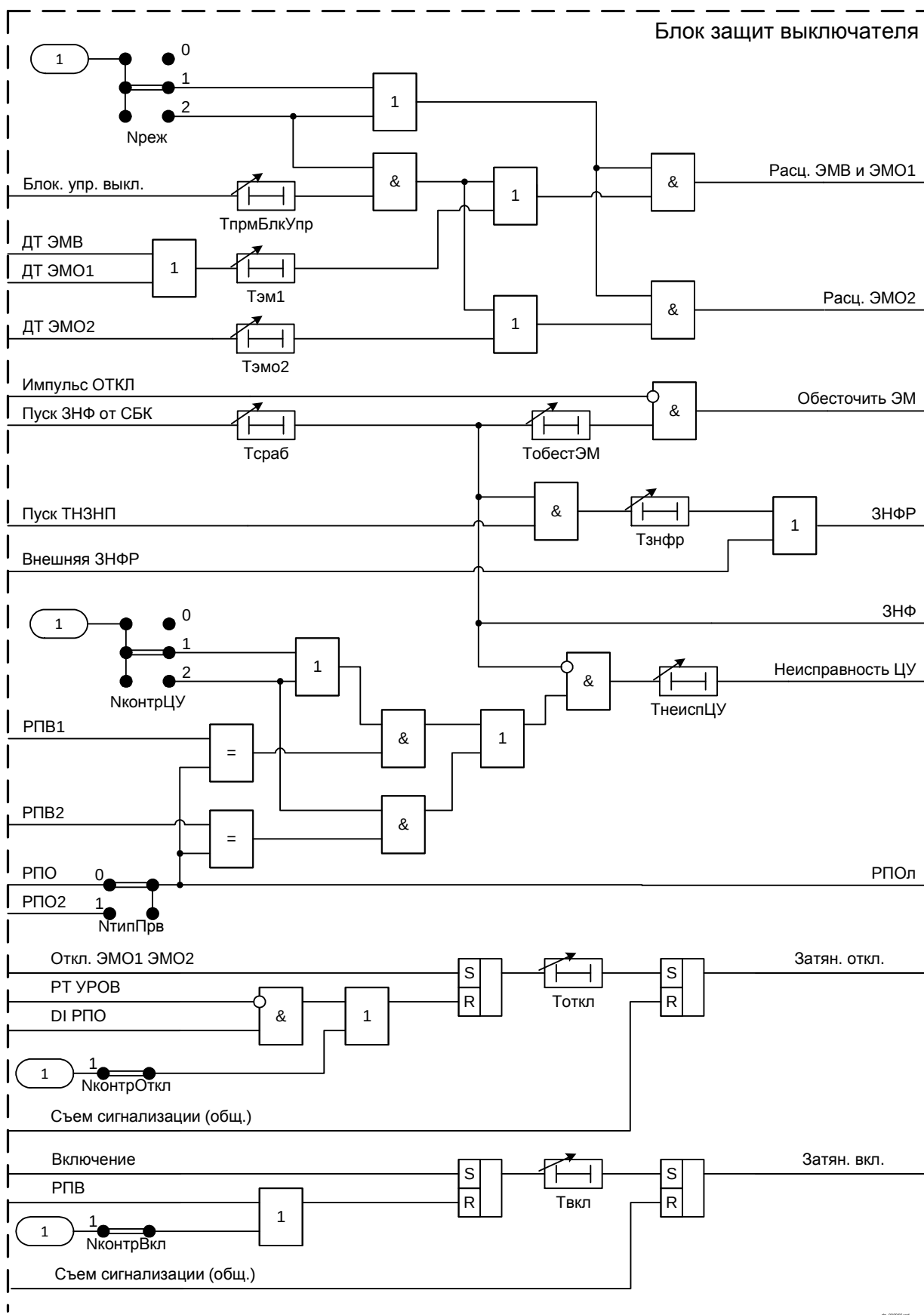


Рисунок 73 – Логическая схема защиты выключателя

1.2.10.2 Контроль целостности цепей управления

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 «**НтипПрв**» определяет тип привода выключателя и формирование специального логического сигнала «РПОл»:

- «**НтипПрв**» = 0 – трехфазный привод (контроль ЦУ осуществляется по сигналу «РПО», «РПОл» соответствует «РПО»);
- «**НтипПрв**» = 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 «**НконтрЦУ**» задает режим контроля целостности цепей управления и режим контроля напряжений постоянного тока:

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

1.2.10.3 Защита от непереключения фаз и от неполнофазного режима

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

Защита от непереключения фаз и от неполнофазного режима (выполняется только для выключателей с пофазным управлением электромагнитами):

- по сигналу «Пуск ЗНФ от СБК» производится автоматическое отключение включившихся фаз с выдержкой времени «**Тсраб**» (сигнал «ЗНФ» на рисунке 73);
- 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 «ЗНФР», действующий на пуск УРОВ с выдержкой времени «**Тзнфр**»;
- для работы защиты в схемах с двумя выключателями на присоединение предусмотрено срабатывание ЗНФР от входного дискретного сигнала «Внешняя ЗНФР».

1.2.10.4 Защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока

При помощи датчиков тока (ДТ ЭМВ, ДТ ЭМО1, ДТ ЭМО2) защита электромагнитов включения и отключения контролирует наличие токов через электромагниты выключателя (ЭМВ, ЭМО1, ЭМО2).

Если длительность протекания токов через электромагниты ЭМВ и ЭМО1 (ЭМО2) превышает уставку «Тэм1» («Тэм2») или фиксируется сигнал «Блок. упр. выкл.» о блокировании управления выключателем в течение времени, большего уставки «ТпрмБлкУпр», то формируется сигнал во внешние цепи на обесточение электромагнитов («Расц. ЭМВ и ЭМО1» или «Расц. ЭМО2» на рисунке 73).

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

- «Нреж» = 0 – защита электромагнитов отсутствует;
- «Нреж» = 1 – защита срабатывает при длительном протекании тока в электромагнитах выключателя;
- «Нреж» = 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.

1.2.10.5 Контроль затягивания отключения и включения выключателя

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 «НконтрОткл».

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 «НконтрВкл».

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

Уставки блока защит выключателя приведены в таблице 46.

Таблица 46 – Уставки блока защит выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль цепей управления			
Ввод контроля целостности цепей управления (0 – вывод, 1 – РПВ1, 2 – РПВ1 и РПВ2)	НконтрЦУ	–	1
Тип привода управления выключателем (0 – трёхфазный, 1 – пофазный)	НтипПрв	–	0
Выдержка времени для фиксации неисправности цепей управления выключателем, мс	ТнеиспЦУ	от 200 до 20000 (шаг 1)	2000
Защита ЭМО/ЭМВ			
Режим работы защиты ЭМ от протекания длительного тока (0 – вывод, 1 – защита срабатывает при длительном протекании тока в электромагнитах выключателя, 2 – защита срабатывает при получении сигналов о блокировании управления выключателем либо при длительном протекании тока по электромагнитам выключателя)	Нреж	–	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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			
Выдержка времени защиты от непереключения фаз, мс	Тсраб	от 700 до 20000 (шаг 1)	700
Выдержка времени на посыл сигнала «обесточить цепи ЭМ выключателя», мс	ТобестЭМ	от 700 до 20000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени на запуск функции УРОВ от защиты от неполнофазного режима, мс	Тзнфр	от 700 до 20000 (шаг 1)	700
Затягивание отключения/включения			
Контроль затягивания отключения (0 – вывод, 1 – ввод)	НконтрВкл	–	0
Контроль затягивания включения (0 – вывод, 1 – ввод)	НконтрОткл	–	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			
Выдержка времени сигнализации неисправности при потере оперативного тока, мс	ТнеиспОТ	от 1000 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 1, 2, 3 выключателя, мс	Тнеисп123	от 500 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 4, 5, 6 выключателя, мс	Тнеисп456	от 500 до 30000 (шаг 1)	
Выдержка времени сигнализации неисправностей 7, 8, 9 выключателя, мс	Тнеисп789	от 500 до 30000 (шаг 1)	
ВВС неисправности при блок. включения	ТнеиспБлк	от 500 до 30000 (шаг 1)	

1.2.11 Функция резервирования при отказе выключателя

1.2.11.1 Принцип действия

Устройство защиты может включать функцию резервирования при отказе выключателя (УРОВ), выполненное с использованием трех фазных токовых ИО, контролирующих протекание тока через выключатель. Модуль УРОВ представлен функциональным блоком на рисунке 74. Логика работы индивидуального УРОВ приведена на рисунке 75.

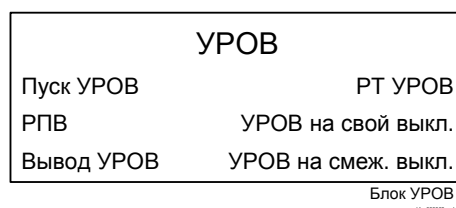


Рисунок 74 – Функциональный блок УРОВ

Таблица 47 – Входы и выходы функционального блока УРОВ

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

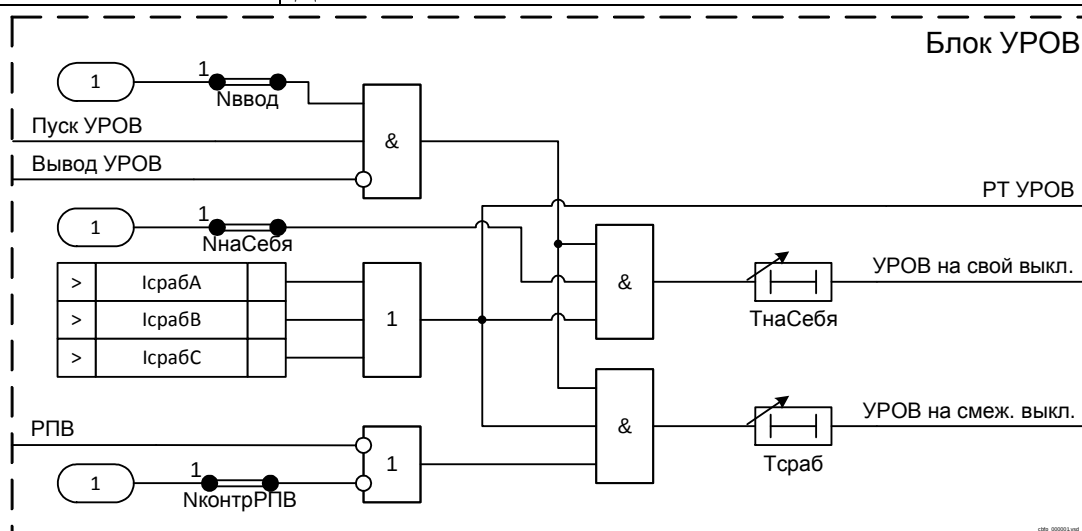


Рисунок 75 – Логическая схема УРОВ

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

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

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

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

Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель может быть введен при помощи накладки «№контрРПВ».

Действие УРОВ на свой выключатель может быть введено при помощи накладки «№наСебя».

Функция резервирования при отказе выключателя может быть введена при помощи программной накладки «№ввод».

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

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

Уставки функции УРОВ приведены в таблице 48.

Таблица 48 – Уставки функции УРОВ

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Фазный ток УРОВ, % от $I_{ном}$	Исраб	от 4 до 100 (шаг 1)	10
Работа УРОВ (0-вывод,1-ввод)	№ввод	—	1
Контроль РПВ при действии УРОВ на смежный выключатель (0-вывод,1-ввод)	№контрРПВ	—	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Действие УРОВ на свой выключатель (0-вывод,1-ввод)	НнаСебя	–	1
Замедление отключения смежных выключателей, мс	Тсраб	от 10 до 30000 (шаг 1)	500
Замедление повторного отключения своего выключателя, мс	ТнаСебя	от 0 до 30000 (шаг 1)	500
Продление сигнала ВЧТО УРОВ, мс	ТвчУРОВ	от 1 до 5000 (шаг 1)	

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

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

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

1.2.11.5 Коэффициент возврата всех токовых ИО УРОВ не менее 0,9.

1.2.11.6 Время срабатывания всех токовых ИО УРОВ не превышает 25 мс при подаче двукратного тока срабатывания ($2 I_{\text{сраб}}$).

1.2.11.7 Время возврата всех токовых ИО УРОВ при сбросе входного тока от $30 I_{\text{ном}}$ до нуля не превышает 20 мс.

1.2.11.8 ИО 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 $30 I_{\text{ном}}$.

1.2.12 Защита от понижения напряжения

1.2.12.1 Принцип действия

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 представлен на рисунке 76. Логика работы защиты представлена на рисунке 77.

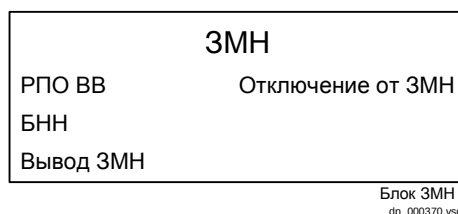


Рисунок 76 – Функциональный блок ЗМН

Таблица 49 – Входы и выходы функционального блока ЗМН

Логические входы	
РПО ВВ	Сигнал отключенного положения выключателя ввода
БНН	Срабатывание блокировки при неисправностях цепей напряжения
Вывод ЗМН	Вывод ЗМН
Логические выходы	
Отключение от ЗМН	Отключение от ЗМН выключателя ввода

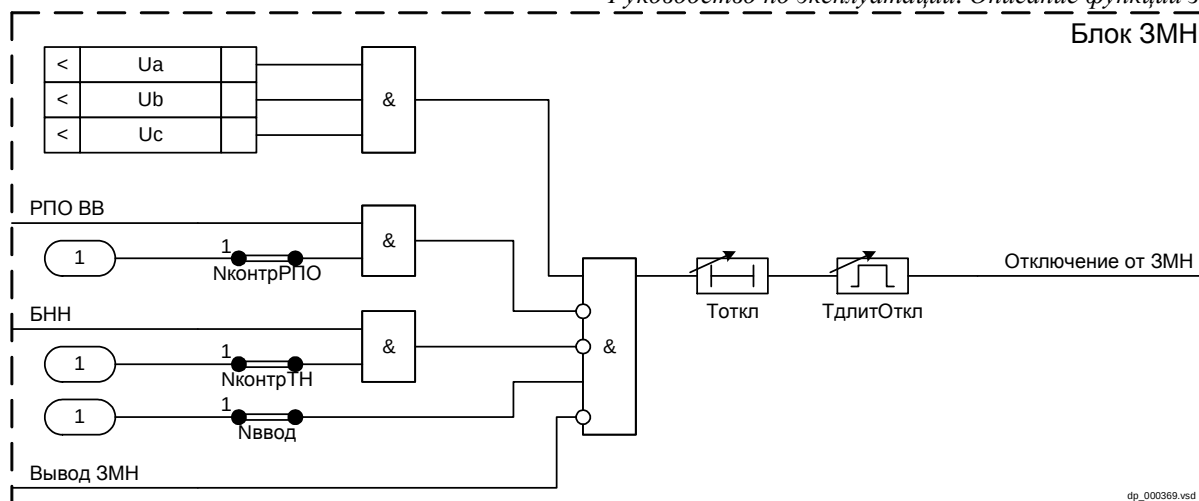


Рисунок 77 – Логическая схема работы ЗМН

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

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

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

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 наклейки «**НконтрРПО**».

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

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

Уставки защиты от понижения напряжения приведены в таблице 50.

Таблица 50 – Уставки защиты от понижения напряжения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания ЗМН, % от $U_{\text{фном}}$	Усраб	от 5 до 100 (шаг 1)	50
Контроль исправности ТН (0 – вывод, 1 – ввод)	НконтрТН	–	1
Контроль РПО вводного выключателя (0 – вывод, 1 – ввод)	НконтрРПО	–	1
Работа модуля ЗМН (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	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

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

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

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

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

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

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

1.2.13 Делительная автоматика

В устройстве выполнена делительная автоматика, предназначенная для разделения ЛЭП с целью последующего выделения поврежденного участка. При снижении напряжения на обеих секциях шин и включенном состоянии секционного выключателя защита действует на его отключение. Функциональный блок ДА представлен на рисунке 78. Логика работы защиты представлена на рисунке 79.

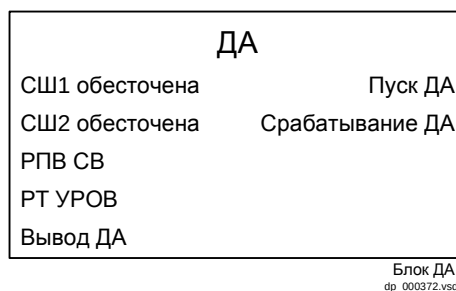


Рисунок 78 – Функциональный блок ДА

Таблица 51 – Входы и выходы функционального блока делительной автоматики

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
Срабатывание ДА	Срабатывание ДА

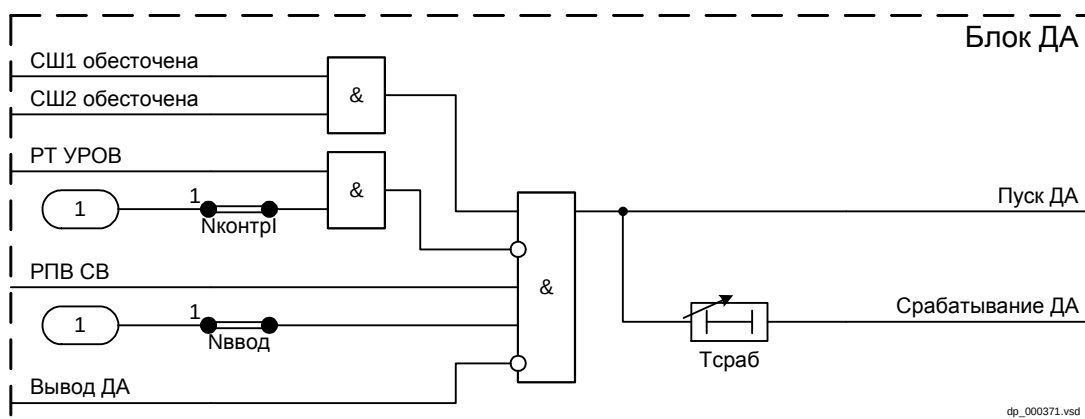


Рисунок 79 – Логическая схема работы ДА

Сигнал пуска делительной автоматики формируется, если секционный выключатель включен и отсутствуют напряжения на первой и второй си шин.

При КЗ, например, на линии ВЛ1 линии ВЛ1 и ВЛ2 отключаются с двух сторон выключателями В1 и В2. Напряжение на обеих секциях исчезает, срабатывает делительная автоматика 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.

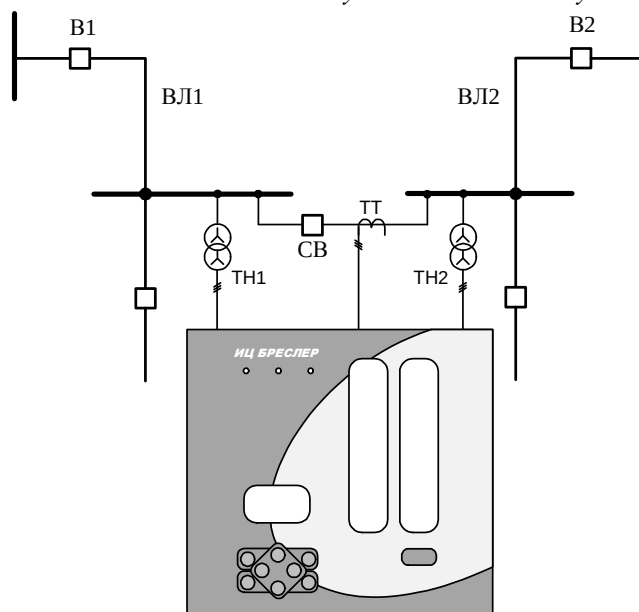


Рисунок 80 – Логическая схема работы ДА

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 наклейки «НконтрI».

Функция ДА может быть введена в работу при помощи программной наклейки «Нввод».

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

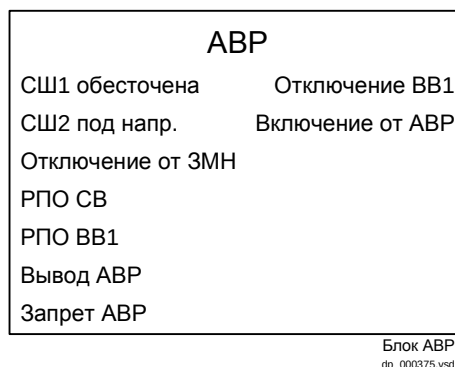
Уставки делительной автоматики приведены в таблице 52.

Таблица 52 – Уставки делительной автоматики

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

1.2.14 Автоматика включения резерва

В устройстве выполнено автоматическое включение резерва секции шин. Описание блока приведено на основе АВР 1-й секции шин. Функциональный блок АВР представлен на рисунке 81. Логика работы защиты представлена на рисунке 82.



Блок АВР
dp_000375.vsd

Рисунок 81 – Функциональный блок АВР

Таблица 53 – Входы и выходы функционального блока АВР

Логические входы	
СШ1 обесточена	Напряжение на шинах СШ1 отсутствует
СШ2 под напр.	СШ2 под напряжением
Отключение 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	
Отключение ВВ1	Отключение от АВР выключателя ввода
Включение от АВР	Включение выключателя от АВР

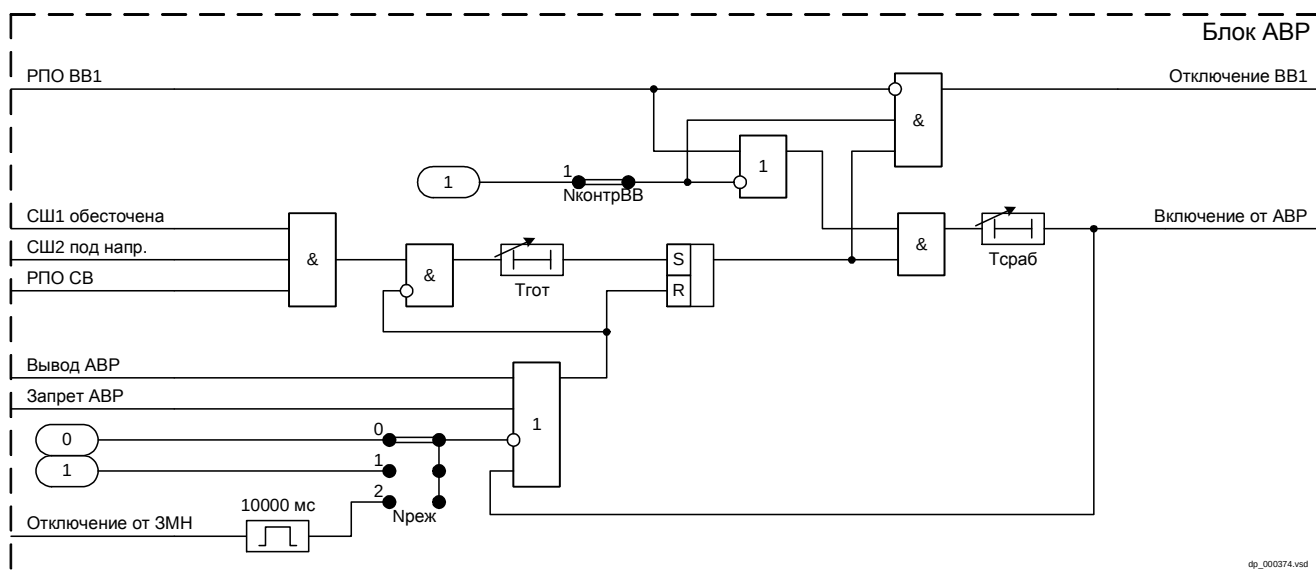


Рисунок 82 – Логическая схема работы АВР

Пуск АВР первой секции шин осуществляется при отключенном положении секционного выключателя, 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 «Включение от АВР» на включение секционного выключателя.

Режим работы АВР задается при помощи наклейки «Нреж».

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 наклейки «НконтрВВ».

При готовности АВР и включенном положении вводного выключателя подается команда на его отключение «Отключение ВВ1». После отключения вводного выключателя формируется команда на включение секционного выключателя 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).

Уставки автоматики включения резерва приведены в таблице 54.

Таблица 54 – Уставки автоматики включения резерва

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Контроль отключенного положения вводного выключателя (0 – вывод, 1 – ввод)	NконтрВВ	–	0
Режим работы АВР (0 – вывод, 1 – постоянный ввод, 2 – ввод при отключении от ЗМН)	Nреж	–	0
Время готовности АВР, мс	Tгот	от 200 до 32000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени АВР, мс	Tсраб	от 200 до 3000000 (шаг 1)	10000

1.2.15 Автоматическая частотная разгрузка

1.2.15.1 Принцип действия

Автоматическая частотная разгрузка, реализованная в устройствах защиты, содержит одну очередь трехступенчатой АЧР. В зависимости от проекта количество очередей АЧР может быть увеличено. Функциональный блок модуля АЧР приведен на рисунке 83. Логика очереди АЧР приведена на рисунке 84.

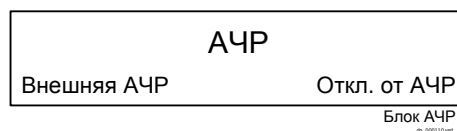


Рисунок 83 – Функциональный блок очереди АЧР

Таблица 55 – Входы и выходы функционального блока АЧР

Логические входы	
Внешняя АЧР	Отключение от внешнего АЧР
Логические выходы	
Откл. от АЧР	Отключение от АЧР

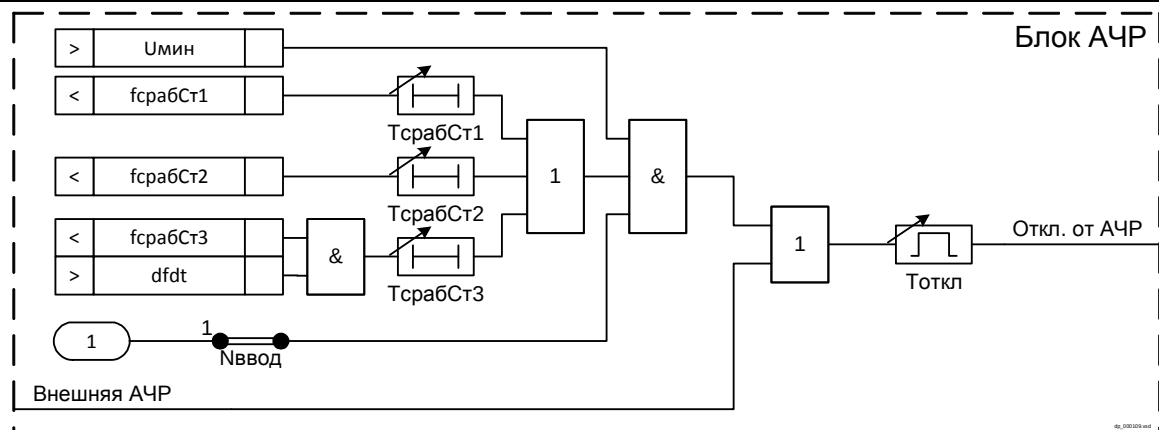


Рисунок 84 – Блок-схема очереди АЧР

Первая и вторая ступени АЧР реализуются двумя ИО частоты «**фсрабСт1**», «**фсрабСт2**». Третья ступень АЧР, помимо уровня частоты («**фсрабСт3**»), 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 («Умин»).

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».

Уставки функции АЧР приведены в таблице 56.

Таблица 56 – Уставки АЧР

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Минимальное напряжение работы АЧР, % от $U_{ф.ном}$	Умин	от 20 до 100 (шаг 1)	40
Частота срабатывания ступени 1 АЧР, Гц	fсрабСт1	от 40 до 50 (шаг 1)	48,5
Частота срабатывания ступени 2 АЧР, Гц	fсрабСт2	от 40 до 50 (шаг 1)	49,2
Частота срабатывания ступени 3 АЧР, Гц	fсрабСт3	от 40 до 50 (шаг 1)	47,5
Скорость изменения частоты для работы ступени 3 АЧР, Гц/с	dfdt	от -5 до -0,5 (шаг 0,1)	-0,7
Работа логики АЧР (0 – вывод, 1 – ввод)	Nввод	–	0
ВВС ступени 1 АЧР, мс	ТсрабСт1	от 100 до 3000000 (шаг 1)	5000
ВВС ступени 2 АЧР, мс	ТсрабСт2	от 100 до 3000000 (шаг 1)	10000
ВВС ступени 3 АЧР, мс	ТсрабСт3	от 100 до 3000000 (шаг 1)	1000
Длительность импульса на отключение выключателя, мс	Тоткл	от 50 до 30000 (шаг 1)	200

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

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

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

1.2.15.5 Коэффициент возврата ИО напряжения не более 0,9.

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

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

1.2.15.8 Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО частоты не превышает $\pm 0,02$ Гц.

1.2.15.9 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО частоты при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 0,02$ Гц от среднего значения параметра, измеренного при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

1.2.15.10 Средняя основная погрешность порога срабатывания всех ИО скорости изменения частоты не превышает $\pm 0,15$ Гц/с.

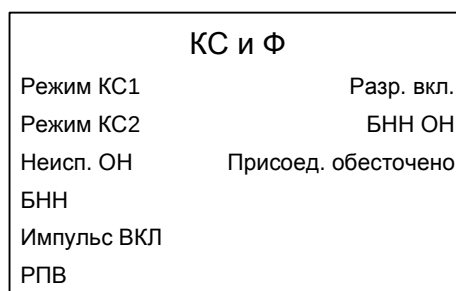
1.2.15.11 Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО скорости изменения частоты от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 0,15$ Гц/с от среднего значения параметров, измеренных при температуре (20 ± 5) °С.

1.2.16 Автоматика управления выключателем

1.2.16.1 Контроль синхронизма и фазирование (улавливание синхронизма)

Включение выключателя в режиме АПВ и при оперативном включении могут производиться с контролем синхронизма и фазированием (КСиФ). Основная задача КСиФ заключается в обеспечении очередности и безударности включения присоединения. Для этого КСиФ контролирует разность и уровень частот, разность фаз и уровень напряжений на присоединении ($\underline{U}_{\text{пр}}$) и шинах ($\underline{U}_{\text{ш}}$), как показано на рисунке 87. 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 модуля контроля синхронизма и фазирования приведен на рисунке 85. На рисунке 86 приведена общая логика работы модуля КСиФ. Сигнал разрешения включения формируется при появлении разрешающего сигнала от модулей КС, фазирования или контроля напряжения на присоединении и шинах.



Блок КСиФ

Рисунок 85 – Функциональный блок модуля контроля синхронизма и фазирования

Таблица 57 – Входы и выходы функционального блока КСиФ

Логические входы	
Режим КС1	Выбор режима АПВ (КС1)
Режим КС2	Выбор режима АПВ (КС2)
Неисп. ОН	Неисправность цепей отбора напряжения
БНН	Срабатывание блокировки при неисправности цепей напряжения
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Логические выходы	
Присоед. обесточено	Присоединение обесточено
БНН ОН	Неисправность канала отбора напряжения
Разр. вкл.	Разрешение включения выключателя

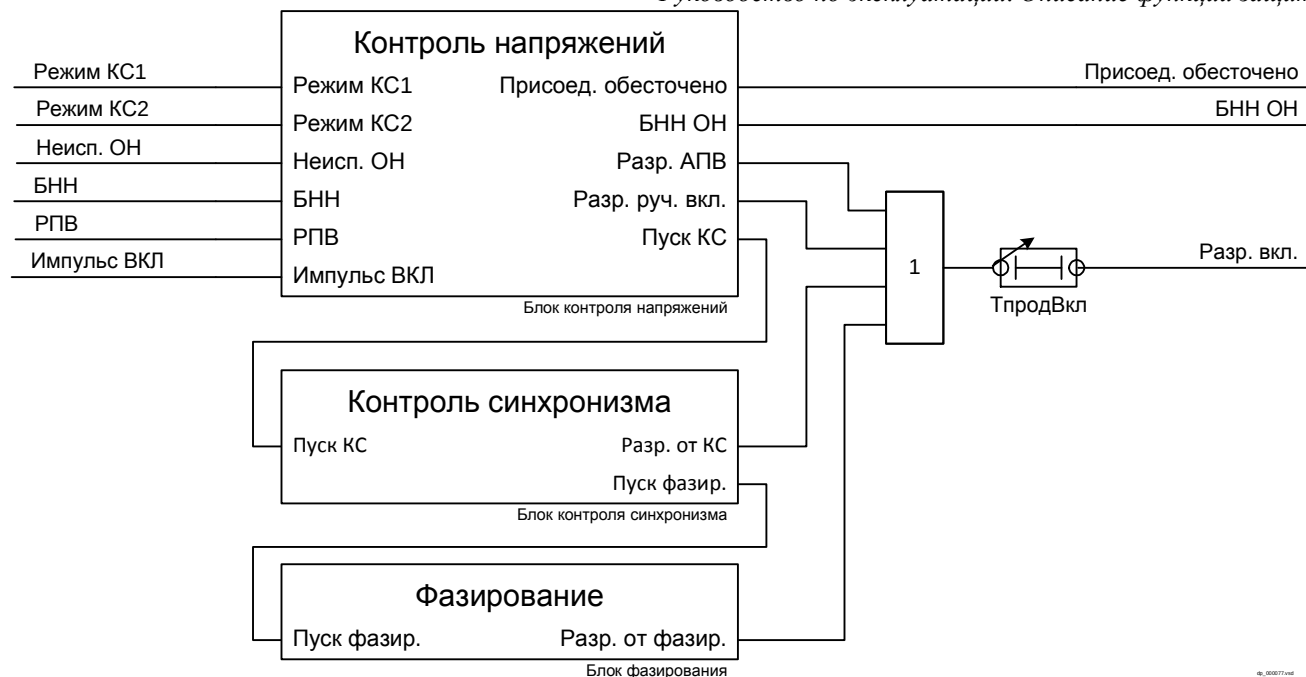


Рисунок 86 – Общая логика работы модуля контроля синхронизма и фазирования

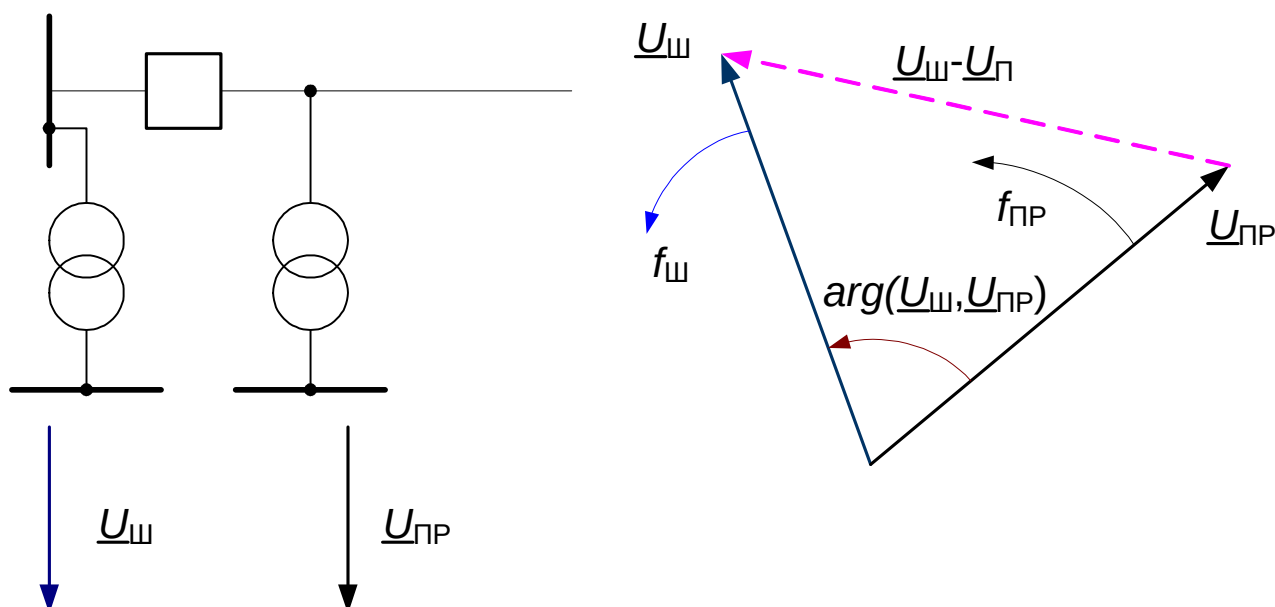


Рисунок 87 – Работа блока контроля синхронизма и фазирования

Для контроля напряжения на присоединении предусмотрены аналоговые входы напряжения и тока, использование которых определяется наличием первичного оборудования. Для измерения напряжения на присоединении может быть установлен ШОН или ТН. Накладкой «**NUпр**» задается используемый в КСФ аналоговый сигнал.

Применяется статическая коррекция сигнала $I_{ОН}$ (измеряемого по каналу тока ШОН или напряжения присоединения) до соответствия напряжению шин по модулю и по углу

$$\underline{U}_{П} = \underline{I}_{ОН} \times KU \times e^{j \times \Phi_{сдвиг}}$$

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 КСФ содержит следующие модули:

- модуль контроля уровня напряжений на присоединении и на шинах;

- модуль контроля синхронизма;
- модуль улавливания синхронизма (модуль фазирования).

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

Разрешающий сигнал продлевается на время, определяемое уставкой «ТпродВкл».

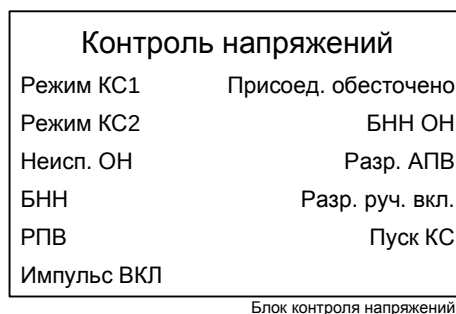
Общие уставки модуля контроля синхронизма и фазирования приведены в таблице 58.

Таблица 58 – Уставки модуля контроля синхронизма и фазирования

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Измерение напряжения линии для логики КСиФ (0 –ток ШОН, 1 –напряжение присоединения)	NUпр	–	1
Напряжение на шинах для сравнения с напряжением на присоединении (1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	NUш	–	1
Коэффициент приведения номинального уровня напряжения присоединения к номинальному напряжению шин	KU	0,01 до 100 (шаг 0,0001)	1
Фазовый сдвиг напряжения присоединения, градус	Фсдвиг	от 0 до 360 (шаг 1)	0
Продление сигнала на включение выключателя от КСиФ, мс	ТпродВкл	от 100 до 500 (шаг 1)	150

1.2.16.1.1 Логика контроля напряжений

1.2.16.1.1.1. Функциональный блок модуля контроля напряжения присоединения и шин представлен на рисунке 88. Логическая схема контроля уровня напряжений приведена на рисунке 89.



Блок контроля напряжений

Рисунок 88 – Модуль контроля напряжений присоединения и шин

Таблица 59 – Входы и выходы функционального блока контроля напряжений

Логические входы	
Режим КС1	Выбор режима АПВ (КС1)
Режим КС2	Выбор режима АПВ (КС2)
Неисп. ОН	Неисправность цепей отбора напряжения
БНН	Срабатывание блокировки при неисправности цепей напряжения
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления
Логические выходы	
Присоед. обесточено	Присоединение обесточено
БНН ОН	Неисправность канала отбора напряжения
Разр. АПВ	Разрешение АПВ
Разр. руч. вкл.	Разрешение ручного включения
Пуск КС	Пуск контроля синхронизма

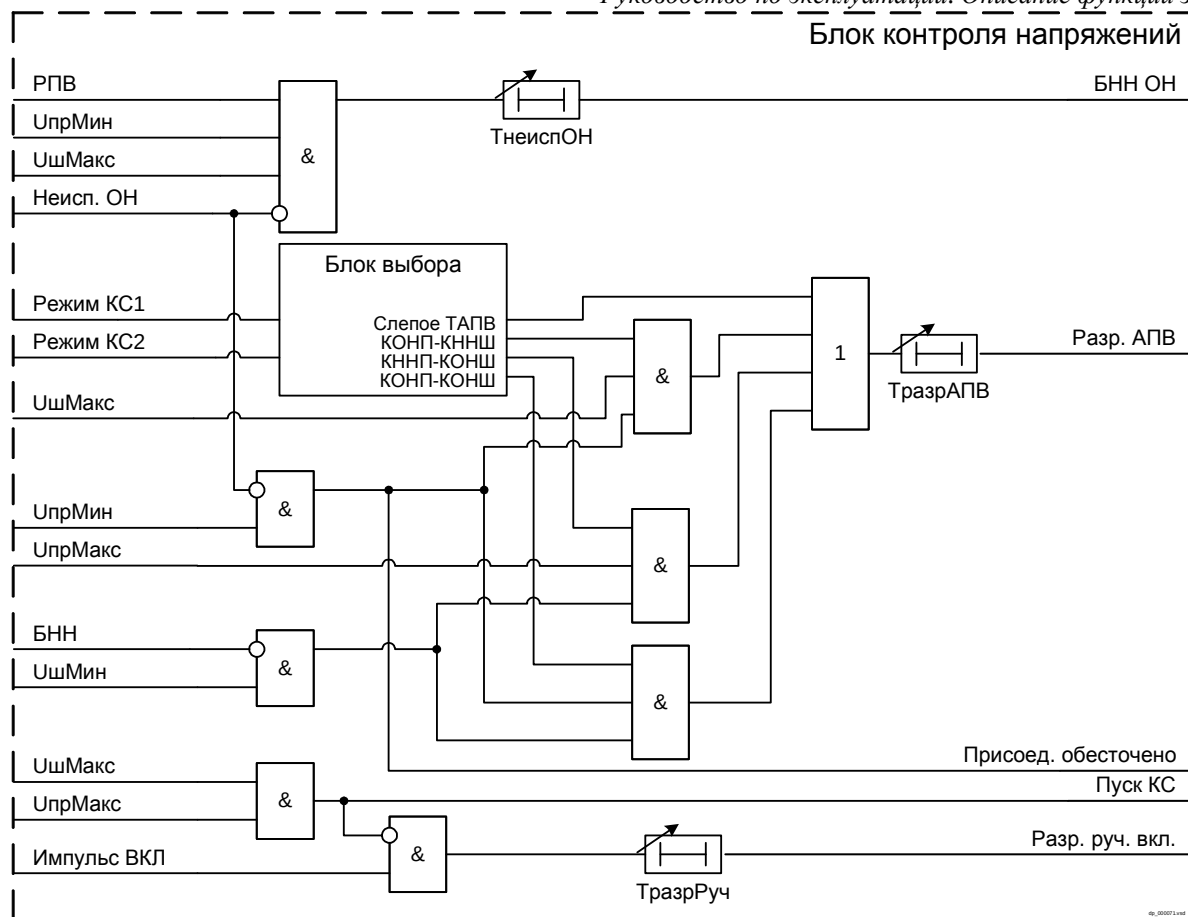


Рисунок 89 – Логическая схема работы модуля контроля напряжения присоединения и шин

Режим контроля напряжений определяется положением ключа «Режим АПВ», который формирует сигналы «Режим КС1» и «Режим КС2». На основании этих сигналов в соответствии с таблицей 60 выбирается номер активной программной накладки.

Таблица 60 – Оперативный выбор режима АПВ

Положение ключа	Значение сигнала «Режим КС1»	Значение сигнала «Режим КС2»	Активная накладка
1	0	0	НрежТАПВ1
2	1	0	НрежТАПВ2
3	0	1	НрежТАПВ3
4	1	1	НрежТАПВ4

Каждая из программных накладок «НрежТАПВ1», «НрежТАПВ2», «НрежТАПВ3», «НрежТАПВ4» задает режим АПВ; расшифровка их значений приведена в таблице 61. Функция контроля и улавливания синхронизма действует независимо от значений программных накладок «НрежТАПВ1», «НрежТАПВ2», «НрежТАПВ3» и «НрежТАПВ4», так как позволяет производить безударное включение присоединения.

Таблица 61 – Режимы АПВ

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

Значение накладки	«Слепое АПВ»	КОНП–КННШ	КННП–КОНШ	КОНП–КОНШ	Контроль синхронизма
7		+	+	+	+
8					+

Примечание – В таблице использована следующая терминология:

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

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

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

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

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

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

При одновременном срабатывании максимальных ИО напряжения линии и шин происходит пуск блока контроля синхронизма («Пуск КС» на рисунке 89).

Оперативное включение выключателя (сигнал «Разр. руч. вкл.» на рисунке 89) 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».

Функции контроля напряжения автоматически блокируются, если обнаружена неисправность измерительных цепей напряжения (сигнал «БНН»).

Задержка на формирование сигнала разрешения включения с контролем напряжения (сигнал «Разр. АПВ») определяется уставкой «ТразрАПВ».

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

Уставки модуля контроля напряжения присоединения и шин приведены в таблице 62.

Таблица 62 – Уставки модуля контроля напряжения присоединения и шин

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение на шинах, сигнализирующее об отсутствии напряжения, % от $U_{ф.ном}$	УшМин	от 10 до 90 (шаг 1)	30
Напряжение прямой последовательности на шинах, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$	U1шМакс	от 70 до 100 (шаг 1)	80
Напряжение обратной последовательности на шинах для контроля симметрии напряжения, % от $U_{ф.ном}$	U2шМакс	от 2 до 40 (шаг 1)	30

Наименование уставки		Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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 $U_{ф.ном}$		УпрМин	от 10 до 80 (шаг 1)	30
Напряжение на присоединении, сигнализирующее о наличии напряжения, % от $U_{ф.ном}$		УпрМакс	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 – контроль синхронизма	НрежТАПВ1	–	0
Режим ТАПВ для положения №2 ключа «Режим ТАПВ»		НрежТАПВ2	–	1
Режим ТАПВ для положения №3 ключа «Режим ТАПВ»		НрежТАПВ3	–	2
Режим ТАПВ для положения №4 ключа «Режим ТАПВ»		НрежТАПВ4	–	3
Выдержка времени на формирование сигнала разрешения АПВ модулем контроля напряжения на присоединении и на шинах, мс		ТразрАПВ	от 20 до 1000 (шаг 1)	100
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.				

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

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

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

1.2.16.1.1.5. Коэффициент возврата всех ИО максимального напряжения не менее 0,9, а ИО минимального напряжения – не более 1,1.

1.2.16.1.1.6. Время срабатывания (возврата) максимального (минимального) ИО напряжения при подаче трехкратного напряжения срабатывания $3 U_{сраб}$ не превышает 15 мс.

1.2.16.1.1.7. Время возврата (срабатывания) максимального (минимального) ИО напряжения при сбросе напряжения от трехкратного напряжения срабатывания $3 U_{сраб}$ до нуля не превышает 30 мс.

1.2.16.1.2 Логика контроля синхронизма (КС)

1.2.16.1.2.1. Модуль контроля синхронизма 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. Модуль КС представлен функциональным блоком на рисунке 90. Соответствующая логическая схема показана на рисунке 91.

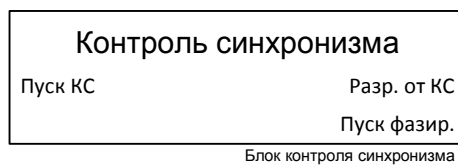


Рисунок 90 – Блок контроля синхронизма

Таблица 63 – Входы и выходы функционального блока контроля синхронизма

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

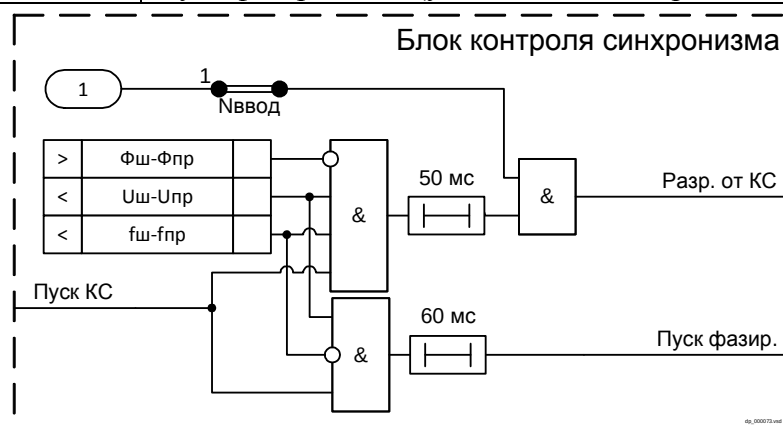


Рисунок 91 – Логика контроля синхронизма

ИО «**fш-fпр**» контролирует разность частот напряжений на присоединении и на шинах.

ИО «**Уш-Упр**» контролирует разность напряжений на присоединении и на шинах.

ИО «**Фш-Фпр**» контролирует разность фаз напряжений на шинах и на присоединении.

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

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

Уставки модуля контроля синхронизма приведены в таблице 64.

Таблица 64 – Уставки модуля контроля синхронизма

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Максимально допустимое расхождение модулей напряжений присоединения и шин для проведения ТАПВ, % от $U_{ф.ном}$	Уш-Упр	от 5 до 100 (шаг 1)	10
Максимально допустимое расхождение углов напряжений линии 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	0,05 до 0,4 (шаг 0,01)	0,2
Работа модуля контроля синхронизма (0 – вывод, 1 – ввод)	НВвод	—	1

1.2.16.1.2.2. Все точностные параметры ИО «Уш-Упр» аналогичны приведенным в 1.2.16.1.1.2 – 1.2.16.1.1.7.

1.2.16.1.2.3. Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на угол расхождения фаз, не превышает $\pm 3^\circ$.

1.2.16.1.2.4. Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на угол расхождения фаз, при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5^\circ$ от среднего значения параметра, измеренного при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

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

1.2.16.1.2.6. Средняя основная погрешность порога срабатывания ИО, реагирующего на разность частот напряжений шин и присоединения, не превышает $\pm 0,02$ Гц.

1.2.16.1.2.7. Дополнительная погрешность порога срабатывания ИО КС, реагирующего на разность частот напряжений шин и присоединения, при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 0,02$ Гц от среднего значения параметра, измеренного при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

1.2.16.1.3 Логика фазирования (улавливания синхронизма)

1.2.16.1.3.1. Модуль фазирования, представленный на рисунке 93, 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. Модуль фазирования представлен функциональным блоком на рисунке 92.

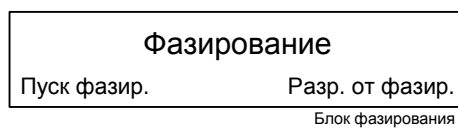


Рисунок 92 – Функциональный блок модуля фазирования

Таблица 65 – Входы и выходы функционального блока фазирования

Логические входы	
Пуск фазир.	Пуск фазирования (улавливания синхронизма)
Логические выходы	
Разр. фазир.	Разрешение включения от модуля фазирования

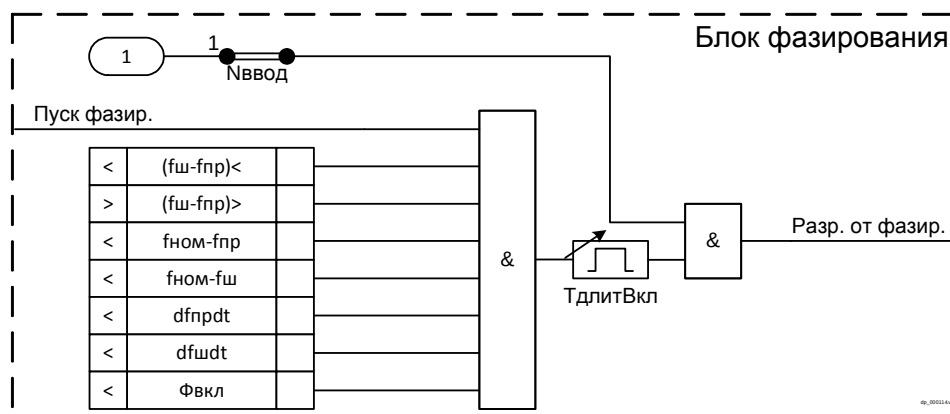


Рисунок 93 – Логическая схема модуля фазирования

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 «**dfnprdt**» и «**dfwudt**» 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 при включении задаётся уставкой «**Фш-Фпр**».

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

Длительность разрешающего импульса при улавливании синхронизма определяется уставкой «**ТдлитВкл**».

Уставки модуля улавливания синхронизма приведены в таблице 66.

Таблица 66 – Уставки модуля 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)<	0,05 до 5 (шаг 0,1)	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	0,05 до 5 (шаг 0,01)	2,5
Работа модуля улавливания синхронизма (0 – вывод, 1 – ввод)	Нввод	–	0
Время включения выключателя, мс	ТвклВыкл	от 20 до 500 (шаг 1)	80
Длительность импульса на включение выключателя от логики фазирования, мс	ТдлитВкл	от 50 до 1000 (шаг 1)	150

1.2.16.1.3.2. Точностные параметры ИО, реагирующих на отклонение частоты, соответствуют 1.2.16.1.2.6, 1.2.16.1.2.7.

1.2.16.1.3.3. Средняя основная погрешность порога срабатывания всех ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, не превышает $\pm 0,15$ Гц/с.

1.2.16.1.3.4. Дополнительная погрешность порога срабатывания всех ИО, реагирующих на скорость изменения частоты, от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 0,15$ Гц/с от среднего значения параметров, измеренных при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

1.2.16.2 Трехфазное автоматическое повторное включение

Устройство защиты реализует функцию трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ). Логика работы ТАПВ позволяет выполнять двукратное ТАПВ присоединения, однократное ТАПВ шин, частотное ТАПВ.

Работа ТАПВ разрешается сигналом от модуля контроля синхронизма и фазирования.

Модуль фиксации несоответствия (УФН), логика работы которого представлена на рисунке 94, обнаруживает и запоминает несоответствие между ключом управления и

истинным состоянием выключателя. Команда «отключить», поступающая от оперативного переключателя, сбрасывает состояние УФН, пуск АПВ не производится.

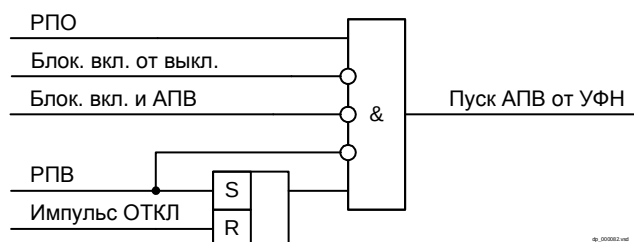


Рисунок 94 – Узел фиксации положения выключателя и фиксации несоответствия

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

Внутренний сигнал «Запрет АПВ» (рисунок 95) формируется при появлении сигнала «Запрет АПВ от защит», при отключении шин от УРОВ, при формировании запрета АПВ от внешних устройств. Этот сигнал действует на блокирование логики ТАПВ присоединения и шин.

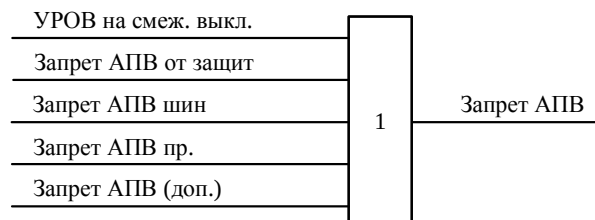


Рисунок 95 – Логика формирования запрета АПВ

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

1.2.16.2.1 ТАПВ присоединения

Функциональный блок ТАПВ присоединения представлен на рисунке 96.

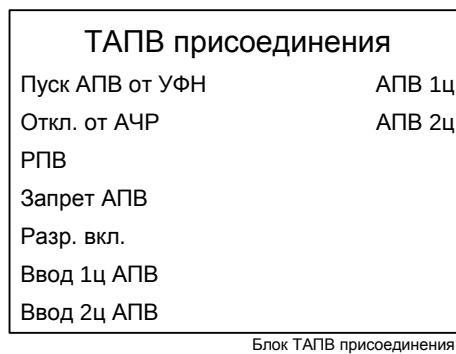


Рисунок 96 – Функциональный блок ТАПВ присоединения

таблица 67 – Входы и выходы функционального блока ТАПВ присоединения

Логические входы	
Пуск АПВ от УФН	Пуск АПВ от узла фиксации несоответствия
Откл. от АЧР	Отключение выключателя от АЧР
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Ввод 1ц АПВ	Ввод первого цикла АПВ
Ввод 2ц АПВ	Ввод второго цикла АПВ

Логические выходы	
АПВ 1ц	Включение выключателя от первого цикла АПВ
АПВ 2ц	Включение выключателя от второго цикла АПВ

Пуск АПВ присоединения происходит при несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя (сигнал «Пуск АПВ от УФН»). 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 «Т_{гот}».

Длительность первого цикла ТАПВ присоединения определяется уставкой «Т_{цикл1}». Длительность второго цикла ТАПВ присоединения определяется уставкой «Т_{цикл2}».

Уставки функции ТАПВ присоединения приведены в таблице 68.

Таблица 68 – Уставки ТАПВ присоединения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Время готовности ТАПВ присоединения, мс	Т _{гот}	от 500 до 32000 (шаг 1)	1000
Выдержка времени первого цикла ТАПВ, мс	Т _{цикл1}	от 200 до 30000 (шаг 1)	500
Выдержка времени второго цикла ТАПВ, мс	Т _{цикл2}	от 200 до 30000 (шаг 1)	10000

1.2.16.2.2 ТАПВ шин

Функциональный блок ТАПВ шин представлен на рисунке 97.

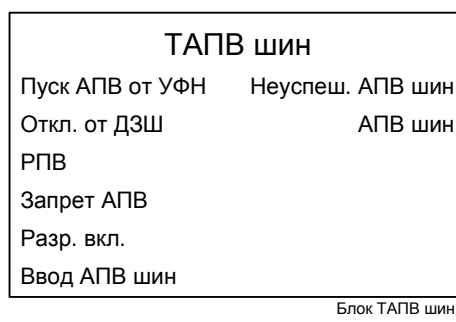


Рисунок 97 – Функциональный блок ТАПВ шин

Таблица 69 – Входы и выходы функционального блока ТАПВ шин

Логические входы	
Пуск АПВ от УФН	Пуск АПВ от узла фиксации несоответствия
Откл. от ДЗШ	Отключение выключателя от ДЗШ
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Ввод ТАПВ шин	Ввод ТАПВ шин
Логические выходы	
Неуспеш. АПВ шин	Неуспешное ТАПВ шин
АПВ шин	Включение выключателя от ТАПВ шин

Пуск АПВ шин происходит при срабатывании защиты шин (ДЗШ) и при несоответствии между положением ключа управления выключателем и реальным состоянием выключателя (сигнал «Пуск АПВ от УФН»). При этом ТАПВ присоединения запрещается. В том случае,

если при проведении ТАПВ шин ДЗШ сработает повторно, формируется сигнал «Неуспеш. АПВ шин» и происходит блокирование АПВ шин.

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

Длительность цикла ТАПВ шин определяется уставкой «Тсраб».

Длительность импульсного сигнала «Откл. от ДЗШ» определяется уставкой «ТотклДЗШ».

Длительность сигнала запрета АПВ шин определяется уставкой «ТзапрАПВш».

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

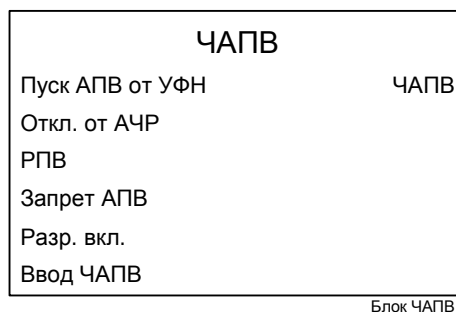
Уставки функции ТАПВ шин приведены в таблице 70.

Таблица 70 – Уставки ТАПВ шин

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

1.2.16.2.3 ЧАПВ

Функциональный блок ЧАПВ представлен на рисунке 98.



Блок ЧАПВ

Рисунок 98 – Функциональный блок ЧАПВ

Таблица 71 – Входы и выходы функционального блока ЧАПВ

Логические входы	
Пуск АПВ от УФН	Пуск АПВ от узла фиксации несоответствия
Откл. от АЧР	Отключение выключателя от АЧР
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
Запрет АПВ	Запрет АПВ
Разр. вкл.	Разрешение включения от модуля КСиФ
Ввод ЧАПВ	Ввод ЧАПВ
Логические выходы	
ЧАПВ	Включение выключателя от ЧАПВ

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

ТАПВ 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.

Уставки функции ЧАПВ приведены в таблице 72.

Таблица 72 – Уставки ЧАПВ

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

1.2.16.3 Модуль включения

Узел включения выключателя формирует сигналы на электромагниты включения выключателя при появлении команд оперативного включения «Команда ВКЛ», «Включение от ТУ» или сигналов включения «Вкл. от АПВ», «Включение (доп)», «Включение без КС» и контролируется сигналом разрешения включения «Разр. вкл.» от модуля контроля синхронизма и фазирования. Функциональный блок модуля включения представлен на рисунке 99. Логика работы модуля включения показана на рисунке 100.

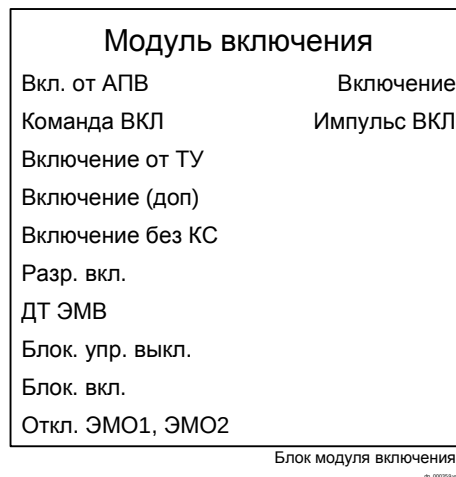


Рисунок 99 – Модуль включения выключателя

Таблица 73 – Входы и выходы функционального блока модуля включения

Логические входы	
Вкл. от АПВ	Включение выключателя от АПВ
Команда ВКЛ	Включение выключателя от ключа управления
Включение от ТУ	Включение выключателя от телеуправления
Включение (доп)	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	Датчик тока ЭМВ
Блок. упр. выкл.	Блокировка управления выключателем

Блок. вкл.	Блокировка включения выключателя
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Логические выходы	
Включение	Включение выключателя
Импульс ВКЛ	Включение выключателя от КУ и телеуправления

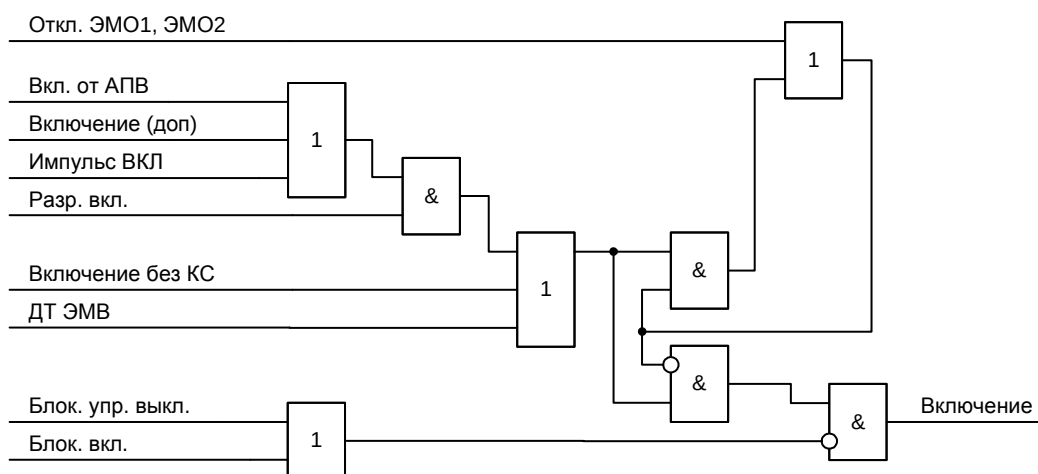


Рисунок 100 – Узел включения выключателя

Для формирования сигнала на включение выключателя от оперативного ключа и по каналам телеуправления реализована логическая цепочка, представленная на рисунке 101. Она формирует команду на включение выключателя. Минимальная длительность команды включения определяется уставкой «ТоперВкл».

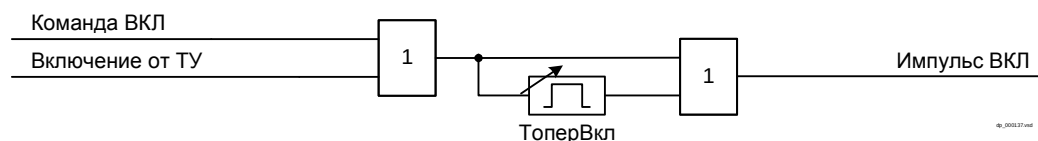


Рисунок 101 – Формирование внутренней команды на включение выключателя

Для формирования сигнала на включение выключателя без контроля разрешающего сигнала от логики контроля синхронизма и фазирования 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» на электромагниты включения датчики тока фиксируют протекание тока через электромагниты отключения, то включение выключателя блокируется до тех пор, пока не прекратится сигнал включения.

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

Уставки модуля включения приведены в таблице 74.

Таблица 74 – Уставки модуля включения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Длительность команды на включение выключателя от ключа управления (телеуправления), мс	ТоперВкл	от 100 до 1000 (шаг 1)	150

1.2.17 Модуль отключения выключателя

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

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

Функциональный блок модуля отключения представлен на рисунке 102. Логика работы модуля отключения показана на рисунке 103.

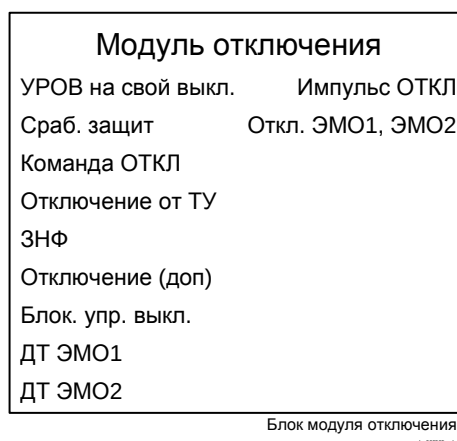


Рисунок 102 – Модуль отключения выключателя

Таблица 75 – Входы и выходы функционального блока модуля отключения

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

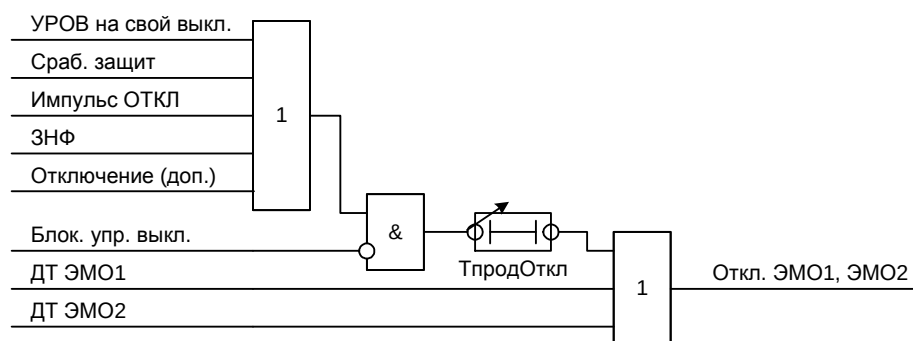


Рисунок 103 – Узел отключения выключателя

Для формирования сигнала на отключение выключателя от оперативного ключа и от сигналов телеуправления реализована логическая цепочка, изображенная на рисунке 104. Она

однократно формирует внутреннюю команду на отключение выключателя. Длительность команды отключения определяется уставкой «ТоперОткл».

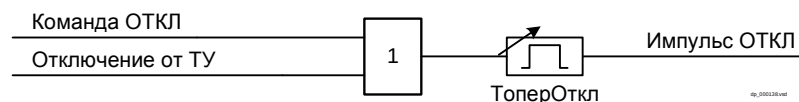


Рисунок 104 – Формирование команды на отключение выключателя

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.».

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

Уставки модуля отключения приведены в таблице 76.

Таблица 76 – Уставки модуля отключения

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

1.2.18 Узел фиксации положения выключателя

Функциональный блок узла фиксации положения выключателя представлен на рисунке 105. На рисунке 106 приведена логика фиксации положения выключателя.

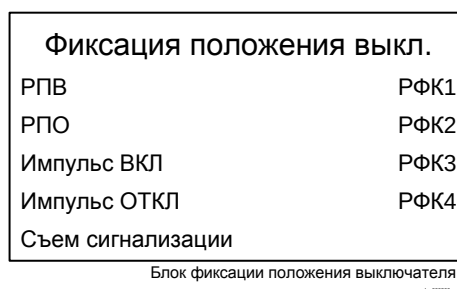


Рисунок 105 – Функциональный блок узла фиксации положения выключателя

Таблица 77 – Входы и выходы блока узла фиксации положения выключателя

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

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

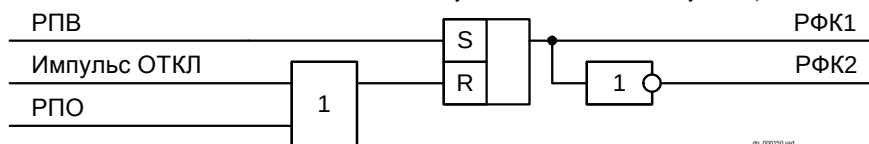


Рисунок 106 – Формирование сигналов РФК1, РФК2

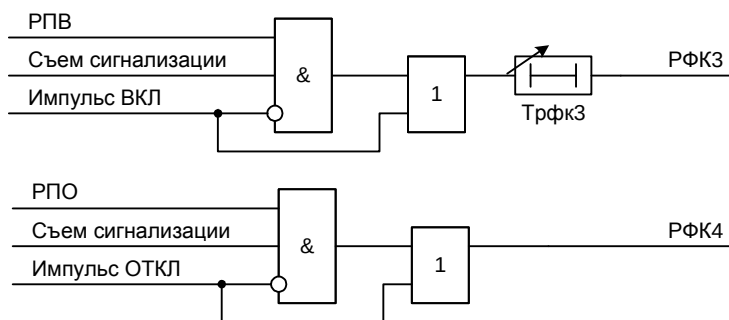


Рисунок 107 – Формирование сигналов РФК3, РФК4

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

Сигналы «РФК3» и «РФК4», представленные на рисунке 107, используются для выполнения сигнализации команд оперативного управления выключателем.

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

Уставки узла фиксации положения выключателя приведены в таблице 78.

Таблица 78 – Уставки узла фиксации положения выключателя

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

1.2.19 Модуль контроля ресурса выключателя

1.2.19.1 Функциональный блок модуля контроля ресурса выключателя представлен на рисунке 108.



Блок МКРВ

Рисунок 108 – Функциональный блок модуля контроля ресурса выключателя

Таблица 79 – Входы и выходы функционального блока модуля контроля ресурса выключателя

Логические входы	
РПВ	Сигнал включенного положения выключателя
РПО	Сигнал отключенного положения выключателя
Откл. ЭМО1, ЭМО2	Отключение выключателя
Съем сигнализации	Съем светодиодной сигнализации устройства
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.

1.2.19.2 Контроль механического ресурса выключателя

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 «НрежМРВ»:

- «НрежМРВ» = 0 – контроль МРВ выведен из работы;
- «НрежМРВ» = 1 – осуществляется контроль МРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2»;
- «НрежМРВ» = 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 %.

1.2.19.3 Контроль коммутационного ресурса выключателя

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 11-ю (рисунок 109), так и двумя точками (рисунок 110) в виде пар чисел: число коммутаций – отключаемый ток (уставки Моткл1...Моткл11 и Iоткл1...Iоткл11 – для характеристики, задаваемой 11-ю точками). Выбор характеристики производится при помощи наклейки «Нреж». При «Нреж» = 1 расчет производится по двум точкам, при «Нреж» = 2 – по одиннадцати точкам.

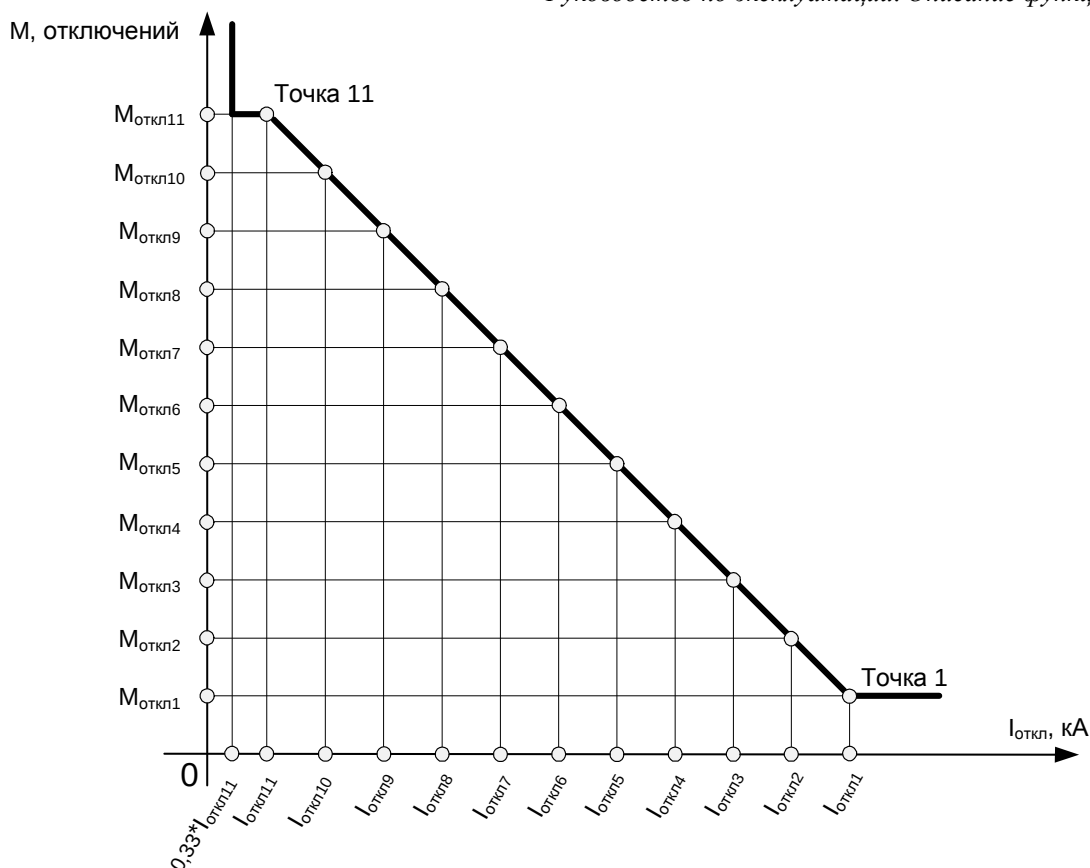


Рисунок 109 – Характеристика коммутационного ресурса выключателя, задаваемая 11-ю точками

Характеристика, изображенная на рисунке 110, задается следующими уставками: « $I_{откл1}$ » – номинальный ток отключения выключателя, кА; « $I_{откл2}$ » – номинальный ток выключателя, кА; « $M_{откл1}$ » – допустимое количество циклов при номинальном токе отключения; « $M_{откл2}$ » – количество циклов при номинальном токе выключателя.

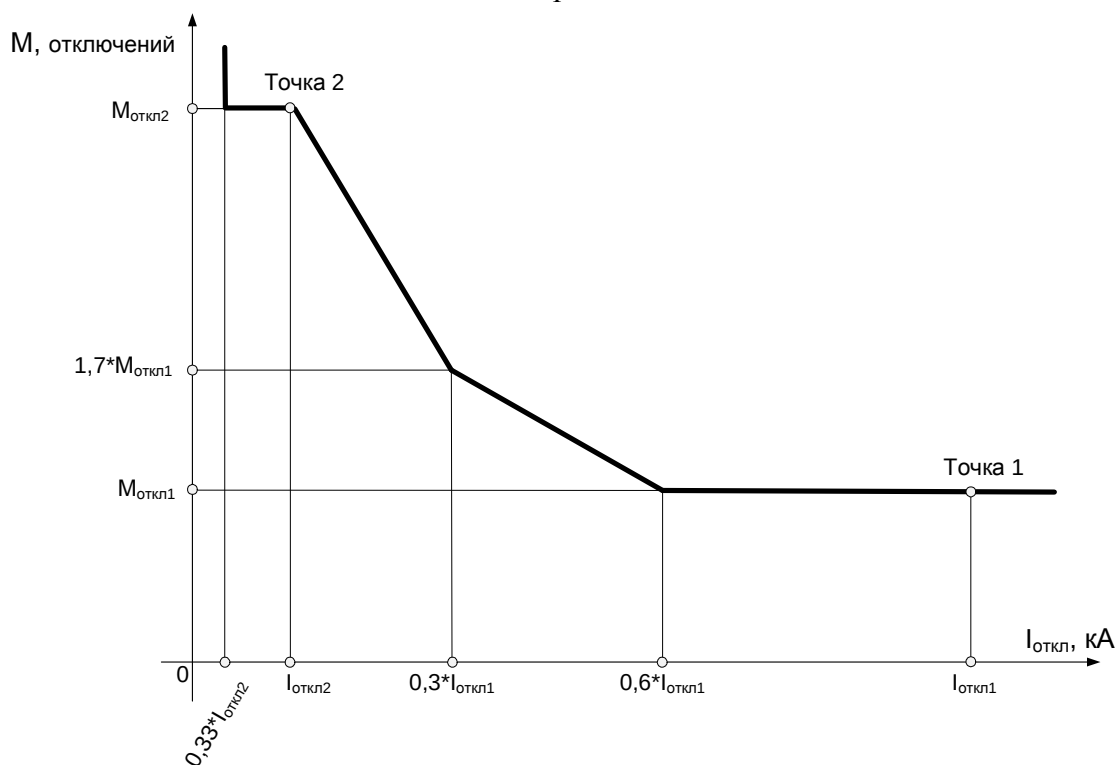


Рисунок 110 - Характеристика коммутационного ресурса выключателя, задаваемая 2-мя точками

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

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

- «НрежКРВ» = 0 – контроль КРВ выведен из работы;
- «НрежКРВ» = 1 – осуществляется контроль КРВ и формируются сигналы «Сигнал от МКРВ1» и «Сигнал от МКРВ2»;
- «НрежКРВ» = 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.

Уставки функции контроля ресурса выключателя приведены в таблице 80.

Таблица 80 – Уставки функции контроля ресурса выключателя

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Допустимое число отключений	МдопОткл	от 1 до 60000 (шаг 1)	
Порог первой ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (механический ресурс), %	МсрабМРВ1	от 0 до 100 (шаг 0,01)	
Порог второй ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (механический ресурс), %	МсрабМРВ2	от 0 до 100 (шаг 0,01)	
Число отключений для профилактического ремонта	Мрем	от 1 до 1000 (шаг 1)	
Работа сигнализации неисправности от модуля ресурса контроля выключателя (0 – вывод, 1 – ввод)	Ннеисп	–	
Режим работы контроля механического ресурса выключателя (0 – вывод, 1 – на сигнал, 2 – контроль действует на блокировку включения выключателя при полной выработке его механического ресурса)	НрежМРВ	–	
Уставка сигнализации времени включения выключателя, мс	Твкл	от 1 до 1000 (шаг 1)	

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Уставка сигнализации времени отключения выключателя, мс	Тоткл	от 1 до 1000 (шаг 1)	
Характеристика КРВ			
Ток точки 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл1	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл2	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл3	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл4	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл5	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл6	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл7	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл8	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл9	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл10	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Ток точки 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости, кА	Иоткл11	от 0,20 до 60 (шаг 0,01)	
Допустимое количество отключений в точке 1 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл1	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 2 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл2	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 3 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл3	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 4 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл4	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 5 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл5	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 6 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл6	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 7 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл7	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 8 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл8	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 9 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл9	от 5 до 60000 (шаг 1)	

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Допустимое количество отключений в точке 10 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл10	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Допустимое количество отключений в точке 11 характеристики ресурса по коммутационной стойкости	Моткл11	от 5 до 60000 (шаг 1)	
Порог первой ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (коммутационный ресурс), %	МсрабКРВ1	от 0 до 100 (шаг 0,01)	
Порог второй ступени сигнализации контроля ресурса выключателя (коммутационный ресурс), %	МсрабКРВ2	от 0 до 100 (шаг 0,01)	
Выбор алгоритма расчета ресурса по коммутационной стойкости (1 – по двум точкам, 2 – по одиннадцати точкам)	Нреж	–	
Режим работы контроля коммутационного ресурса выключателя (0 – вывод, 1 – на сигнал, 2 – контроль действует на блокировку включения выключателя при полной выработке его коммутационного ресурса)	НрежКРВ	–	

1.2.20 Модуль определения места повреждения

1.2.20.1 Принцип работы блока ОМП

Блок ОМП выполняет следующие функции:

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

Функциональный блок ОМП приведен на рисунке 111.



Блок ОМП

Рисунок 111 – Функциональный блок ОМП

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

Таблица 81 – Входы и выходы функционального блока ОМП

Логические входы	
ПО	Сигнал пуска блока ОМП
Подтверждение	Сигнал подтверждения пуска блока ОМП
Съем сигн.	Съем сигнализации вида КЗ
Логические выходы	
Пуск ОМП	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

Блок ОМП обрабатывает токи и напряжения контролируемой линии, а также утроенный ток нулевой последовательности параллельной линии. Все входные аналоговые величины имеют комплексную форму представления.

Пуск блока ОМП выполняется при появлении сигнала «ПО». Возможно два варианта обработки срабатывания.

а) Если накладка «**НалгПуска**» находится в положении «1-сигнал ПО», то режим пуска называется независимым. Измерение параметров аварийного режима происходит с отстройкой «**Тавар**» относительно момента появления сигнала «ПО». Измерение параметров предаварийного режима происходит перед появлением сигнала «ПО». На основе измеренных величин происходит расчет места повреждения и формирование отчета ОМП и выходных логических сигналов. На рисунке 112 показана временная диаграмма пуска.

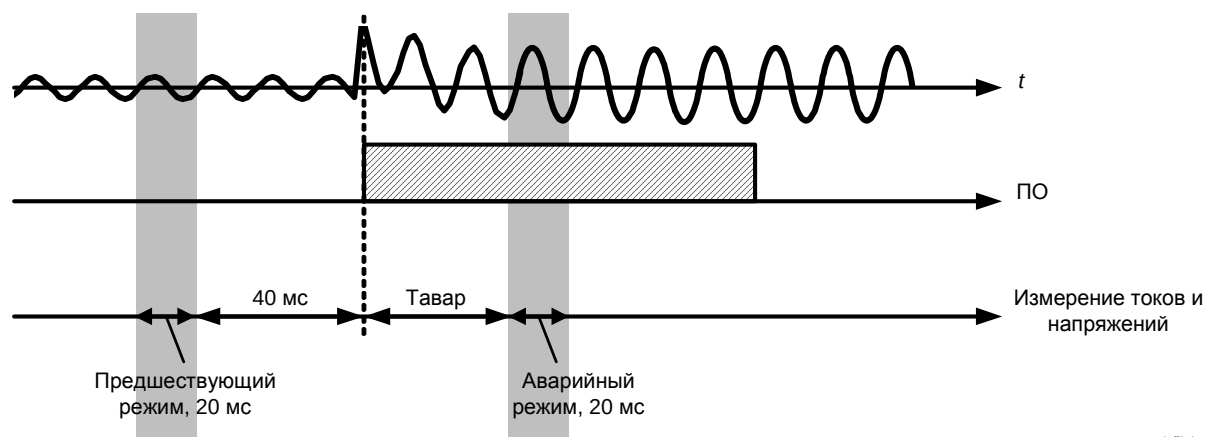


Рисунок 112 – Временная диаграмма пуска в режиме независимого пуска

б) Если накладка «**НалгПуска**» находится в положении «2-ПО&подтв.», то режим пуска называется селективным. Измерение параметров режима происходит по предыдущему алгоритму, а обработка зависит от значения сигнала «Подтверждение». Если в течение времени «**Тподтв**» относительно момента появления сигнала «ПО» получен сигнал «Подтверждение», то происходит расчет места повреждения и формирование отчета ОМП и выходных логических сигналов на основе зафиксированного аварийного процесса. Если сигнал «Подтверждение» не поступает или поступает после истечения «**Тподтв**», тогда отчет ОМП не формируется, а выходные логические сигналы остаются в предыдущем состоянии. На рисунке 113 показана временная диаграмма срабатывания, в котором подтверждающий сигнал поступил в течение времени «**Тподтв**», что привело к формированию отчета ОМП и выходных логических сигналов.

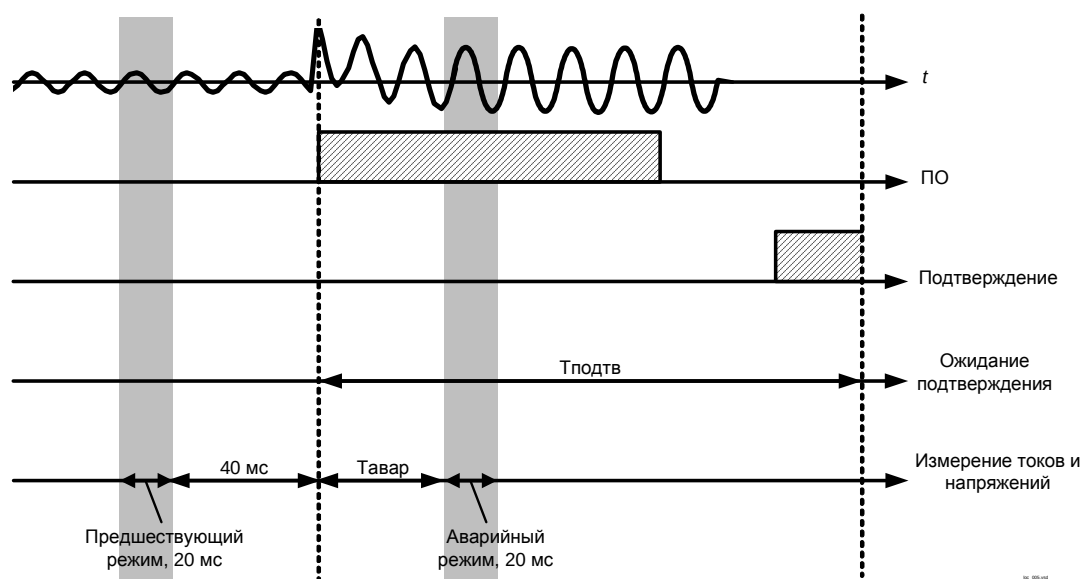


Рисунок 113 – Временная диаграмма пуска в режиме селективного пуска

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. При этом весь аварийный процесс разбивается на интервалы однородности. Приоритет отдается тому интервалу, на котором обеспечивается наиболее уверенный результат ОМП, попадающий в пределы наблюдаемой зоны. На этом интервале происходит измерение аварийных величин. Для примера на рисунке 114 показан 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 металлическом КЗ обеспечивается более точный результат ОМП.

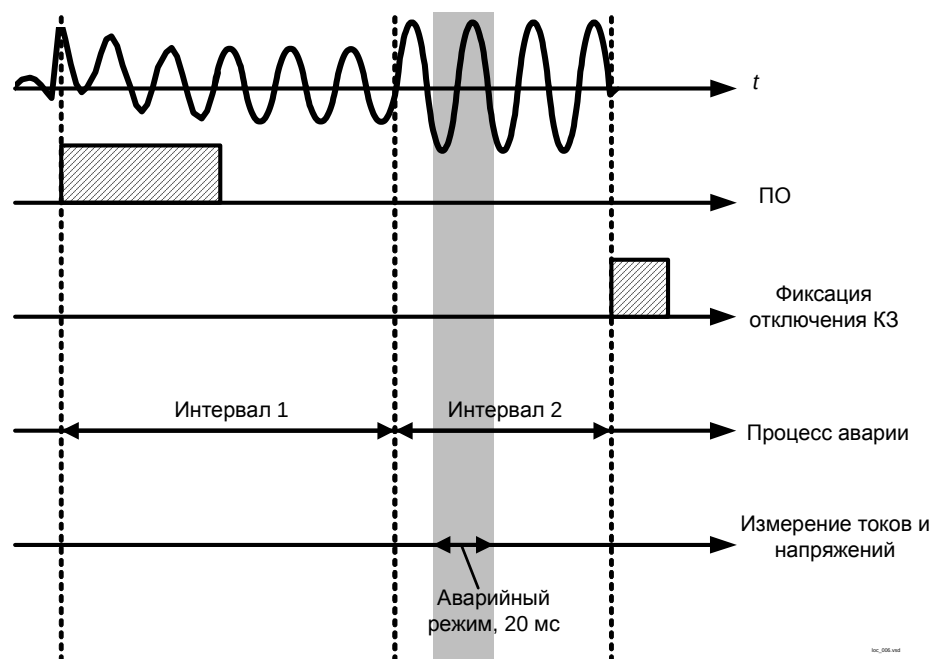


Рисунок 114 – Измерение аварийных величин в сложном аварийном процессе

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

При успешной фиксации КЗ блок формирует один из сигналов «Однофаз.КЗ (ф)», «Междуфазн.КЗ (ф)», Двухфазн.КЗ на зем.(ф) или «Трехфазн.КЗ (ф)», соответствующих различным видам повреждения. Эти сигналы устанавливаются после расчета места повреждения и могут быть сброшены сигналом «Съем сигн.». Вид КЗ автоматически обновляется при возникновении повторного КЗ. Возможна задержка формирования этих сигналов до нескольких секунд.

Уставки блока ОМП состоят из двух наборов. Первый набор задает конфигурацию блока, второй – описывает параметры наблюдаемой линии.

Диапазоны и обозначения первого набора уставок блока ОМП приведены в таблице 82.

Таблица 82 – Функция определения места повреждения, конфигурация

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Алгоритм регистрации и обработки информации (1-сигнал ПО; 2-ПО&подтв.)	НалгПуска	-	1
Использование тока ЗІО параллельной линии (1-не исп.; 2-использ.)	НтокПарал	-	1
Обозначение фаз для индикации (1-А-В-С-Н; 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)	НобознФ	-	1

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Отстройка для фиксации текущих величин, мс	Тавар	от 0 до 100	40
Время ожидания подтверждающего сигнала, мс	Тподтв	от 0 до 10000	5000

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

Наклейка «**НтокПарал**» задает режим учета параллельной линии. Если ток параллельной линии заведен на терминал, тогда наклейка устанавливается в положение «2-использ.». Если ток не заведен, тогда «1-не исп.».

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 включает в себя разбиение линии на характерные однородные участки. Блок ОМП поддерживает от 1 до 30 участков.

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 83 представлены 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 программируемая накладка «НтокПарал» указывает на использование тока параллельной линии, связь с которой задается параметрами 10 – 11.

Таблица 83 – Описание участков линии

№ параметра	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», Ом	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
11	Реактивное сопротивление НП системы слева «X0s», Ом	Реактивное сопротивление НП ответвления «X0отв», 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 84 приведены диапазоны и значения параметров линии по умолчанию.

Таблица 84 – Функция определения места повреждения, параметры линии

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Название линии	Название	до 15 символов	ВЛ Хвойная
Параметры участка линии			
Название участка	Название	до 15 символов	Хвойная 1
Тип участка (1-Линия; 2-Ответвл.; 3-Нагрузка; 4-Инд.связь)	Тип участка	-	1-Линия
Длина участка	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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
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)	1E6
Реактивное сопротивление ПП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X1отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1E6
Активное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	R0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1E6
Реактивное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1E6
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 взаимной индукции (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

Конфигурация линии и параметры участков редактируются с помощью меню ИЧМ терминала, инструкция приведена в АИПБ.656122.011 РЭ1.

В таблице 85 приведен пример описания линии ПС1 ПС3, представленной на рисунке 115, которую предлагается разбить на три участка: ПС1 ПС2 (тип 1), ПС2 (тип 2) и ПС2 ПС3 (тип 3). При необходимости задать условия изолированной нейтрали соответствующий параметр сопротивления принимается равным 1000000. Терминал обрабатывает числа в

инженерной нотации, когда после знака «Е» указывается показатель множителя степени 10: запись 2,34Е-5 эквивалентна 0,0000234, а запись 34,5Е3 эквивалентна 34500.

Таблица 85 – 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	Уч.ПС1-ПС2	Участок ПС2	Уч.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/R1г, Ом	0,60	500	1000
X1s/X1отв/X1г, Ом	4,56	1000	2000
R0s/R0отв/R0г, Ом	0,26	1Е6	14,70
X0s/X0отв/X0г, Ом	3,03	1Е6	211,00

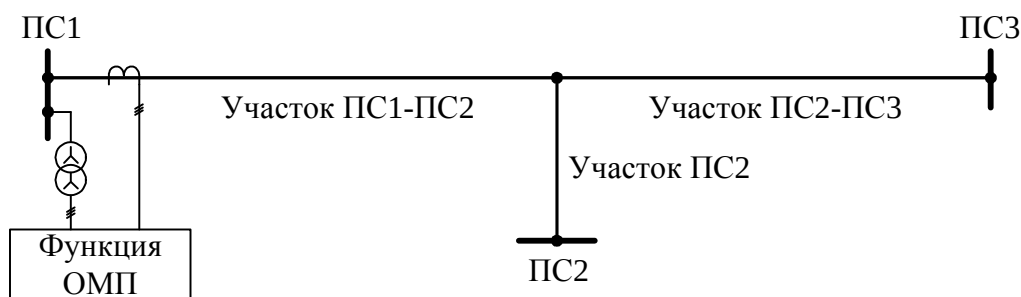


Рисунок 115 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой

На рисунке 116 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 представлено в таблице 86.

Таблица 86 – Параметры участков линии с отпайкой и взаимоиנדукцией

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	Участок ПС1	Уч.ПС1-ПС2-1	Уч.ПС1-ПС2-2	Участок ПС2	Уч.ПС2-ПС3-1	Уч.ПС2-ПС3-2	Уч.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

$R0s/R0вз/-/R0отв/-/R0вз/R0г, \text{ Ом}$ (Ом/км)	0,26	0,153	0,01	1Е6	0,01	0,153	14,70
$X0s/X0вз/-/X0отв/-/X0вз/X0г, \text{ Ом}$ (Ом/км)	3,03	1,024	0,01	1Е6	0,01	1,024	211,00

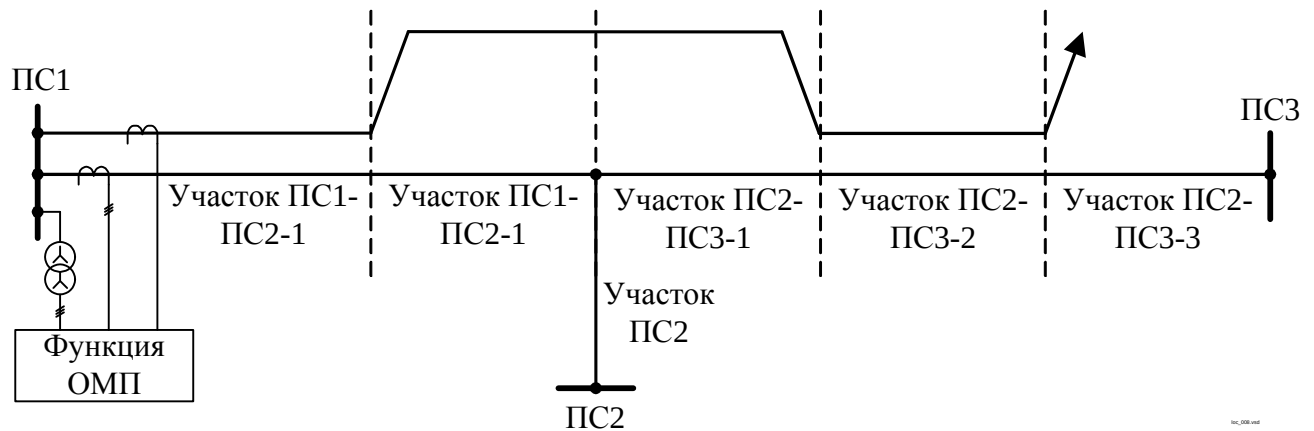


Рисунок 116 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой и взаимной индукцией

Результат расчета места повреждения записывается в отчет ОМП, в котором указываются:

- 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 «**НобознФ**»);
- 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». Оригинальный отчет при этом не удаляется.

Отчеты ОМП доступны для просмотра на ИЧМ и по каналам связи. Инструкция по просмотру и пересчету отчетов ОМП через ИЧМ терминала приведена в АИПБ.656122.011 РЭ1.

1.2.20.2 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 90 электрических градусов; 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.

1.2.20.3 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 ТТ, при передаче токов установившегося режима при работе на активную нагрузку не превышает 10 % длины этой ВЛ.

2 Рекомендации по проверке

2.1 Общие указания

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

2.2 Меры по безопасности

2.2.1 При эксплуатации и техническом обслуживании устройства необходимо руководствоваться «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также требованиями настоящего РЭ.

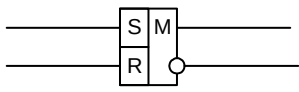
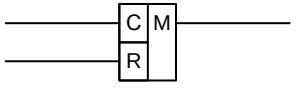
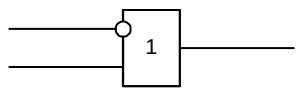
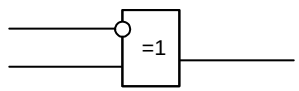
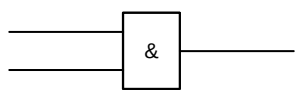
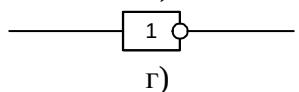
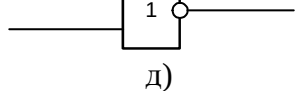
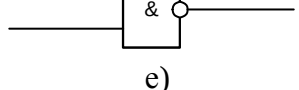
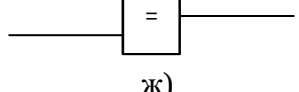
2.2.2 Монтаж, обслуживание и эксплуатацию устройства разрешается производить лицам, прошедшим специальную подготовку.

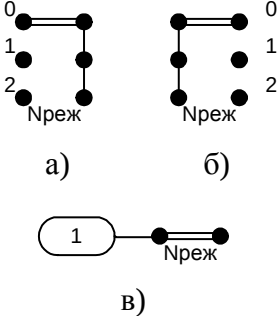
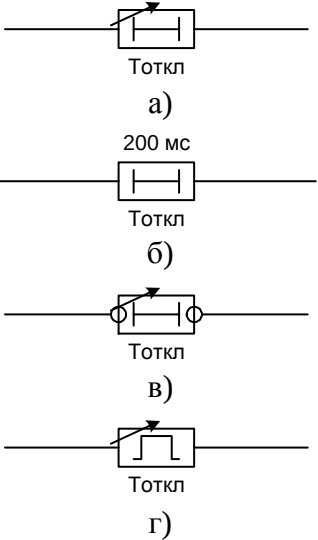
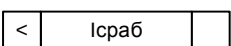
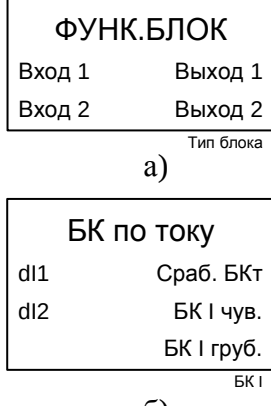
2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

2.2.4 Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм² наиболее коротким путем.

.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Элементы функциональных логических схем (обязательное)

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 запоминаем и двумя выходами
 а)	«Счетчик», в котором: С – счетный вход; R – вход сброса; M – запоминание в энергонезависимую память. Выходной логический сигнал устанавливается при достижении уставки счетчика. Пример: а) счетчик с запоминаем
 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.

 а) б) в)	Программная накладка выбора режима работы. Применяются три варианта условного графического изображения элемента: 1) на рисунках а) и б) положение наклейки определяет путь прохождения сигнала; 2) на рисунке в) значение наклейки логическая «1» определяет ввод сигнала. При выводе наклейки на схему подается логический ноль. Буквенное обозначение наклейки – N. Примечание – Обозначения положений накладок: 0 – вывод (нет), 1 – ввод (да).
 а) б) в) г)	«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 времени¹⁾ на срабатывание. Задержка Тоткл регулируется; б) элемент времени с фиксированной задержкой на срабатывание; в) элемент времени на возврат. Задержка Тоткл регулируется; г) элемент формирования импульса. Задержка 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 Исраб – наименование ИО
 а) б)	«Функциональный блок» используется для обозначения на схеме блоков (рисунок а), функциональность которых пояснена в сопроводительной эксплуатационной документации. Пример: на рисунке б) приведен функциональный блок БК по току.

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

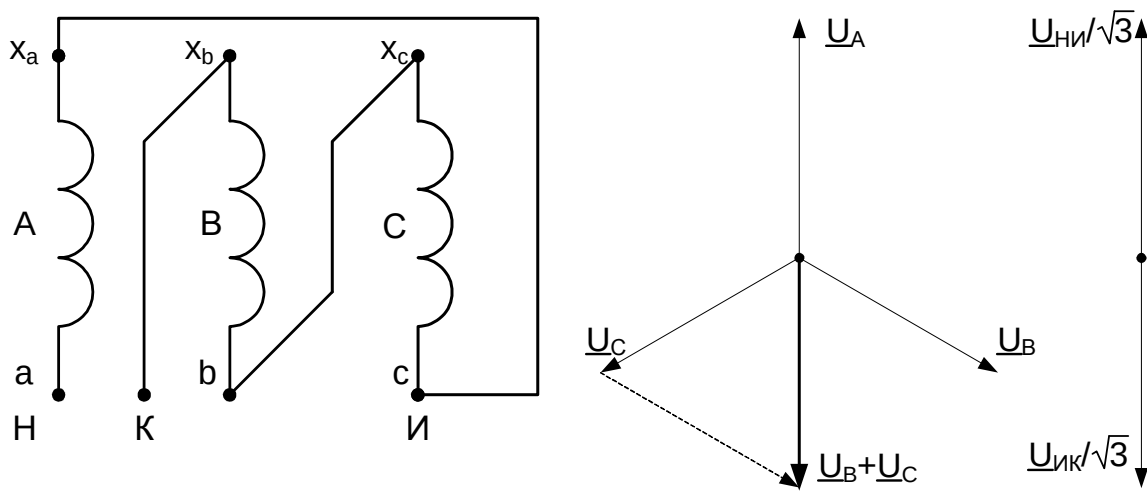


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

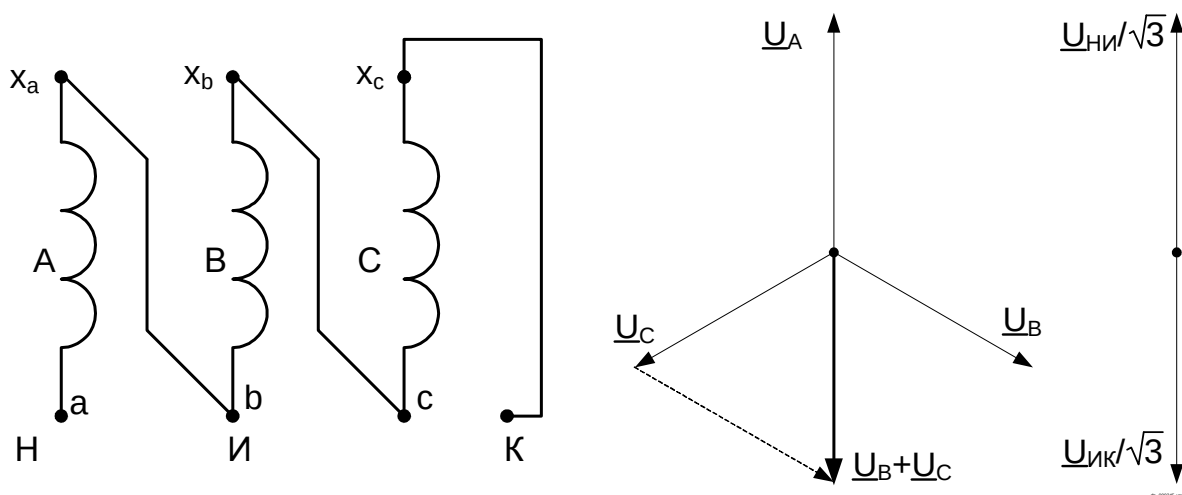


Рисунок Б.2 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

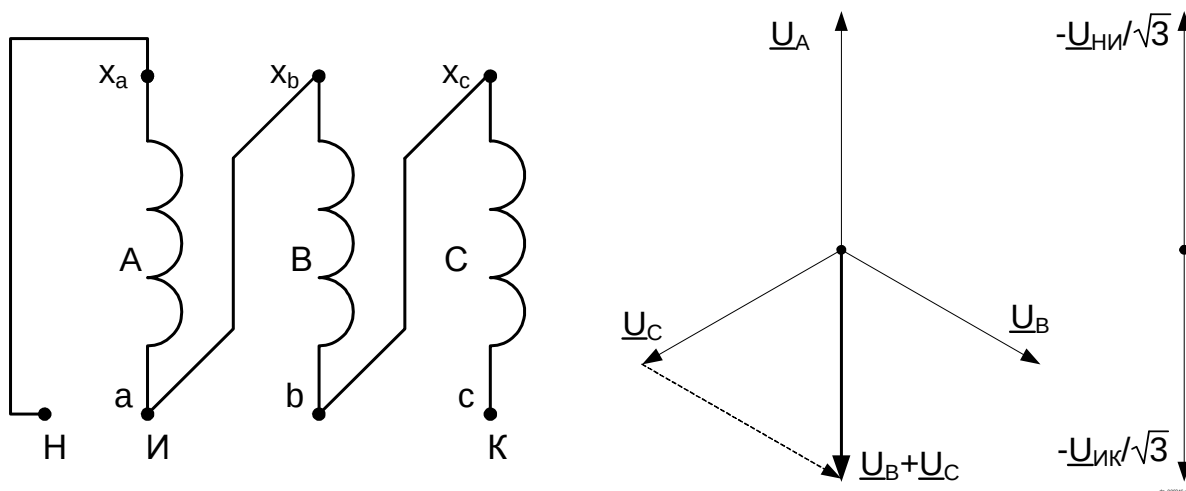


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

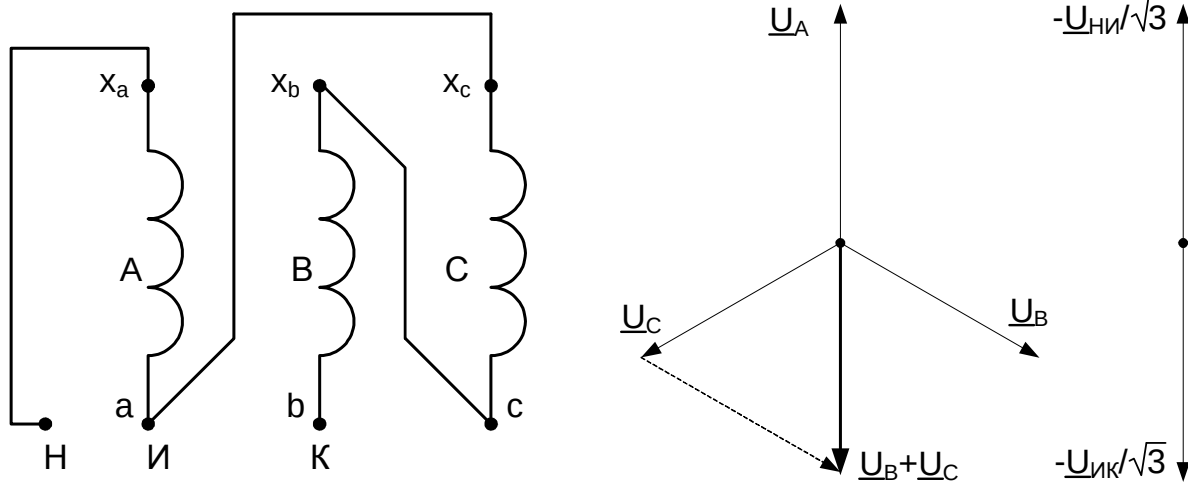


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

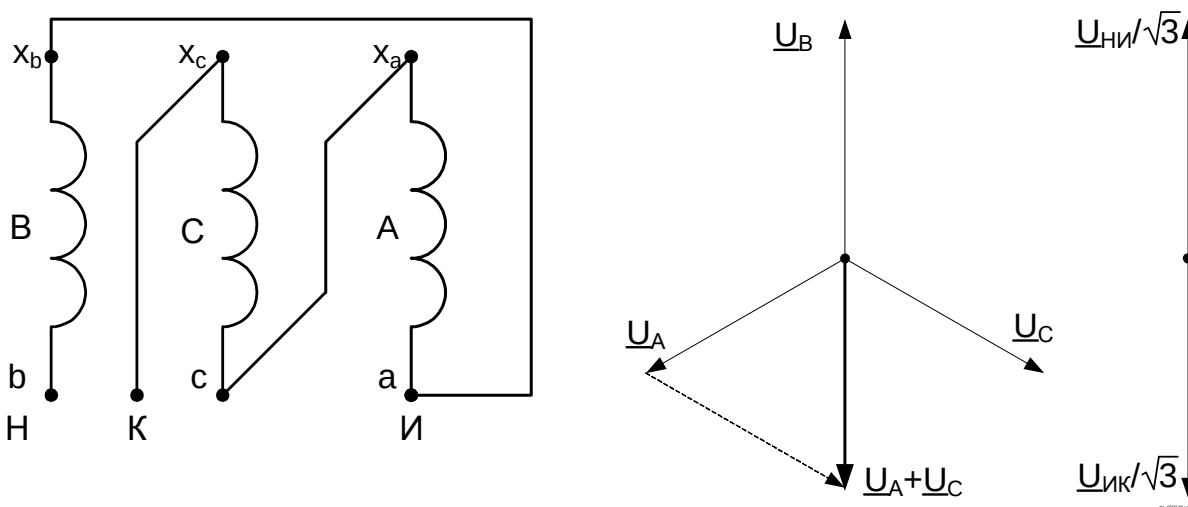


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

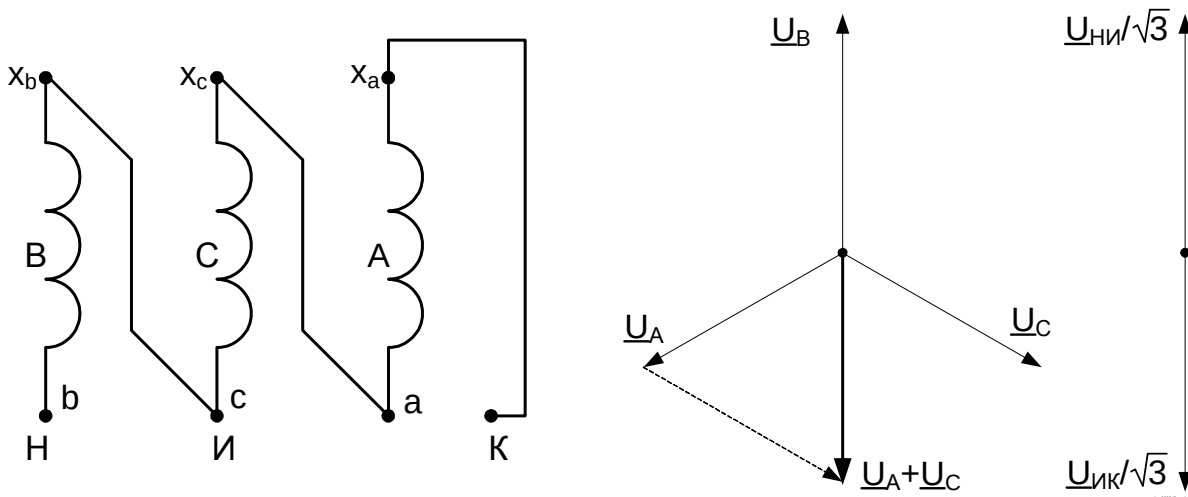


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

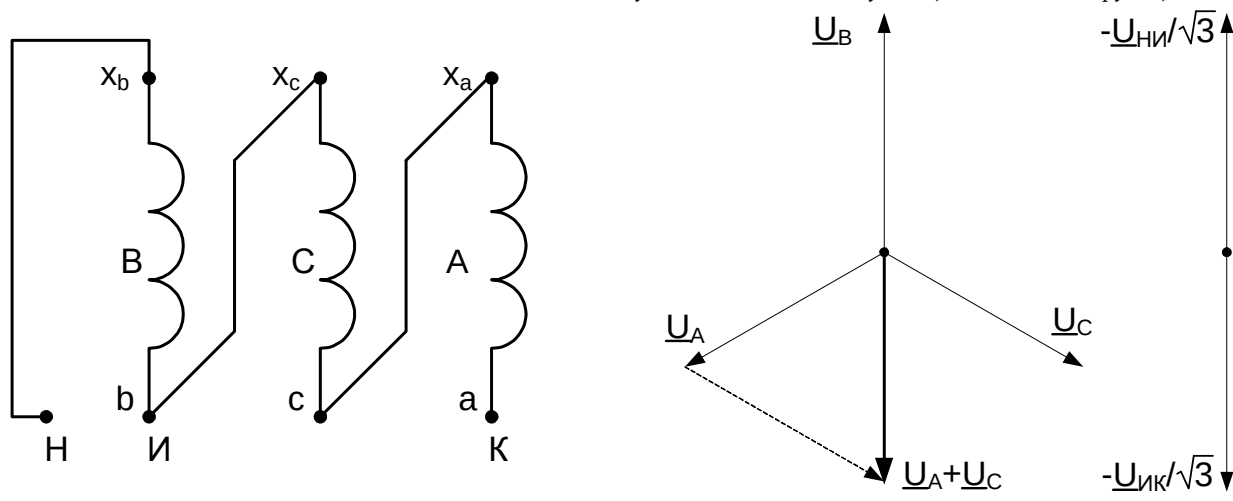


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

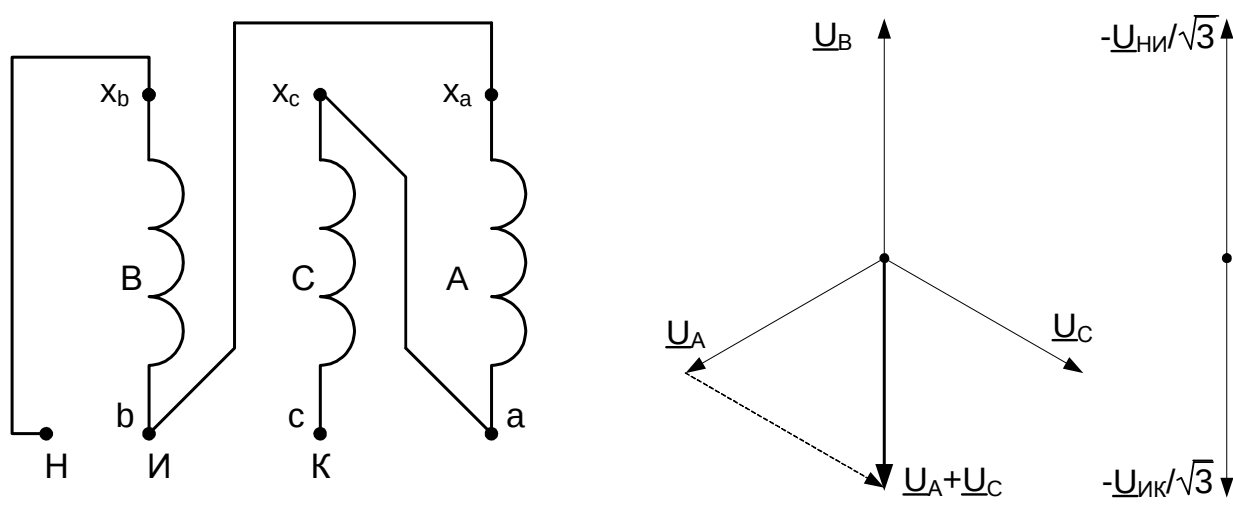


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

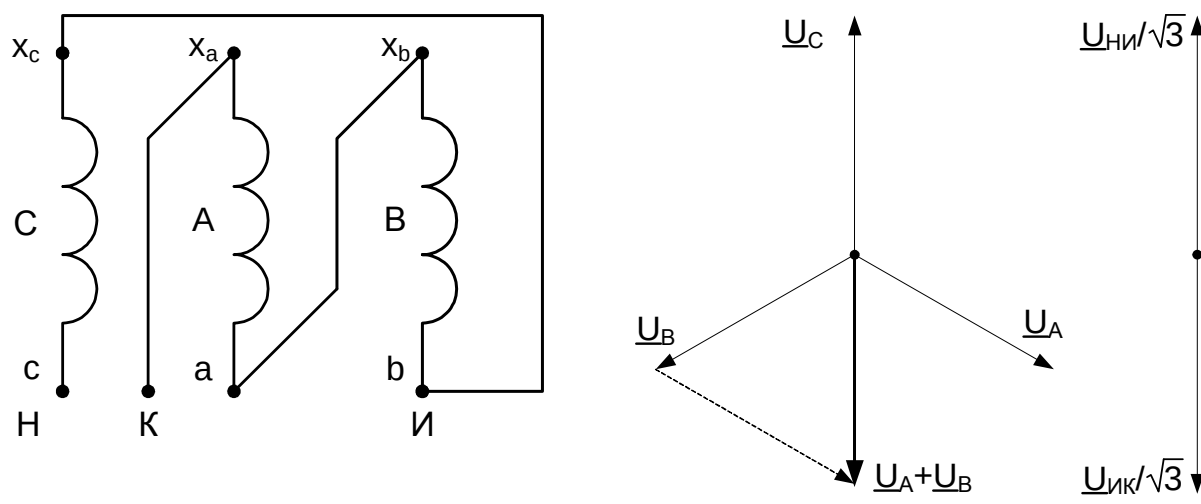


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

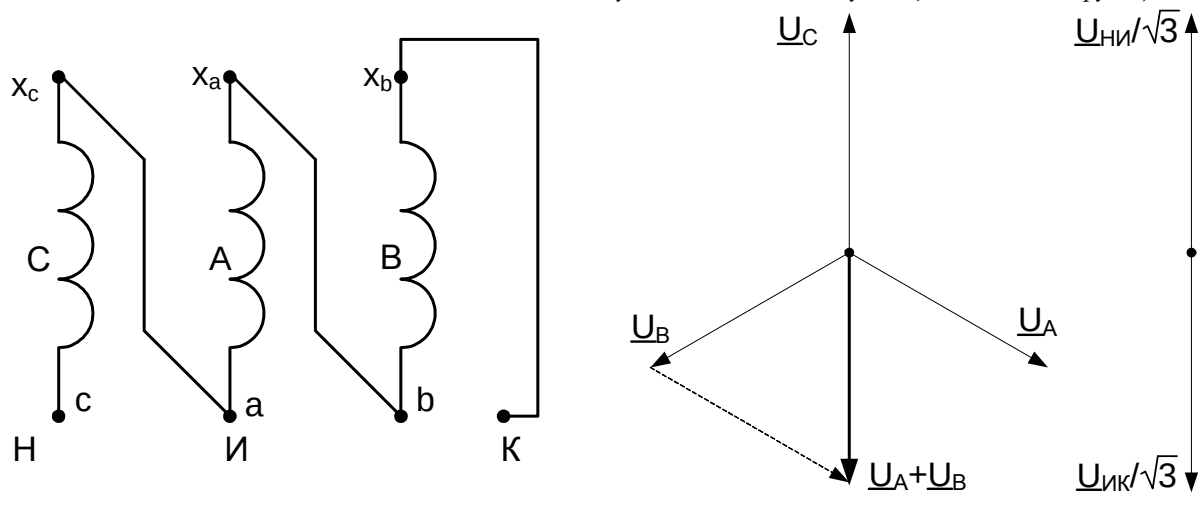


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника совпадают)

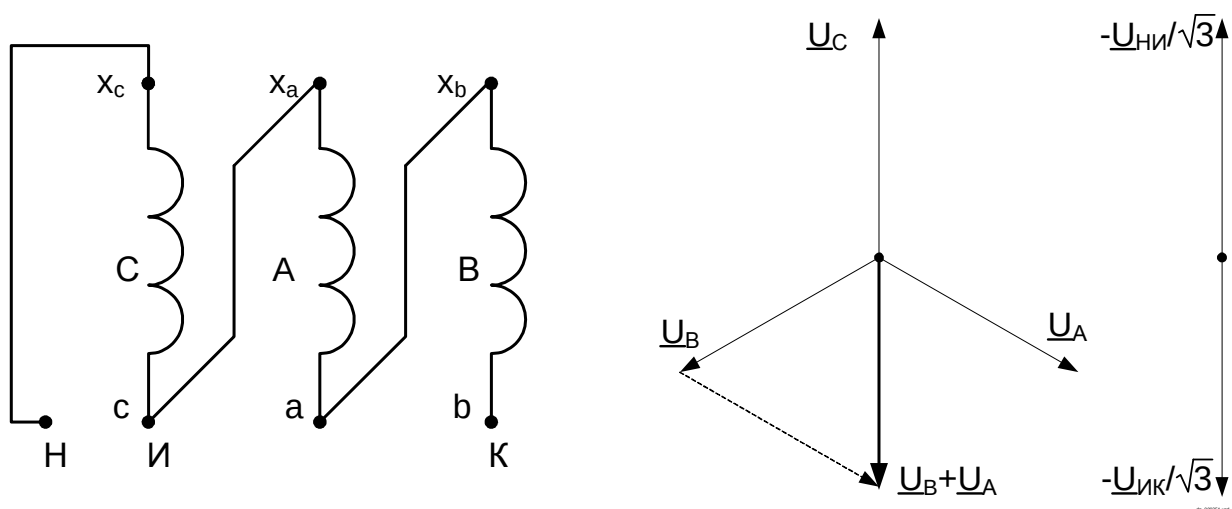


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

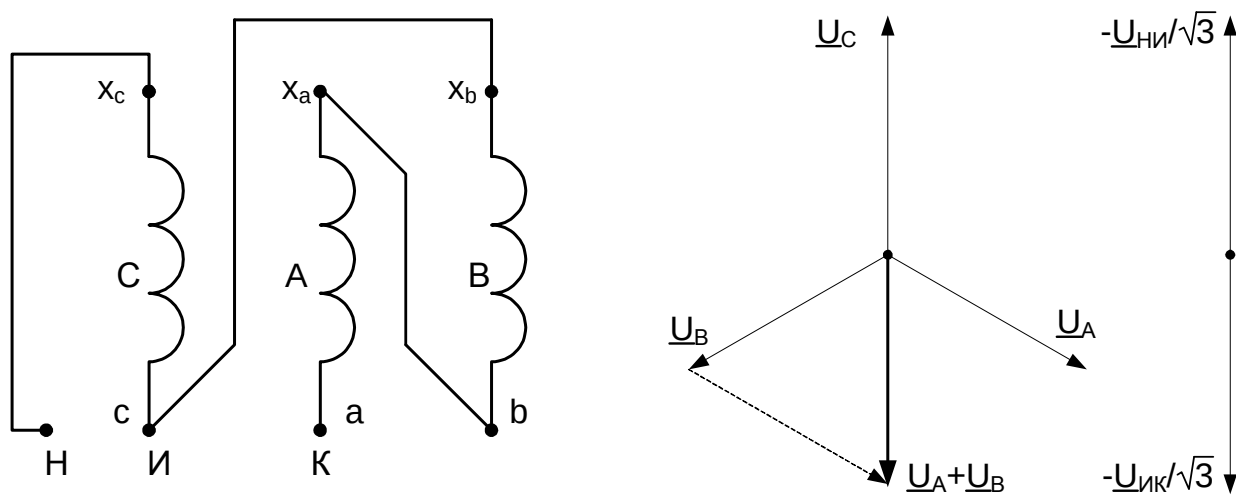


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов звезды и треугольника не совпадают)

[illegible]