Утвержден
АИПБ.656122.011-024 РЭ2-ЛУ

ТЕРМИНАЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ТИПА «ТОР 300 ЛОК 51Х»

Руководство по эксплуатации. Описание функций
АИПБ.656122.011-024 РЭ2 v21.1

Авторские права на данный документ принадлежат ООО «Релематика», 2014.
Данный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, скопирован, распространен без разрешения ООО «Релематика».

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

Содержание

1 Описание и работа 5
1.1 Назначение 5
1.2 Функции устройства 5
1.2.1 Выбор напряжения присоединения (Выбор U прис.) 5
1.2.2 Пусковые органы (ПО) 7
1.2.3 Модуль определения места повреждения (ОМП) по параметрам аварийного режима. 9
1.2.4 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН) 19
1.2.5 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН) 25
1.2.6 Защита от обрыва проводника (ЗОП) 26
1.2.7 Расчет аналоговых сигналов 28
2 Рекомендации по проверке 31
2.1 Общие указания 31
2.2 Меры по безопасности 31
2.3 Проверка функций терминала 31
Приложение А (обязательное) Элементы функциональных логических схем 32
Приложение Б (обязательное) Векторные диаграммы и схемы соединения обмоток «разомкнутого треугольника» 34
Список сокращений 38

Настоящее РЭ распространяется на терминал определения места повреждения воздушных (ВЛ) и кабельно-воздушных (КВЛ) линий электропередачи 6-750 кВ типа «ТОР 300 ЛОК 51Х» (далее – терминал или устройство) и содержит необходимые сведения по его эксплуатации и обслуживанию.

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

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

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

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

1 Описание и работа

1.1 Назначение

Терминал «ТОР 300 ЛОК 51Х» предназначен для обслуживания воздушных и кабельно-воздушных линий напряжением 6-750 кВ и определения места междуфазных и трехфазных КЗ на линиях напряжением 6-35 кВ в сетях с изолированной нейтралью и при всех видах КЗ на линиях напряжением 110-750 кВ протяженностью до 800 км в сетях с глухозаземленной нейтралью. Терминал «ТОР 300 ЛОК 51Х» может устанавливаться на линиях с ответвлениями, с односторонним или двухсторонним питанием.

Полнофункциональное устройство может содержать:

- пусковые органы (ПО);
- модуль определения места повреждения (ОМП) по параметрам аварийного режима;
- блокировку при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- блокировку при длительном отсутствии напряжения (БДОН);
- защиту от обрыва проводника (ЗОП).

Терминал также содержит функции осциллографирования и регистрации.

Описания функций осциллографирования и регистрации приведено в АИПБ.656122.011 РЭ1.

1.2 Функции устройства

1.2.1 Выбор напряжения присоединения (Выбор U прис.)

1.2.1.1 Принцип работы

Функциональный блок выбора напряжения присоединения приведен на рисунке 1.

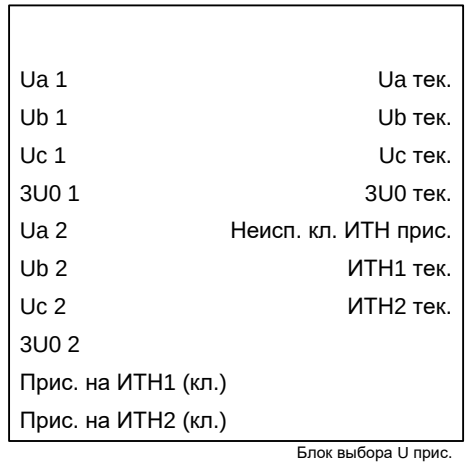


Рисунок 1 – Функциональный блок выбора напряжения присоединения

Таблица 1 – Входы и выходы функционального блока выбора напряжения присоединения

Аналоговые входы	
Ua 1, Ub 1, Uc 1	Напряжения фаз А, В, С ИТН1
3U0 1	Утроенное напряжение нулевой последовательности ИТН1
Ua 2, Ub 2, Uc 2	Напряжения фаз А, В, С ИТН2
3U0 2	Утроенное напряжение нулевой последовательности ИТН2
Аналоговые выходы	
Ua тек., Ub тек., Uc тек.	Напряжения фаз А, В, С текущего присоединения
3U0 тек.	Утроенное напряжение нулевой последовательности текущего присоединения
Логические входы	
Прис. на ИТН1 (кл.)	Подключение текущего присоединения на ИТН1
Прис. на ИТН2 (кл.)	Подключение текущего присоединения на ИТН2

Логические выходы	
Неисп. кл. ИТН прис.	Неисправность ключа выбора ИТН текущего присоединения
ИТН1 тек.	Текущее присоединение подключено на ИТН1
ИТН2 тек.	Текущее присоединение подключено на ИТН2

Функция выбора напряжения присоединения включает в себя логику выбора ИТН присоединения, приведенную на рисунке 2, и функциональный блок переключения напряжения присоединения, приведенный на рисунке 3.

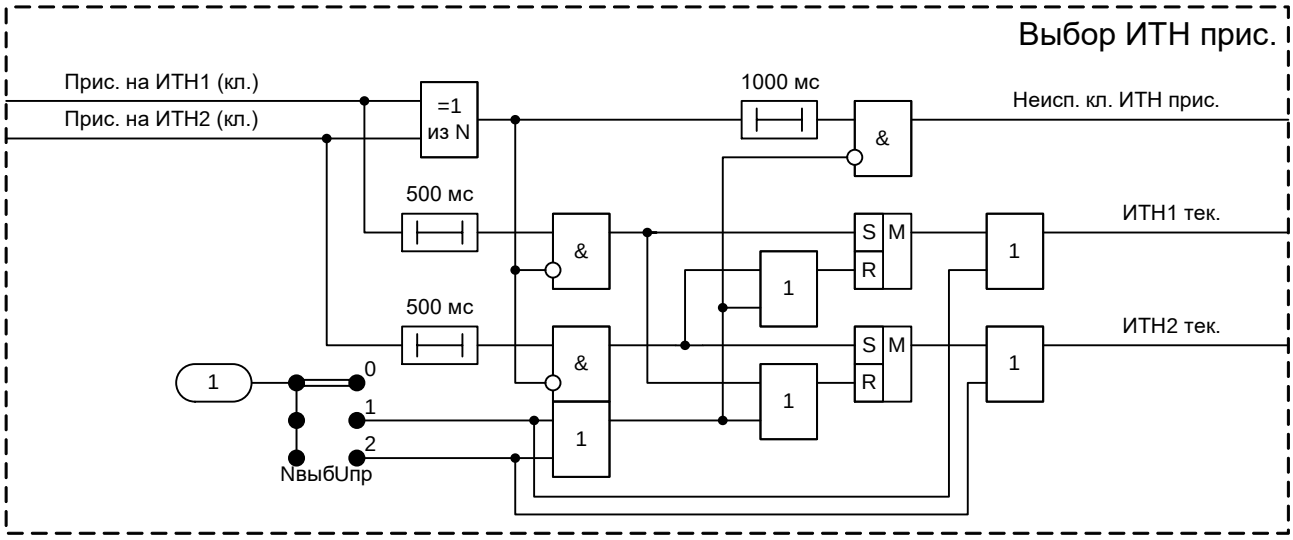


Рисунок 2 – Реализация логики выбора ИТН присоединения

Рисунок 3 – Функциональный блок переключения напряжения присоединения

Выбор подключенных цепей напряжения для каждого присоединения осуществляется одним из следующих способов:

- программной накладкой типа «**NвыбUпрY**»: «**NвыбUпрY**» = 1 – работа присоединения на напряжении ИТН1; «**NвыбUпрY**» = 2 – работа присоединения на напряжении ИТН2 (где **Y** – номер присоединения от 1 до 2);
- входными сигналами «Прис. на ИТН1 (кл.)», «Прис. на ИТН2 (кл.)». Задание рабочего напряжения входными сигналами возможно только при «**NвыбUпрY**» = 0.

При использовании оперативного ключа (при «**NвыбUпрY**» = 0) в работу автоматически вводится логика контроля исправности оперативного ключа (рисунок 2). Сигнал неисправности «Неисп. кл. ИТН прис.» формируется и действует в цепи сигнализации при наличии более одного сигнала одновременно, либо при отсутствии всех сигналов от соответствующего оперативного ключа. При этом в качестве рабочего напряжения остается напряжение, выбранное до возникновения неисправности.

Значения напряжений для каждого присоединения определяются согласно выбранным ИТН.

Для каждого присоединения уставкой типа «**UпервПрY**» (где **Y** – номер присоединения от 1 до 2) задается номинальное первичное напряжение, которое должно соответствовать номинальному первичному напряжению выбранного для присоединения ИТН (оперативно или программной накладкой «**NвыбUпрY**»).

Таблица 2 – Уставки модуля выбора напряжения присоединения

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Номинальное первичное напряжение присоединения **Y**, кВ	UпервПр**Y**	от 1 до 1150 (шаг 1)	110
Выбор напряжения присоединения **Y** (0 – опер. выбор, 1 – ИТН1, 2 – ИТН2)	NвыбUпр**Y**	–	0
Примечание – В таблице принято следующее обозначение: **Y** – номер присоединения от 1 до 2.			

1.2.2 Пусковые органы (ПО)

1.2.2.1 Принцип работы

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

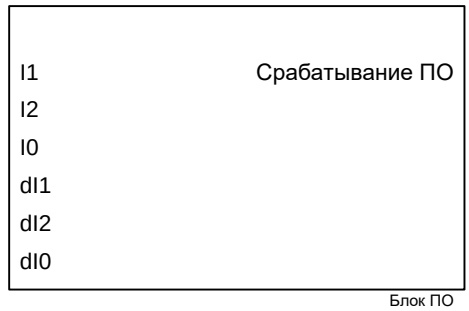


Рисунок 4 – Функциональный блок ПО

Таблица 3 – Входы и выходы функционального блока ПО

Аналоговые входы	
I1, I2, I0	Ток прямой, обратной и нулевой последовательностей
dI1, dI2, dI0	Приращение тока прямой, обратной и нулевой последовательностей
Аналоговые выходы	Отсутствуют
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	
Срабатывание ПО	Срабатывание пусковых органов

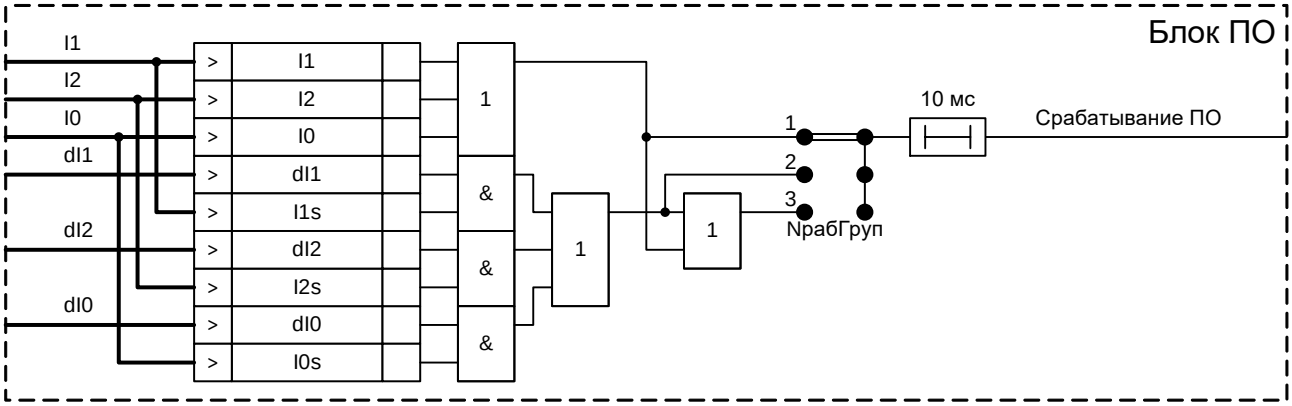


Рисунок 5 – Реализация программного модуля ПО

Блок ПО предназначен для формирования сигнала пуска при всех внутренних КЗ. Блок состоит из двух групп пусковых ИО: группа ИО симметричных составляющих токов и группа ИО их приращений. Первая группа включает три максимальных токовых ИО: прямой (уставка «**I1**»), обратной (уставка «**I2**») и нулевой (уставка «**I0**») последовательностей, которые действуют по схеме «ИЛИ». Вторая группа включает шесть максимальных ИО: приращений токов прямой (уставка «**dI1**»**)**, обратной (уставка «**dI2**») и нулевой (уставка «**dI0**») последовательностей с контролем по уровню (уставки «**I1s**», «**I2s**» и «**I0s**»).

На вход блока заводятся действующие значения симметричных составляющих токов наблюдаемой линии и их аварийные составляющие, полученные с использованием фильтра аварийных составляющих третьего порядка.

Логика формирования сигнала пуска выбирается при помощи программной накладки «**NрабГруп**». Предусмотрено три положения накладки, определяющих рабочую группу ИО:

- «**NрабГруп**» = 1 – контроль уровня токов, в работе находится только первая группа ИО («**I1**», «**I2**», «**I0**»);
- «**NрабГруп**» = 2 – контроль приращений токов, в работе находится только вторая группа ИО («**dI1**», «**dI2**», «**dI0**», «**I1s**», «**I2s**», «**I0s**»);
- «**NрабГруп**» = 3 – контроль уровня и приращений токов, обе группы ИО находятся в работе и действуют по схеме «ИЛИ».

Формирование сигнала блока ПО происходит с выдержкой времени 10 мс.

Таблица 4 – Уставки ПО

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Ток срабатывания ИО тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1	от 10 до 2000 (шаг 1)	20
Ток срабатывания ИО тока обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2	от 5 до 100 (шаг 1)	20
Ток срабатывания ИО тока нулевой последовательности, % от $I_{ном}$	I0	от 5 до 100 (шаг 1)	20
Уставка ИО приращения вектора тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	dI1	от 10 до 2000 (шаг 1)	20
Уставка ИО тока прямой последовательности, действующего совместно с dI1, % от $I_{ном}$	I1s	от 10 до 2000 (шаг 1)	20
Уставка ИО приращения вектора тока обратной последовательности, % от $I_{ном}$	dI2	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Уставка ИО тока обратной последовательности, действующего совместно с dI2, % от $I_{ном}$	I2s	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Уставка ИО приращения вектора тока нулевой последовательности, % от $I_{ном}$	dI0	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Уставка ИО тока нулевой последовательности, действующего совместно с dI0, % от $I_{ном}$	I0s	от 5 до 100 (шаг 1)	5
Рабочая группа ПО (1 – уст.знач, 2 – авар.сост., 3 – уст./авар.)	NрабГруп	–	1

1.2.2.2 Средняя основная погрешность по току срабатывания ИО тока не превышает ±5 % от уставки, а по приращению тока – ±10 % от уставки.

1.2.2.3 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при температуре (20±5) ºС, а по приращению тока – ±10 %.

1.2.2.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ИО тока при изменении частоты в пределах от 0,9 до 1,1 $f_{ном}$ не превышает ±5 % от среднего значения, определённого при номинальной частоте, а по приращению тока – ±10 %.

1.2.2.5 Коэффициент возврата ИО тока и ИО приращения тока составляет не менее 0,9.

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

1.2.2.7 Время срабатывания ИО приращения тока при подаче тока толчком от нуля до 3 $I_{сраб}$ составляет не более 25 мс.

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

1.2.3 Модуль определения места повреждения (ОМП) по параметрам аварийного режима

1.2.3.1 Принцип работы

Функциональный блок ОМП приведен на рисунке 6.

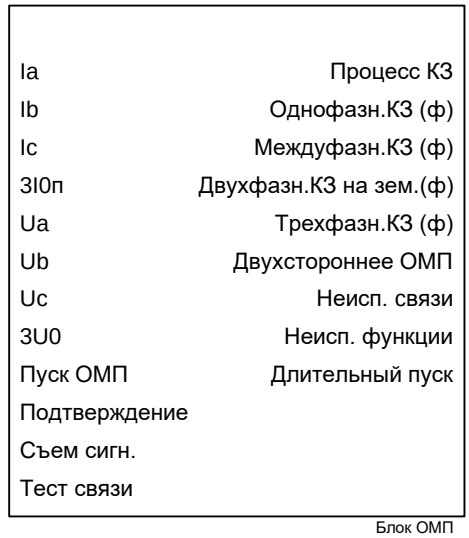


Рисунок 6 – Функциональный блок ОМП

Таблица 5 – Входы и выходы функционального блока ОМП

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

Двухстороннее ОМП	Готовность отчета двухстороннего ОМП
Неисп. связи	Неисправность канала связи с удаленным терминалом
Неисп. функции	Неисправность функции ОМП
Длительный пуск	Длительный пуск ОМП

Блок ОМП выполняет следующие функции:

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

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

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

Возможно несколько вариантов пуска блока ОМП:

- «**NалгПуска**» = 1 – блок ОМП пускается по сигналу «Пуск ОМП». Измерение параметров аварийного режима происходит через время «**Тавар**» относительно момента появления сигнала «Пуск ОМП». Измерение параметров предаварийного режима происходит за 40 мс до появления сигнала «Пуск ОМП», то есть в предшествующем режиме работы ЛЭП. На рисунке 7 приведена временная диаграмма пуска;

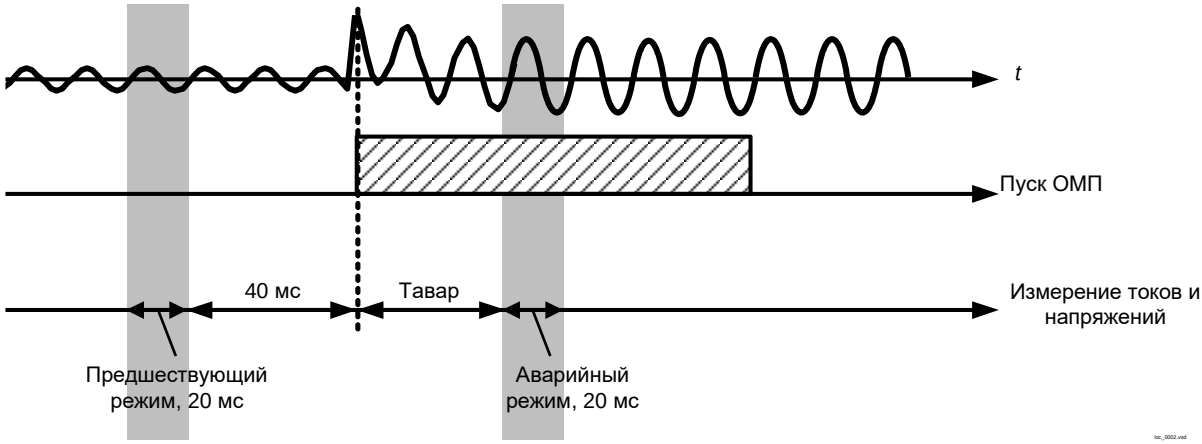


Рисунок 7 – Временная диаграмма пуска в режиме независимого пуска

- «**NалгПуска**» = 2 – блок ОМП пускается от внешнего сигнала. В качестве внешнего сигнала может быть подведен, например, пуск или срабатывание основных и резервных защит линии, сигнал отключения линии. Уставка «**ТформВнеш**» задает минимальное время формирования внешнего сигнала относительно начала аварийного процесса и совместно с уставкой «**Тавар**» определяет момент измерения аварийных токов и напряжений. Если используется сигнал пуска защит, то рекомендуется выставить «**ТформВнеш**» = 0. Сигнал внешнего пуска заводится на вход «Подтверждение». На рисунке 8 приведена временная диаграмма пуска;

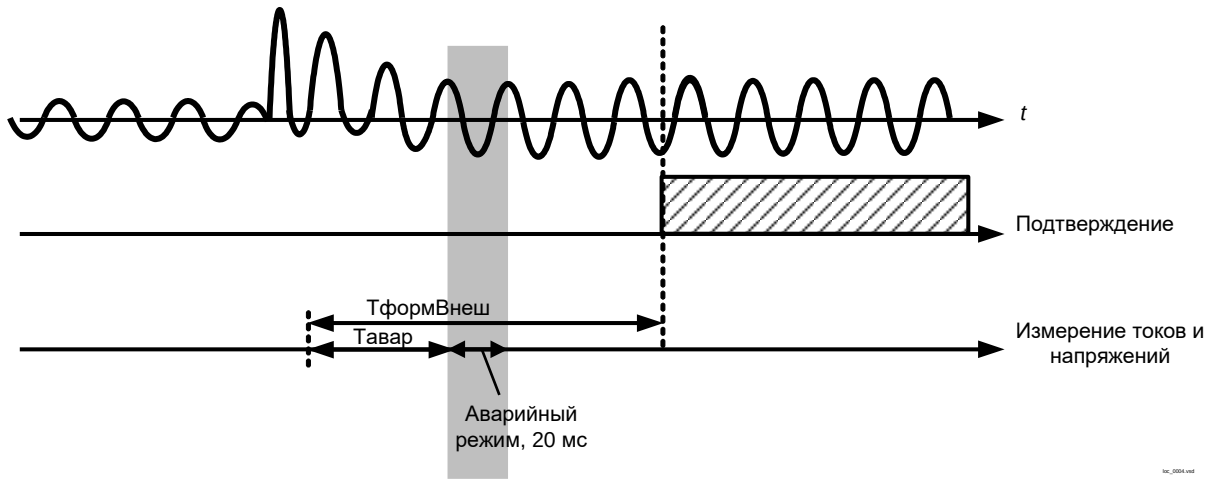


Рисунок 8 – Временная диаграмма пуска в режиме пуска от внешнего сигнала

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

- «**NалгПуска**» = 4 – задается селективный режим пуска, в котором измерение параметров режима происходит по алгоритму уставки «**NалгПуска**» = 1, но их дальнейшая обработка зависит от сигнала «Подтверждение». Если в течение времени «**Тподтв**» от момента появления сигнала «Пуск ОМП» получен сигнал «Подтверждение», то пуск считается подтвержденным, и формируется отчет ОМП. Если сигнал «Подтверждение» поступает после «**Тподтв**», или не поступает, тогда отчет ОМП не формируется. На рисунке 9 приведена временная диаграмма срабатывания, в которой подтверждающий сигнал поступил до истечения времени «**Тподтв**». В результате отчет ОМП был сформирован;

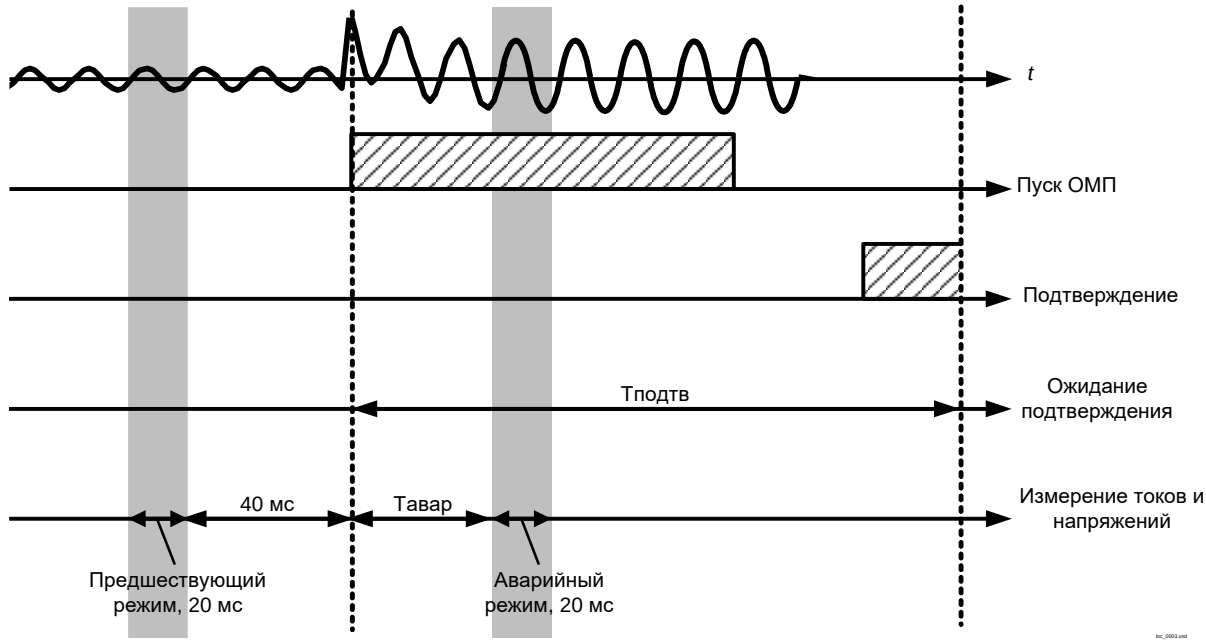


Рисунок 9 – Временная диаграмма пуска в режиме селективного пуска

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

В сложных аварийных процессах, например, при изменении вида повреждения и величины тока КЗ, момент измерения параметров аварийного режима может перемещаться в пределах интервала времени протекания тока КЗ. Приоритет отдается тому измерению, при котором обеспечивается наиболее уверенный результат ОМП, попадающий в пределы наблюдаемой зоны. Для примера на рисунке 10 приведен аварийный режим, состоящий из двух интервалов. На первом интервале в месте повреждения присутствует переходное сопротивление. На втором интервале переходное сопротивление «выгорает» и ток КЗ

увеличивается. Приоритет отдается второму интервалу, поскольку при металлическом КЗ обеспечивается более точный результат ОМП.

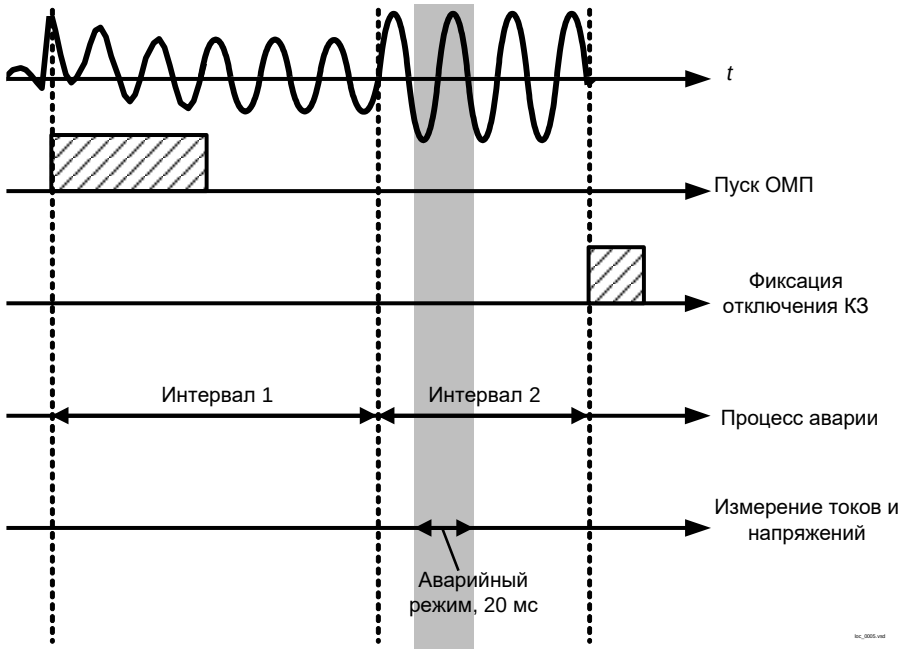


Рисунок 10 – Измерение аварийных величин в сложном аварийном процессе

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

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

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

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

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

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

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

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

Уставки блока ОМП состоят из трех наборов:

- конфигурация функции ОМП (таблица 6);
- параметры наблюдаемой линии (таблица 8);
- параметры связи с удаленным терминалом (таблица 11).

Таблица 6 – Уставки конфигурации функции ОМП

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

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

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

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

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

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

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

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

Различают участки четырех типов:

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 7 – Параметры участков линии

№ пара-метра	Тип 1 (простая линия)	Тип 2 (ответвление)	Тип 3 (нагрузка)	Тип 4 (индуктивная связь)
1	Длина участка «**Длина**»			
2	Удельное активное сопротивление ПП «**R10**»			
3	Удельное реактивное сопротивление ПП «**X10**»			
4	Удельное активное сопротивление НП «**R00**»			
5	Удельное реактивное сопротивление НП «**X00**»			
6	Удельная реактивная проводимость ПП «**B10**»			
7	Удельная реактивная проводимость НП «**B00**»			
8	Активное сопротивление ПП системы слева «**R1s**»	Активное сопротивление ПП ответвления «**R1отв**», Ом	Активное сопротивление ПП системы справа «**R1r**», Ом	Активное сопротивление НП параллельной линии «**R0п**», Ом
9	Реактивное сопротивление ПП системы слева «**X1s**», Ом	Реактивное сопротивление ПП ответвления «**X1отв**», Ом	Реактивное сопротивление ПП системы справа «**X1r**», Ом	Реактивное сопротивление НП параллельной линии «**X0п**», Ом
10	Активное сопротивление НП системы слева «**R0s**», Ом	Активное сопротивление НП ответвления «**R0отв**», Ом	Активное сопротивление НП системы справа «**R0r**», Ом	Удельное взаимное активное сопротивление НП «**R0вз**», Ом/км
11	Реактивное сопротивление НП системы слева «**X0s**», Ом	Реактивное сопротивление НП ответвления «**R0отв**», Ом	Реактивное сопротивление НП системы справа «**X0r**», Ом	Удельное взаимное реактивное сопротивление НП «**X0вз**», Ом/км
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: ПП – прямая последовательность, НП – нулевая последовательность.				

В таблице 8 приведены диапазоны и значения параметров линии по умолчанию.

Таблица 8 – Параметры линии блока ОМП

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Название линии	Название	не более 10 символов	Типовая
Параметры участка линии			
Название участка	Название	не более 10 символов	Участок 1
Тип участка (1 – линия, 2 – ответвл., 3 – нагрузка, 4 – инд.связь)	Тип участка	–	1
Длина участка, км	Длина	от 0,01 до 999 (шаг 0,01)	5
Удельное активное сопротивление ПП, Ом/км	R10	от 0 до 1 (шаг 0,001)	0,198
Удельное реактивное сопротивление ПП, Ом/км	X10	от 0,01 до 0,6 (шаг 0,001)	0,479
Удельное активное сопротивление НП, Ом/км	R00	от 0 до 2 (шаг 0,001)	0,346
Удельное реактивное сопротивление НП, Ом/км	X00	от 0,01 до 3 (шаг 0,001)	1,256
Удельная реактивная проводимость ПП, мкСм/км	B10	от 0 до 100 (шаг 0,001)	0
Удельная реактивная проводимость НП, мкСм/км	B00	от 0 до 100 (шаг 0,001)	0
Параметры системы за спиной (участок типа 1)			
Активное сопротивление ПП системы слева, Ом	R1s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление ПП системы слева (для первого участка линии), Ом	X1s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	6,05
Активное сопротивление НП системы слева (для первого участка линии), Ом	R0s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление НП системы слева (для первого участка линии), Ом	X0s	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	2,85
Параметры отпайки (участок типа 2)			
Активное сопротивление ПП ответвления (для каждого ответвления), Ом	R1отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Реактивное сопротивление ПП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X1отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Активное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	R0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Реактивное сопротивление НП ответвления (для каждого ответвления), Ом	X0отв	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	1000000
Параметры удаленной системы (участок типа 3)			
Активное сопротивление ПП системы справа, Ом	R1r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01
Реактивное сопротивление ПП системы справа, Ом	X1r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	33,2
Активное сопротивление НП системы справа, Ом	R0r	от 0,01 до 10^6 (шаг 0,001)	0,01

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

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

В таблице 9 приведен пример описания линии ПС1-ПС3, приведенной на рисунке 11, которую предлагается разбить на три участка: ПС1-ПС2 (тип 1), ПС2 (тип 2) и ПС2-ПС3 (тип 3). В данном примере нейтрали трансформаторов на тупиковых ПС2 и ПС3 изолированы.

Таблица 9 – Параметры участков линии с отпайкой

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

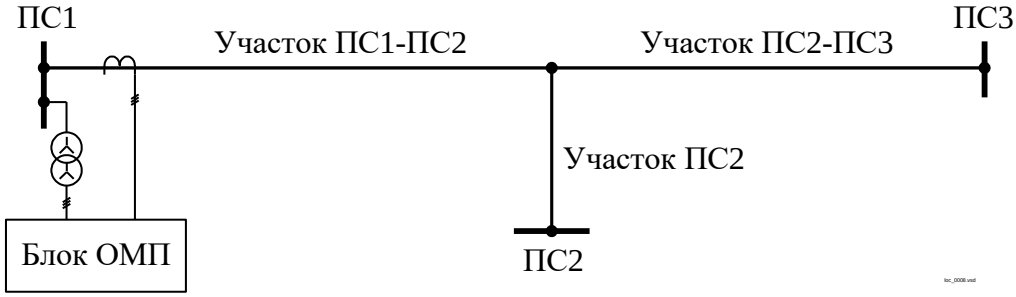


Рисунок 11 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой

На рисунке 12 приведен пример электропередачи с двумя индуктивно связанными линиями. Начальный участок линии должен предусматривать одновременное задание системы слева, что соответствует типу 1, и параллельной линии, что соответствует типу 4.

Чтобы выполнить это условие, начальный участок разбивают на два: первый имеет тип 1 и минимальную длину (0,01 км), а второй – тип 4 и учитывает всю длину начального участка. Описание основной линии приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Параметры участков линии с отпайкой и взаимоиндукцией

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

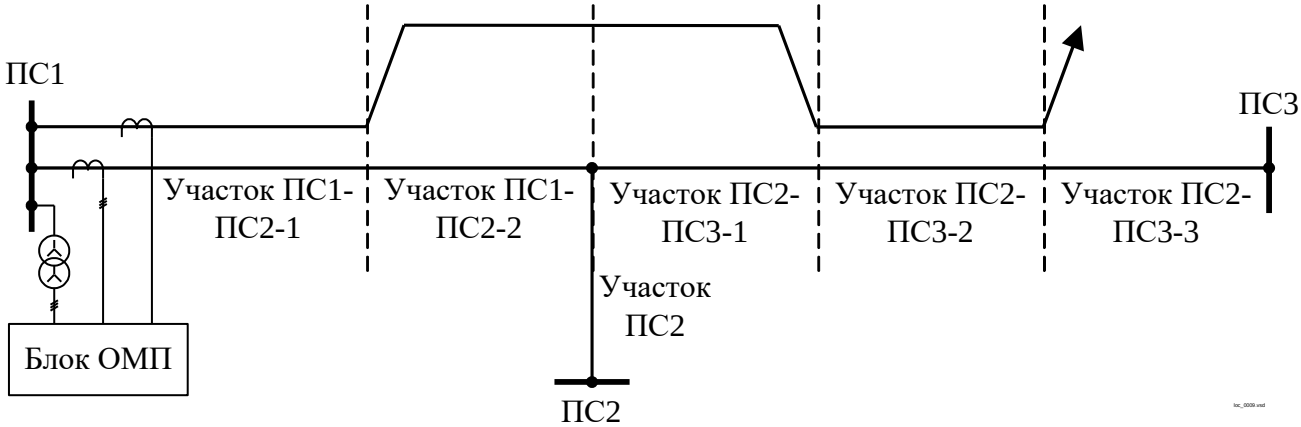


Рисунок 12 – Пример наблюдаемой линии с отпайкой и взаимоиндукцией

Блок ОМП рассчитывает и записывает в отчет ОМП следующие параметры:

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

Для пользователя доступна функция пересчета отчета ОМП с помощью ИЧМ терминала. Пересчет выполняется на основе активной в данный момент группы уставок. В

результате формируется новый отчет с пометкой «Расчет: ручной (группа уставок N)». Оригинальный отчет при этом не удаляется.

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

1.2.3.2 Настройка связи с удаленным терминалом

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

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

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

- «**IP-адрес 1**», «**IP-адрес 2**», «**IP-адрес 3**» и «**IP-адрес 4**» – IP-адрес терминала, установленного на противоположном конце ЛЭП. Например, адресу «192.168.0.7» соответствуют уставки: «**IP-адрес 1**» = 192, «**IP-адрес 2**» = 168, «**IP-адрес 3**» = 0, «**IP-адрес 4**» = 7. Двухсторонний расчет места повреждения выведен из работы, если все уставки адреса имеют нулевое значение. При этом сигнал «Неисп. связи» не формируется;
- «**NблокаУд**» – задает номер блока ОМП удаленного терминала, который подключен к данной ЛЭП на противоположном конце. Номер каждого блока ОМП указывается в меню ИЧМ (описание ИЧМ приведено в АИПБ.656122.011 РЭ1) и в АИПБ.656122.011-024.XX Э2;
- «**ТтестАвт**» – задает период автоматической проверки канала связи. Связь с удаленным терминалом проверяется автоматически и вручную по сигналу «Тест связи» или по команде ИЧМ терминала. Если последний сеанс связи прошел неуспешно, то формируется сигнал «Неисп. связи». Сигнал «Неисп. связи» будет сброшен при очередном успешном сеансе связи терминалов. Тест связи и дополнительная диагностическая информация в ИЧМ терминала описаны в АИПБ.656122.011 РЭ1. Рекомендованное значение уставки «**ТтестАвт**» составляет 3600 с.

На рисунке 13 приведен пример настройки связи между блоками ОМП двух терминалов. Блок ОМП 1 в терминале слева связан с блоком ОМП 2 в терминале справа – выставлены IP-адреса терминалов и номера выбранных блоков ОМП.

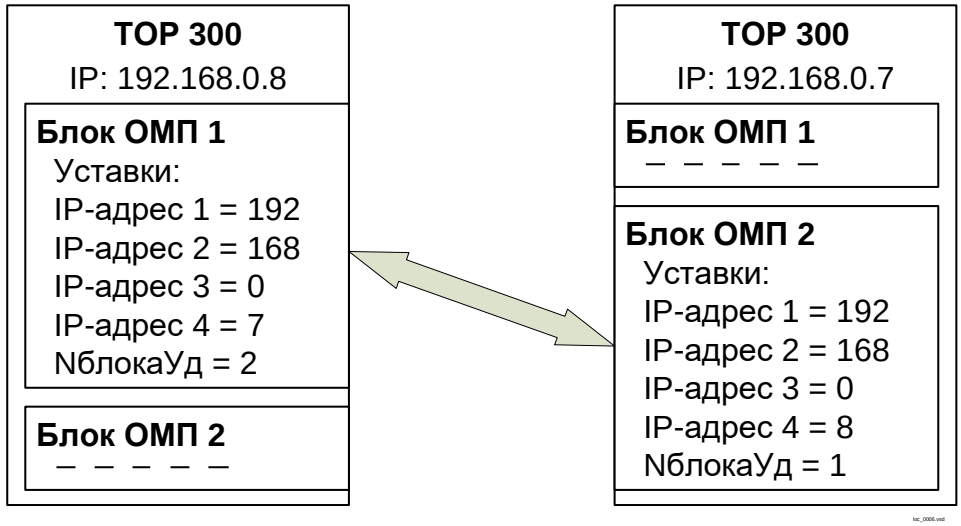


Рисунок 13 – Пример настройки связи между блоками ОМП

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

Таблица 11 – Настройки связи с удаленным терминалом ОМП

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

1.2.3.3 Погрешность определения расстояния до места повреждения

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

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

1.2.4 Блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН)

1.2.4.1 Принцип работы

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

Функциональный блок БНН приведен на рисунке 14.

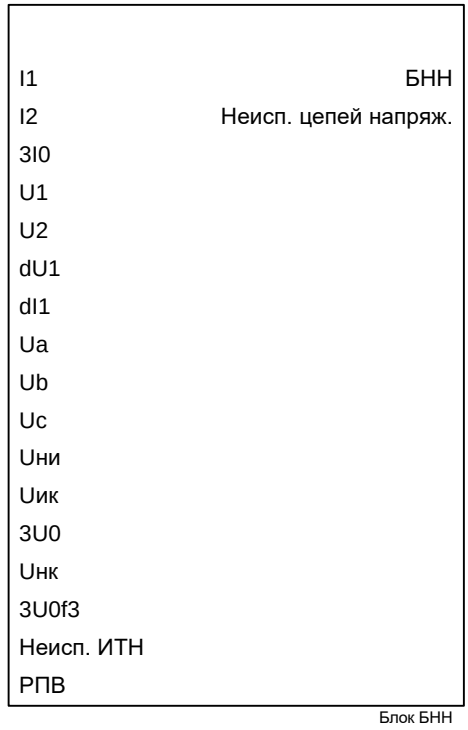


Рисунок 14 – Функциональный блок БНН

Таблица 12 – Входы и выходы функционального блока БНН

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

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

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

напряжения, основанный на сравнении соответствующих напряжений «звезды» и «разомкнутого треугольника». Сравнение производится по алгоритму, указанному в приложении Б. Уставкой «**NособФ**», значения которой приведены в таблице 13, определяется особая фаза в соответствии со схемой соединения цепей «разомкнутого треугольника». На рисунке 15 приведена логика работы для особой фазы А. Два ИО («**Uзв-Uни**» и «**Uзв-Uик**») работают с одной уставкой – «**3U0-Uнк**». Значение уставки «**NособФ**» = 0 означает вывод данной ветви алгоритма из работы.

Таблица 13 – Особая фаза для ИО БНН

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

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

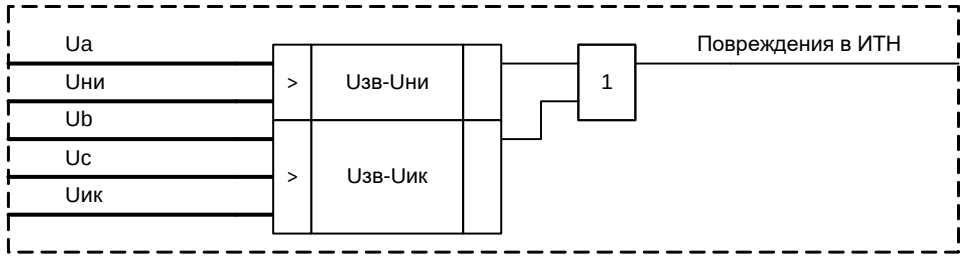


Рисунок 15 – Выявление повреждений в цепях напряжения для особой фазы А

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

1.2.4.3 Для выявления междуфазных замыканий в цепях «звезды» (рисунок 16) используются ИО тока «**I2**» и напряжения обратной последовательности «**U2**». При междуфазных замыканиях во вторичных цепях ИТН происходит повышение уровня напряжения обратной последовательности, тогда как ток обратной последовательности находится на низком (нормальном) уровне. Значения уставок ИО «**I2**» и «**U2**» фиксированы и составляют 12 % от $I_{ном}$ и 15 % от $U_{ном}$ соответственно.

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

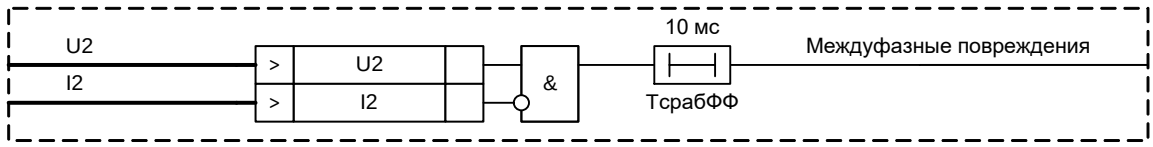


Рисунок 16 – Выявление междуфазных замыканий во вторичных цепях напряжения

1.2.4.4 Для выявления симметричных замыканий и симметричных обрывов в цепях «звезды» используется логическая схема, приведенная на рисунке 17 ИО «**U1**» показывает высокий уровень напряжения прямой последовательности, ИО «**dU1**» реагирует на приращение напряжения прямой последовательности, а ИО «**dI1**» – на приращение тока прямой последовательности. ИО «**I1мин**» осуществляет контроль протекания тока через

выключатель. Значения уставок ИО «**U1**», «**dU1**», «**dI1**» и «**I1мин**» фиксированы и приведены в таблице 14.

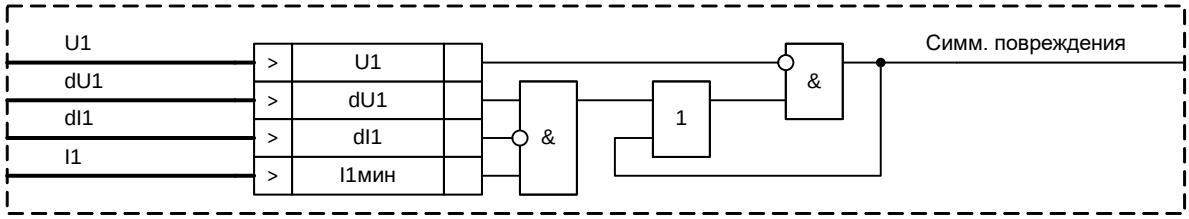


Рисунок 17 – Выявление симметричных повреждений

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

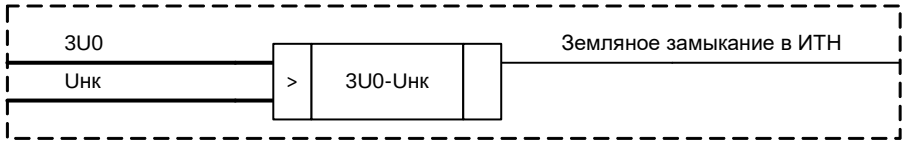


Рисунок 18 – Выявление несимметричных обрывов и земляных замыканий

1.2.4.6 На рисунке 19 приведена логическая схема для отслеживания обрывов в цепях «разомкнутого треугольника». Данная ветвь алгоритма необходима, когда на терминал с ИТН заводится только напряжение $U_{нк}$. Срабатывание определяется сигналом ИО «**3U0f3**», реагирующим на уровень напряжения третьей гармоники в цепях «разомкнутого треугольника». Здесь используется тот факт, что даже в нормальном режиме из-за нелинейности ИТН в цепях «разомкнутого треугольника» наблюдается значительный уровень третьей гармоники – около 0,5 В. При обрыве уровень третьей гармоники значительно снижается (теоретически до нуля). Для исключения ложного срабатывания при близком трехфазном замыкании и понижении напряжения фаз выполнен контроль уровня напряжения прямой последовательности (ИО «**U1**»).

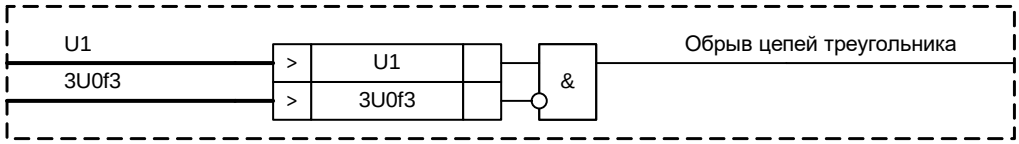


Рисунок 19 – Выявление обрывов в «разомкнутом треугольнике»

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

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

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.

1.2.4.7 Для исключения ложной работы защиты при включении терминала без цепей напряжения предусмотрена схема, приведенная на рисунке 20.

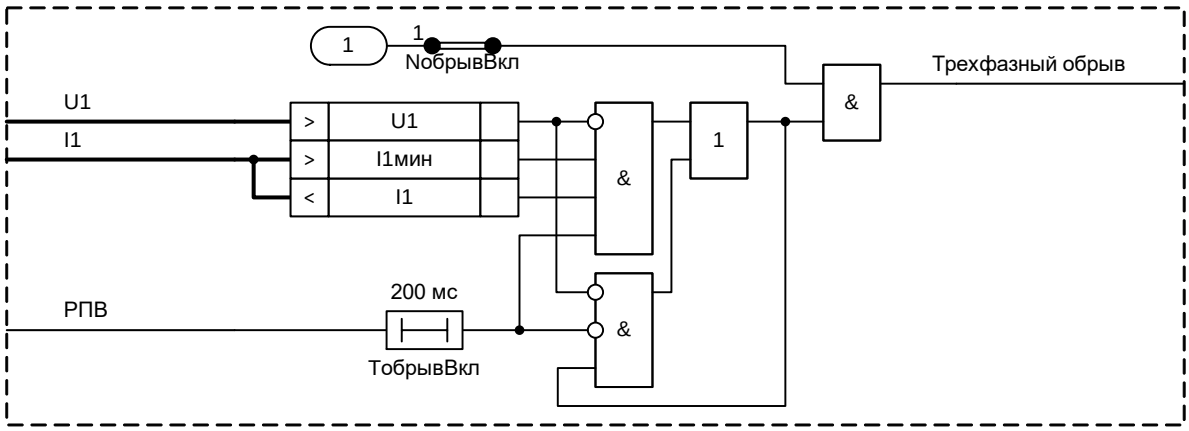


Рисунок 20 – Определение обрыва цепей напряжения при включении

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

1.2.4.8 Для предотвращения ложной работы БНН при близких замыканиях, когда вследствие электромагнитных наводок появляется значительная разница между расчетным напряжением нулевой последовательности и напряжением «разомкнутого треугольника», вводится ИО тока нулевой последовательности «**3I0**», который блокирует срабатывание БНН. Значение уставки ИО «**3I0**» фиксировано и составляет 400 % от $I_{ном}$.

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

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

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

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

Таблица 14 – Уставки БНН

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

Наименование уставки	Обозначение	Диапазон регулирования	Значение по умолчанию
Напряжение обратной последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U2	–	15
Ток обратной последовательности, % от $I_{ном}$	I2	–	12
Напряжение прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	U1	–	70
Приращение напряжения прямой последовательности, % от $U_{ф.ном}$	dU1	–	15
Приращение тока прямой последовательности, % от $I_{ном}$	dI1	–	10
Минимальный ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1мин	–	2
Ток прямой последовательности, % от $I_{ном}$	I1	от 60 до 120 (шаг 1)	60
Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники, % от $3U0_{ном}$	3U0f3	от 0 до 3 (шаг 0,1)	0
Особая фаза цепей напряжения (0 – вывод функции сравнения, 1 – фаза А, 2 – фаза В, 3 – фаза С)	NособФ	–	0
Работа БНН (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NвводБНН	–	2
Обнаружение обрывов при включении (0 – нет, 1 – да)	NобрывВкл	–	1
Обнаружение обрывов в цепях «разомкнутого треугольника» (0 – нет, 1 – да, 2 – на сигнал)	NобрывUнк	–	2
Продление внешнего сигнала о неисправности ИТН, мс	ТвнешНеисп	–	200
ВВС БНН в цепи внешней сигнализации, мс	ТсрабСигн	от 1000 до 10000 (шаг 1)	5000
ВВС при обнаружении междуфазных замыканий во вторичных цепях, мс	ТсрабФФ	–	10
Время ввода логики фиксации обрывов при включении, мс	ТобрывВкл	–	200

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

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

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

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

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

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

1.2.4.16 Время срабатывания (возврата) максимальных (минимальных) ИО напряжения не превышает 15 мс при подаче соответствующего трехкратного напряжения срабатывания 3 Uсраб.

1.2.4.17 Время возврата (срабатывания) максимальных (минимальных) ИО тока (напряжения) не превышает 30 мс при сбросе тока от 10 Iсраб до нуля (напряжения от 3 Uсраб до нуля).

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

1.2.5 Блокировка при длительном отсутствии напряжения (БДОН)

1.2.5.1 Принцип работы

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

Функциональный блок БДОН приведен на рисунке 21, его реализация приведена на рисунке 22.

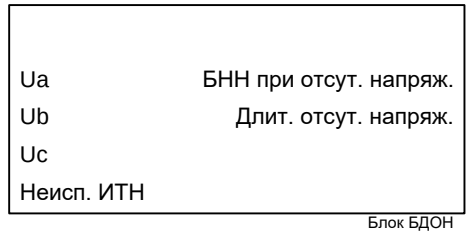


Рисунок 21 – Функциональный блок БДОН

Таблица 15 – Входы и выходы функционального блока БДОН

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

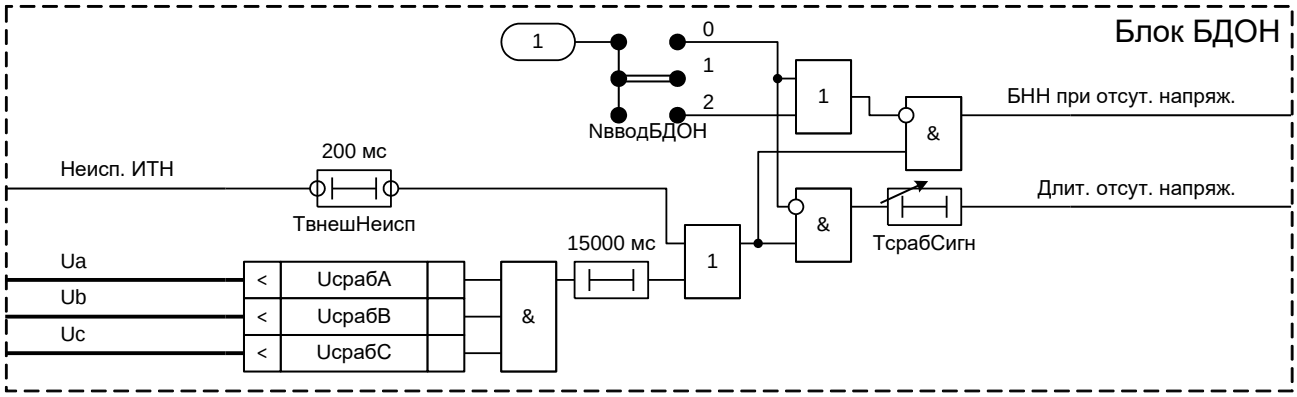


Рисунок 22 – Реализация программного модуля БДОН

Принцип работы БДОН основан на контроле величин фазных напряжений. При длительном (более 15 с) отсутствии фазных напряжений на входе устройства выдается блокирующий сигнал на модули, использующие цепи напряжения.

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

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

БДОН срабатывает при получении внешнего сигнала о неисправности ИТН от блок-контакта автомата ИТН, от защиты ИТН или иного быстродействующего устройства. Продление сигнала блокировки определяется фиксированной уставкой «**ТвнешНеисп**», равной 200 мс.

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

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

Таблица 16 – Уставки БДОН

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

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

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

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

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

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

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

1.2.6 Защита от обрыва проводника (ЗОП)

1.2.6.1 Принцип работы

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

Функциональный блок ЗОП приведен на рисунке 23, его реализация приведена на рисунке 24

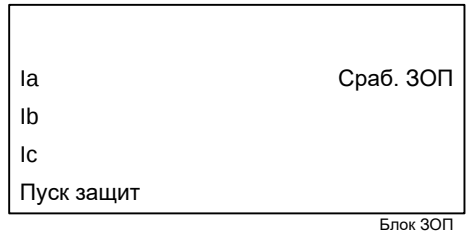


Рисунок 23 – Функциональный блок ЗОП

Таблица 17 – Входы и выходы функционального блока ЗОП

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

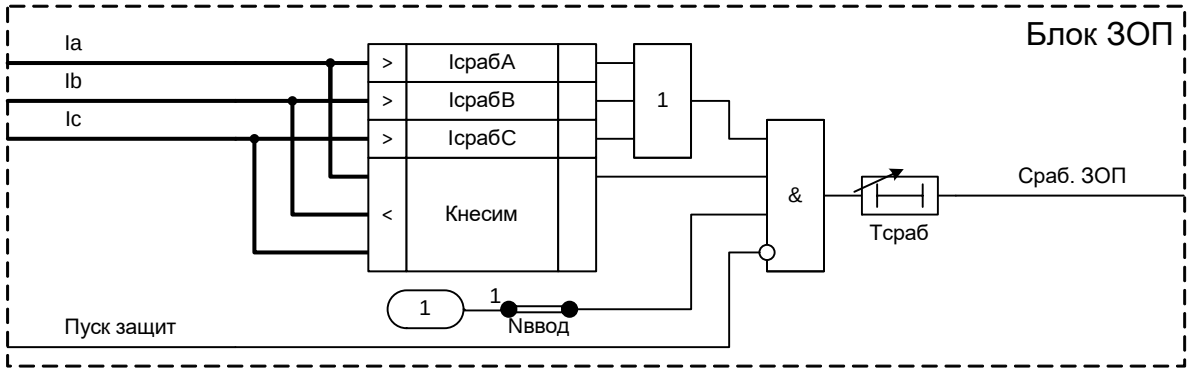


Рисунок 24 – Реализация программного модуля ЗОП

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

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

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

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

Таблица 18 – Уставки ЗОП

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

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

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

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

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

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

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

1.2.7 Расчет аналоговых сигналов

1.2.7.1 Фильтр симметричных составляющих (ФСС)

Функциональный блок ФСС приведен на рисунке 25.

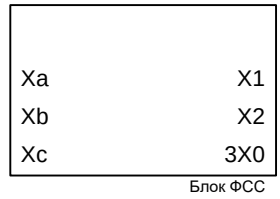


Рисунок 25 – Функциональный блок ФСС

Таблица 19– Входы и выходы функционального блока ФСС

Аналоговые входы	
Xa, Xb, Xc	Величины фаз А, В, С
Аналоговые выходы	
X1	Величина прямой последовательности
X2	Величина обратной последовательности
3X0	Утроенное значение величины нулевой последовательности
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Блок предназначен для расчета симметричных составляющих фазных величин по формулам

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

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

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

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

Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН приведен на рисунке 26.

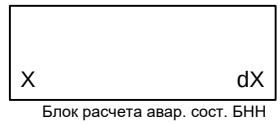


Рисунок 26 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих для БНН

Таблица 20 – Входы и выходы функционального блока расчета аварийных составляющих для БНН

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

Блок осуществляет расчет аварийных составляющих для БНН по формуле

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

где t – текущее время;
T – период промышленной частоты, равный 20 мс.

1.2.7.3 Расчет аварийных составляющих токов (Расчет dI)

Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов приведен на рисунке 27.

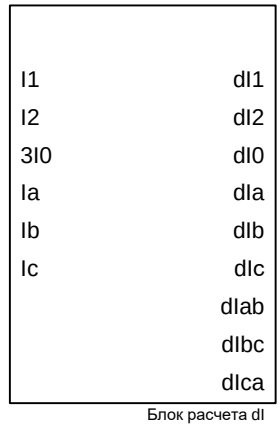


Рисунок 27 – Функциональный блок расчета аварийных составляющих токов

Таблица 21 – Входы и выходы функционального блока расчета аварийных составляющих токов

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

Блок осуществляет расчет аварийных составляющих токов по формуле

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

где t – текущее время;

T – период промышленной частоты, равный 20 мс;

ν – индекс выходного тока (1, 2, 0, A, B, C, AB, BC, CA);

dI_{ν} – аварийная составляющая тока ν;

dI_{ν} –ток ν.

Симметричные составляющие токов для расчета их аварийных составляющих, рассчитываются по формулам, приведенным в 1.2.7.1. Междуфазные токи рассчитываются как разность фазных токов.

1.2.7.4 Расчет напряжений «разомкнутого треугольника» (Расчет Uнк)

Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника» приведен на рисунке 28.

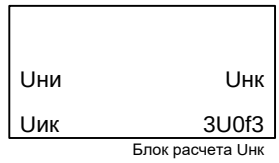


Рисунок 28 – Функциональный блок расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Таблица 22 – Входы и выходы функционального блока расчета напряжений «разомкнутого треугольника»

Аналоговые входы	
Uни	Напряжение Uни «разомкнутого треугольника»
Uик	Напряжение Uик «разомкнутого треугольника»
Аналоговые выходы	
Uнк	Напряжение Uнк «разомкнутого треугольника»
3U0f3	Утроенное напряжение нулевой последовательности третьей гармоники
Логические входы	Отсутствуют
Логические выходы	Отсутствуют

Напряжение $U_{нк}$ «разомкнутого треугольника» рассчитывается по формуле

$$\underline{U}_{нк} = \underline{U}_{ни} + \underline{U}_{ик}.$$

Утроенное напряжение третьей гармоники выделяется из напряжения $U_{нк}$ «разомкнутого треугольника» с помощью фильтра Фурье, настроенного на частоту 150 Гц.

2 Рекомендации по проверке

2.1 Общие указания

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

2.2 Меры по безопасности

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

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

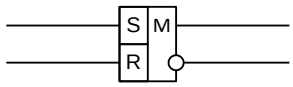
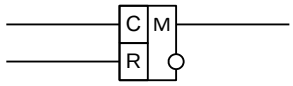
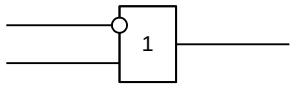
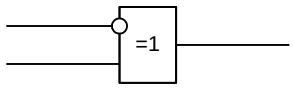
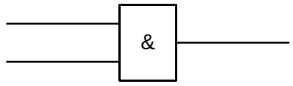
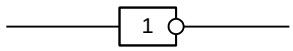
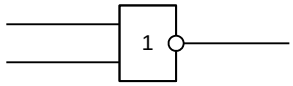
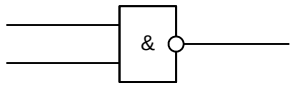
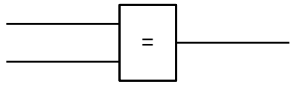
2.2.3 Выемку блоков из терминала и их установку, а также работы на разъемах терминала следует производить при обесточенном состоянии.

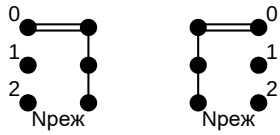
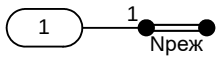
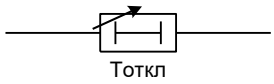
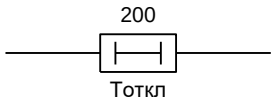
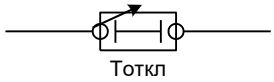
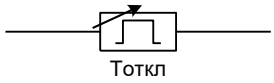
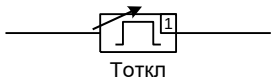
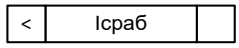
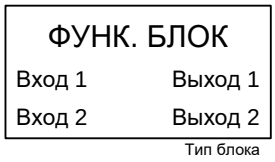
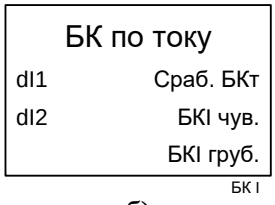
2.2.4 Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено через заземляющий винт, расположенный на задней панели с контуром заземления (корпусом ячейки, шкафа) медным проводником сечением не менее 4 мм^2 наиболее коротким путем.

2.3 Проверка функций терминала

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

Приложение А
(обязательное)
Элементы функциональных логических схем

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

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

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

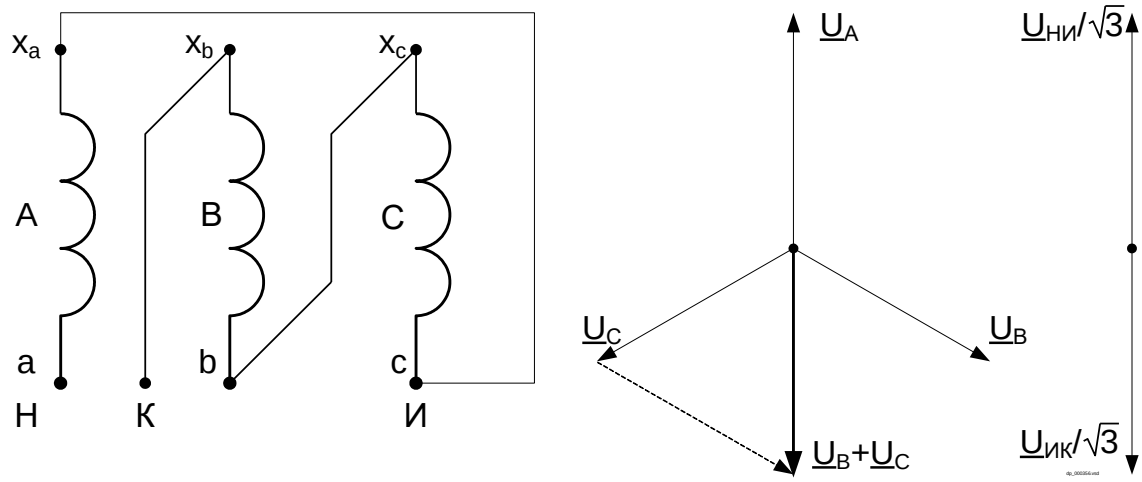
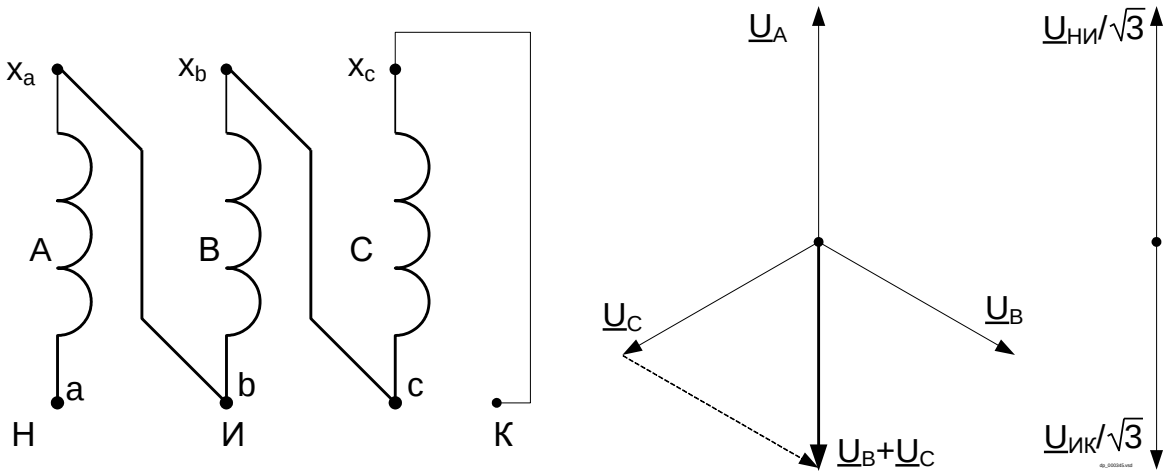


Рисунок Б.1 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)



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

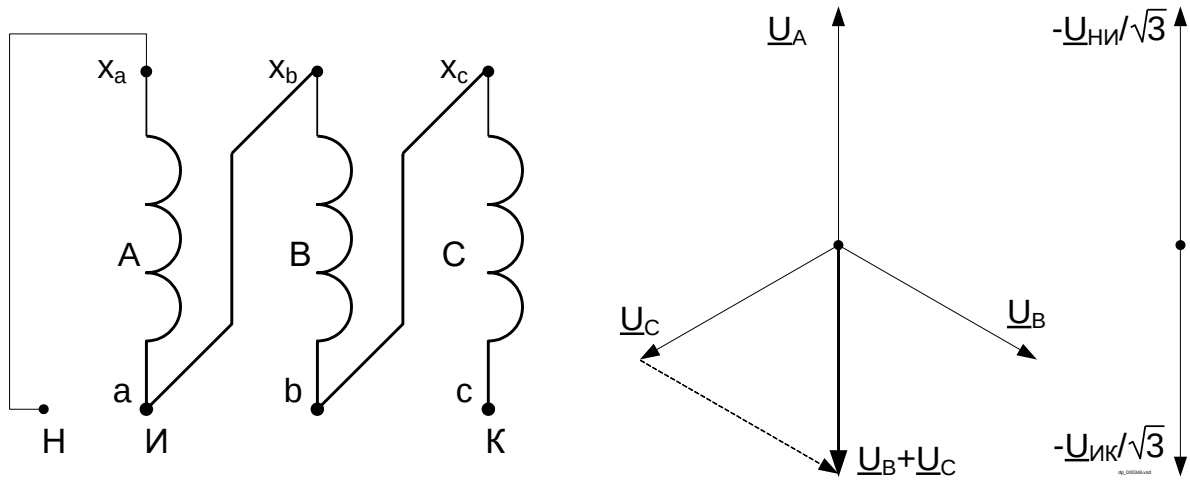


Рисунок Б.3 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

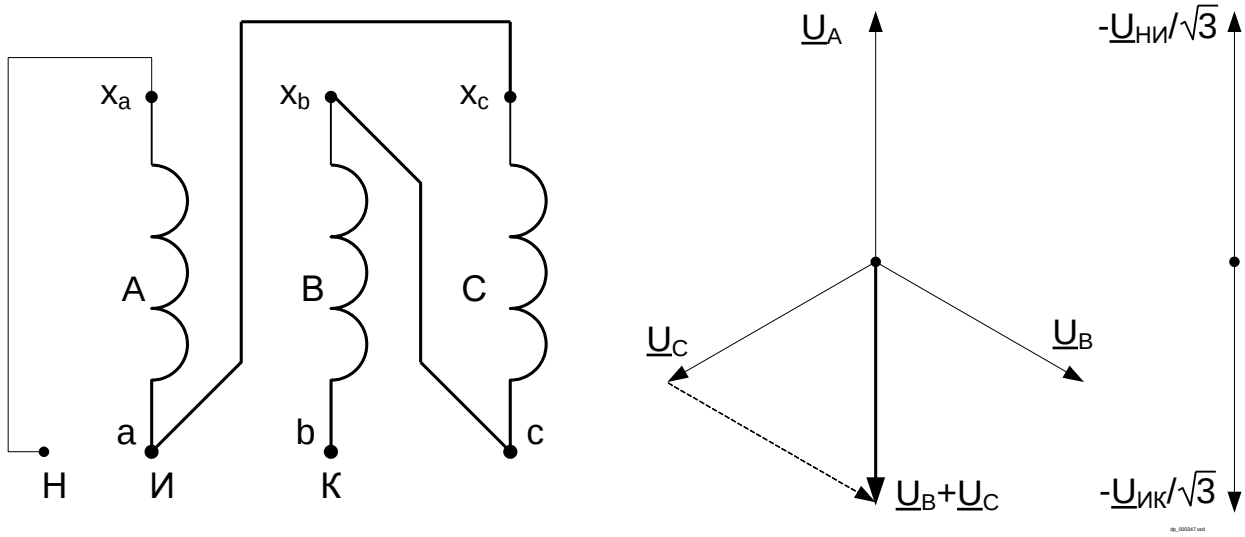


Рисунок Б.4 – Схема соединения с особой фазой А (типовая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

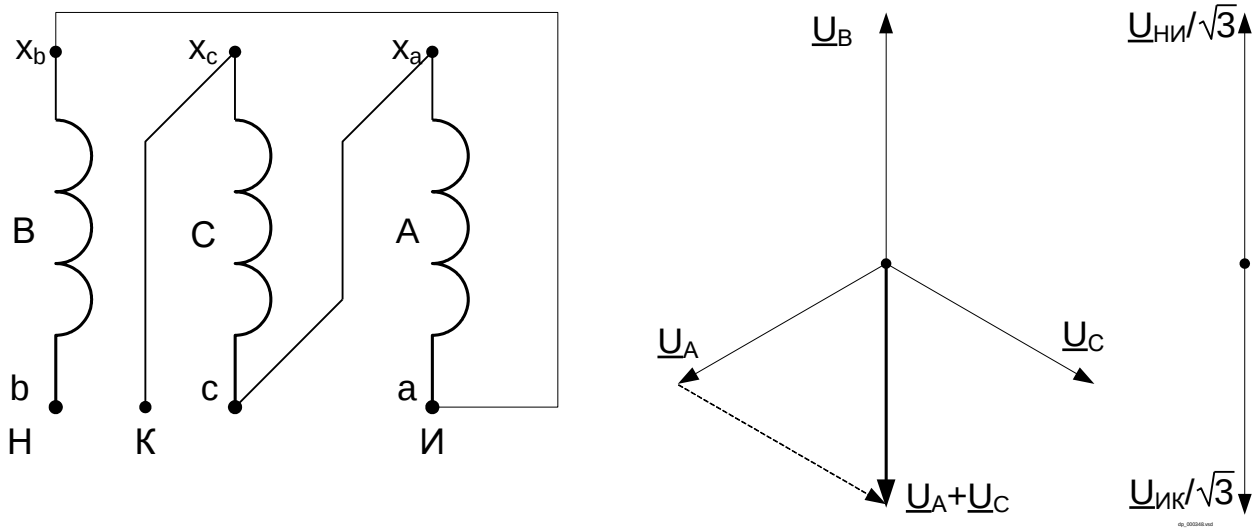


Рисунок Б.5 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

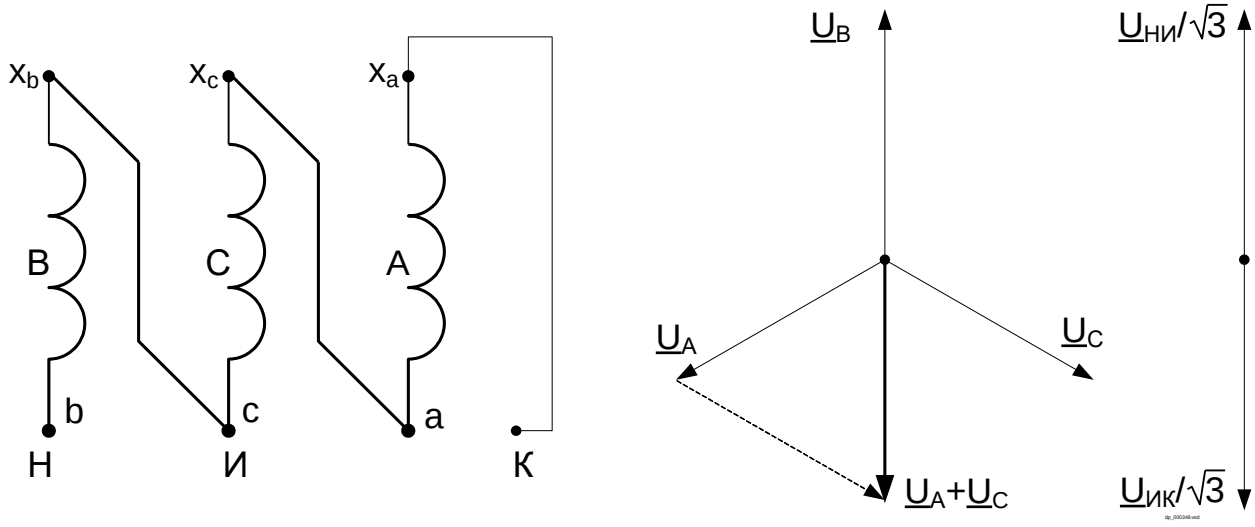


Рисунок Б.6 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

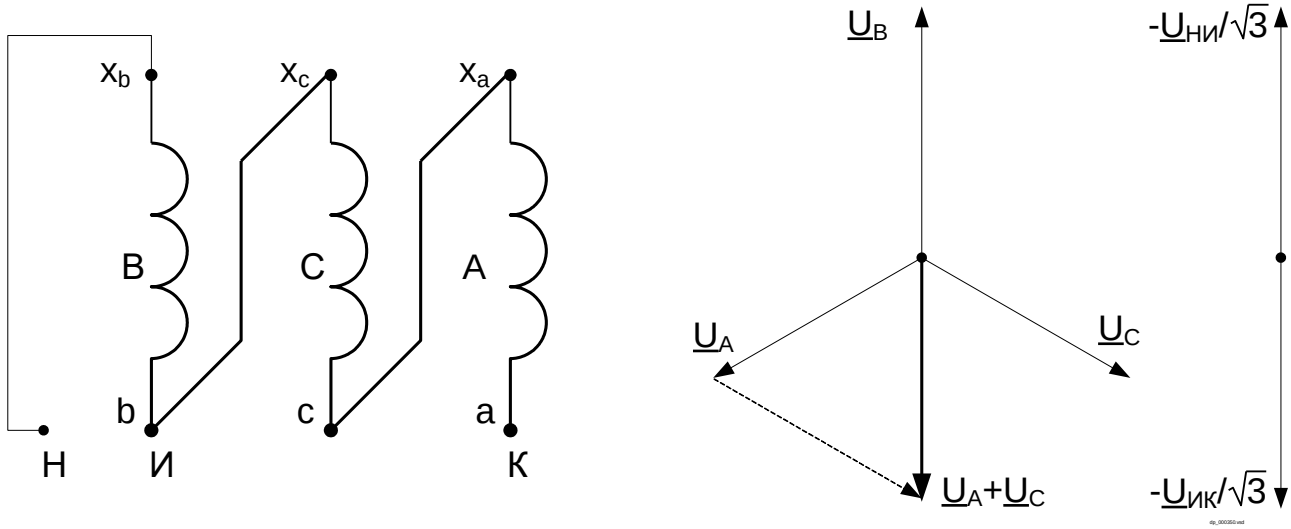


Рисунок Б.7 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

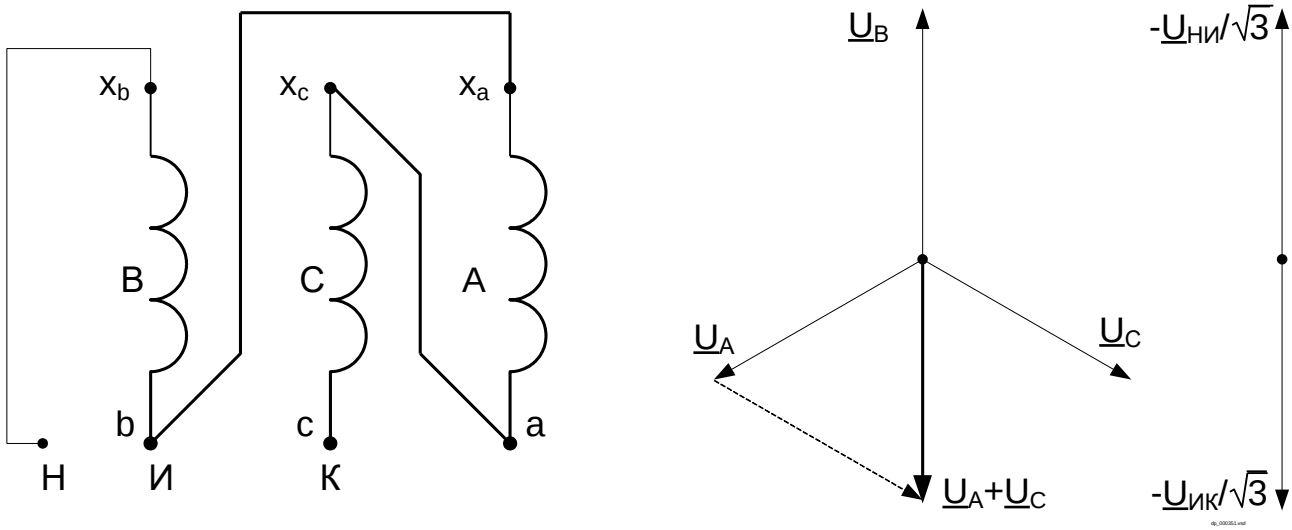


Рисунок Б.8 – Схема соединения с особой фазой В (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

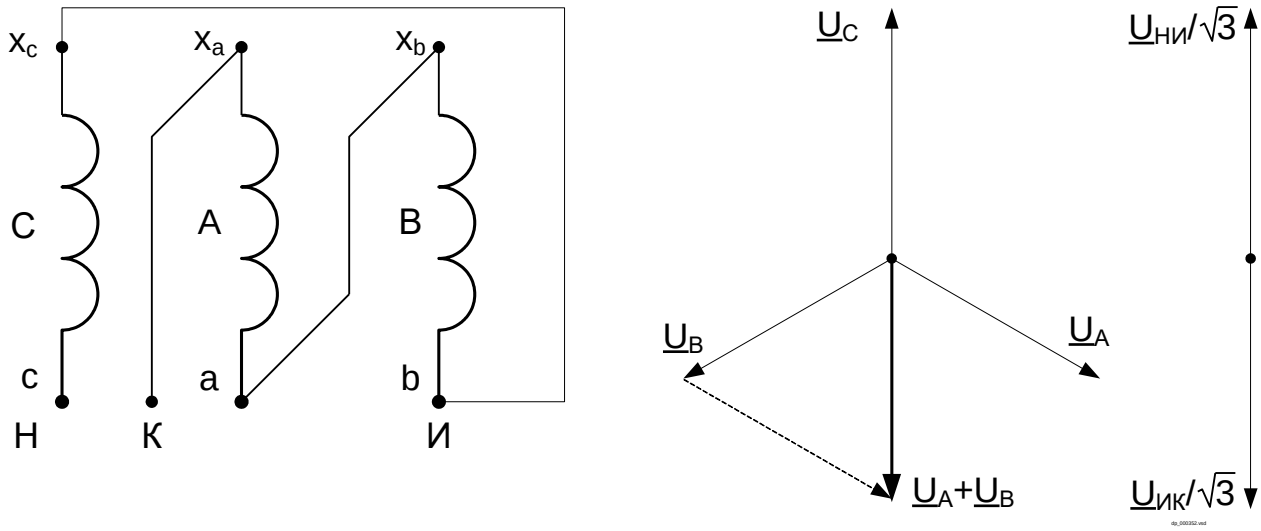


Рисунок Б.9 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

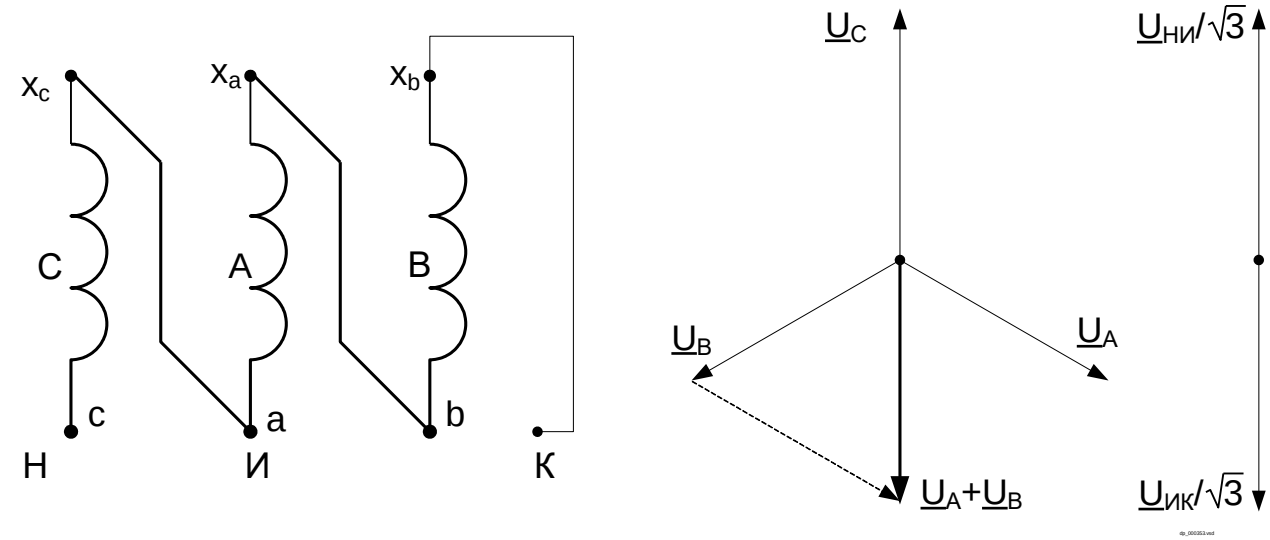


Рисунок Б.10 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» совпадают)

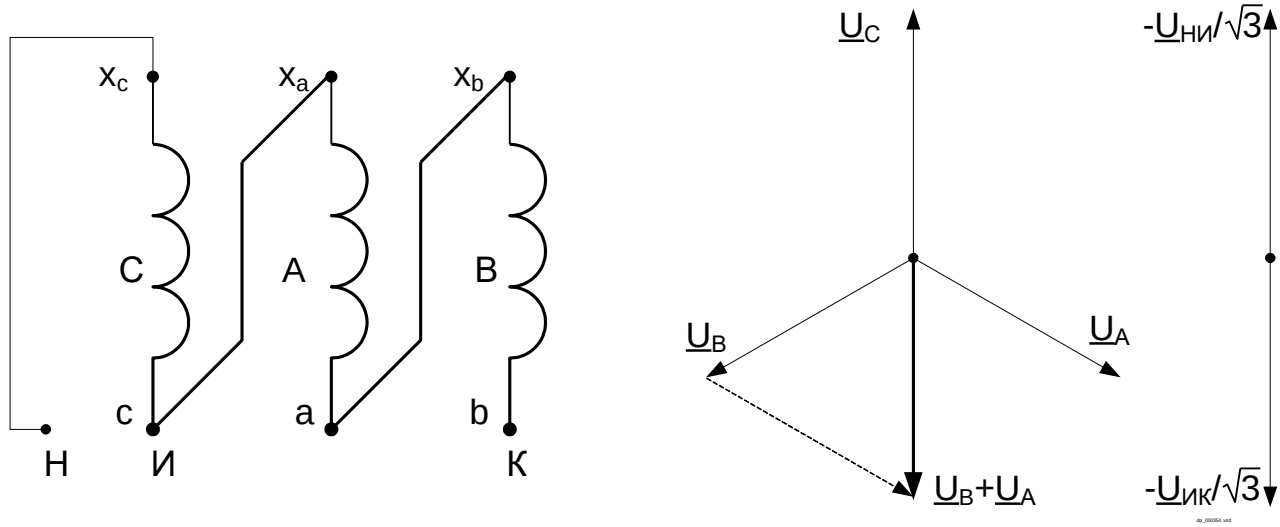


Рисунок Б.11 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

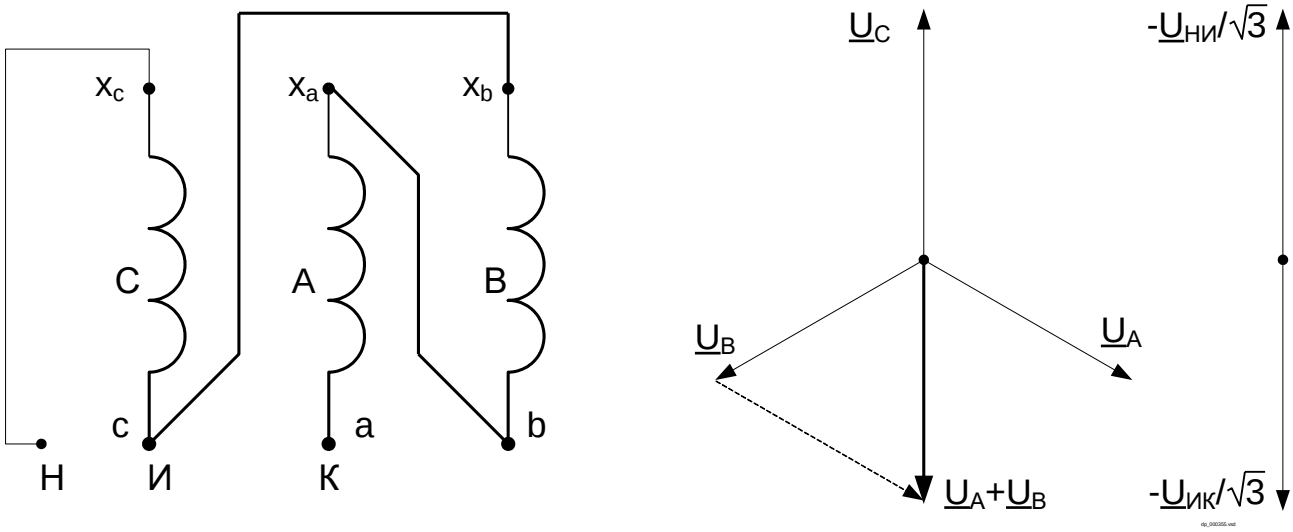


Рисунок Б.12 – Схема соединения с особой фазой С (нетиповая схема, направления векторов «звезды» и «разомкнутого треугольника» не совпадают)

Список сокращений

БДОН	– блокировка при длительном отсутствии напряжения;
БК	– блокировка при качаниях;
БНН	– блокировка при неисправностях в цепях напряжения;
ВВС	– выдержка времени на срабатывание;
ВЛ	– воздушная линия;
ВЧ	– высокочастотный;
ГЛОНАСС	– глобальная навигационная спутниковая система;
ЗОП	– защита от обрыва проводника;
ИМиТО	– инструкция по монтажу и техническому обслуживанию;
ИО	– измерительный орган;
ИТН	– измерительный трансформатор напряжения;
ИТТ	– измерительный трансформатор тока;
ИЧМ	– интерфейс «человек-машина»;
КВЛ	– кабельно-воздушная линия;
КЗ	– короткое замыкание;
ЛЭП	– линия электропередачи;
ОМП	– определение места повреждения;
ПО	– пусковой орган;
ПС	– подстанция;
ПУЭ	– правила устройств электроустановок;
РПВ	– реле положения «Включено»;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
ФСС	– фильтр симметричных составляющих;
GPS	– Global Positioning System – система глобального позиционирования;
IP	– Internet Protocol.

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	изме-ненных	заме-ненных	новых	аннулиро-ванных					
1		все			27	АИПБ.26-2014			30.01.14
2		1			27	АИПБ.33-2014			05.02.14
3		1			–	АИПБ.217-2015			27.10.15
4		1			–	АИПБ.208-2016			08.2016
5		все			28	АИПБ.63-2017			02.2017
6		все			32	АИПБ.295-2017			09.2017
7		1-32	33-39		39	АИПБ.195-2020			07.2020
8		1, 2			–	АИПБ.290-2021			07.2021