

**Общество с ограниченной ответственностью
АСТЕР ЭЛЕКТРО**

**МОДУЛЬ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ
БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ
БУ/AST-21**

Руководство пользователя

БУ.21.9.0.00 РП
(версия 103 от 12.06.17)

Содержание

1 НАЗНАЧЕНИЕ.....	6
2 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ УСТРОЙСТВА	7
3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	10
3.1 Основные технические характеристики устройства	10
3.2 Требования к входным и выходным цепям устройства	11
3.3 Требования по надежности	12
4 УСТРОЙСТВО БЛОКА	13
4.1 Состав изделия и конструктивное исполнение	13
4.2 Работа составных частей устройства	13
4.3 Внешние цепи устройства.....	15
5 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ БЛОКА.....	17
5.1 Описание функций защит	17
5.1.1 Максимальная токовая защита.....	17
5.1.2 Защита от замыканий на землю	24
5.1.3 Защита минимального тока	25
5.1.4 Защита от пульсирующего тока	26
5.1.5 Защита от несимметрии фазных токов и от обрыва фаз	27
5.1.6 Защита минимального напряжения	27
5.1.7 Защита от повышения напряжения	28
5.1.8 Логическая защита шин	29
5.2 Описание функций автоматики	30
5.2.1 Автоматическое повторное включение	30
5.2.2 Устройство резервирования при отказе выключателя	31
5.2.3 Отключение от внешних защит.....	32
5.2.4 Автоматическая частотная разгрузка	33
5.2.5 Частотное АПВ	34
5.2.6 Автоматическое включение резерва.....	35
5.3 Функции управления выключателем	38
5.4 Функции диагностики выключателя	40
5.5 Функции сигнализации	41
5.6 Логика свободно программируемых реле	44
5.7 Функции диагностики электродвигателей.....	44
5.8 Функции измерения и регистрации	45
5.9 Счетчики	46
5.10 Регистратор событий	47
5.11 Функций телеуправления, телеизмерения и телесигнализации	48
5.12 Осциллограф	48
5.13 Функции доступа и самодиагностики, максиметр.....	49
5.14 Функции пункта секционирования.....	52
5.14.1 Функции защиты.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	60
ПРИЛОЖЕНИЕ В	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	66

ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	69

Перечень сокращений

АВР	- автоматический ввод резерва;
АПВ	- автоматическое повторное включение;
АЧР	- автоматическая частотная разгрузка;
БКЛ	- блокирующий вход (механическая блокировка);
ВВ	- высоковольтный выключатель;
ВНР	- восстановление нормального режима;
ВТХ	- времятоковая характеристика;
ЖКИ	- жидкокристаллический индикатор;
ЗЗ	- земляная защита (от замыканий на землю);
ЗМН	- защита минимального напряжения;
ЗМТ	- защита минимального тока;
ЗНФ	- защита от несимметрии фазных токов;
ЗПН	- защита от повышенного напряжения;
ЗПТ	- защита от пульсации токов;
КРУ	- комплектное распределительное устройство;
КСО	- камера сборная одностороннего обслуживания;
КТП	- комплектная трансформаторная подстанция;
ЛЗШ	- логическая защита шин;
МПЗ	- модуль микропроцессорной защиты;
МПЗ-ВВ	- МПЗ вводного присоединения;
МПЗ-ОТ	- МПЗ отходящего присоединения;
МПЗ-СВ	- МПЗ секционного выключателя;
МПЗ-ПС	- МПЗ пункта секционирования;
МТЗ	- максимальная токовая защита;
НМ+	- положительное направление мощности (от шин в линию);
НМ-	- отрицательное направление мощности (к шинам от линии);
ОЗЗ	- однофазное замыкание на землю;
ПОН	- пусковой орган напряжения;
ПС	- пункт секционирования;
ПУ	- панель управления и индикации;
РВ	- ручное включение;
РО	- ручное отключение;
РПВ	- реле положения включено;
РПО	- реле положения отключено;
ТИ	- телеизмерение;
ТН	- трансформатор напряжения;
ТС	- телесигнализация;
ТТ	- трансформатор тока;
ТТП	- трансформатор тока нулевой последовательности;
ТУ	- телеуправление;
УД	- уровень доступа;
УМТЗ	- ускорение МТЗ;
УРОВ	- устройство резервирования при отказе выключателя;
ЭМ	- электромагнит.

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с техническими данными, конструкцией, устройством, принципом работы и правилами эксплуатации модуля микропроцессорной защиты, входящего в состав блока управления вакуумным выключателем БУ/AST-21.

Модуль разработан в соответствии с требованиями РД 34.35.310-97 «Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем» с соблюдением необходимых требований для применения на линиях электропередачи и подстанциях как с постоянным, так и с переменным (выпрямленным переменным) оперативным током.

К эксплуатации блока допускаются лица, изучившие настоящий документ, паспорт, имеющие соответствующую группу допуска и подготовку в области промышленной электроники и микропроцессорной техники.

Предприятие-изготовитель может вносить изменения в устройство, связанные с его усовершенствованием, в целом не ухудшающие его характеристики.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

МПЗ предназначен для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением 6-35кВ на подстанциях с переменным, выпрямленным переменным и постоянным оперативным током, а также для защиты линий электропередачи трехфазного переменного тока и их секционирования.

МПЗ обеспечивает функции защиты, автоматики и управления воздушных и кабельных линий электропередачи, секционных и вводных выключателей распределительных устройств, трансформаторов мощностью до 6,3МВА и электродвигателей мощностью до 4МВт.

Устройства могут включаться в АСУ ТП и информационно-управляющие системы в качестве подсистемы нижнего уровня. Устройство выдает на удаленные рабочие места эксплуатационного и диспетчерского персонала информацию о положении коммутационного аппарата, зарегистрированную информацию аварийных событий, текущую информацию по всем контролируемым параметрам.

2 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ УСТРОЙСТВА

МПЗ представляет собой комбинированное многофункциональное устройство, реализующее различные функции защиты, измерения, контроля, отображения информации, автоматики, местного и дистанционного управления коммутационными аппаратами. Использование аналого-цифровых преобразователей и микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений, постоянство характеристик.

Устройство в зависимости от выбранной сервисной уставки (ОТ / ВВ / СВ / ПС) может осуществлять функции защиты и управления на отходящем присоединении, вводном или секционном выключателе, а также пункте секционирования (реклоузере). Сервисная уставка может выставляться с лицевой панели блока или с персонального компьютера через «Терминал для блока» (далее терминал).

Реализуемые устройством функции защиты и автоматики приведены в таблице, которая представлена ниже.

Функции защиты	ОТ	СВ	ВВ	ПС
Три ступени направленной МТЗ (МТЗ-1 / МТЗ-2 / МТЗ-3)	✓	✓	✓	
МТЗ-2 с пуском по напряжению	✓		✓	
УМТЗ-2	✓	✓	✓	
МТЗ-3 с независимой характеристикой срабатывания	✓	✓	✓	
МТЗ-3 с интегрально-зависимой характеристикой срабатывания	✓			
Четыре ступени направленной МТЗ (НМ+) с возможностью выбора характеристики срабатывания				✓
Четыре ступени направленной МТЗ (НМ-) с возможностью выбора характеристики срабатывания				✓
Направленная токовая ЗЗ	✓	✓	✓	
Токовая ЗЗ с пуском по напряжению $3U_0$	✓	✓	✓	
Сигнализация ОЗЗ по напряжению $3U_0$	✓	✓	✓	
Две ступени направленной ЗЗ (НМ+)				✓
Две ступени направленной ЗЗ (НМ-)				✓
Защита от несимметрии фазных токов	✓			
Защита минимального тока	✓			
Защита от пульсации тока	✓			
Логическая защита шин	✓	✓	✓	
Защита минимального напряжения (по линейным напряжениям)	✓		✓	
Две ступени защиты минимального напряжения (по фазным напряжениям)				✓
Две ступени защиты минимального напряжения (по линейным напряжениям)				✓
Защита от повышенного напряжения	✓			

Функции автоматики	ОТ	СВ	ВВ	ПС
АВР/ВНР		✓	✓	
Двухнаправленное АВР с выбором направления				✓
АЧР/ЧАПВ	✓			
Однократное АПВ	✓		✓	
Трехкратное АПВ				✓
Отключение от внешних защит	✓	✓	✓	✓
УРОВ	✓	✓	✓	

Измерения	ОТ	СВ	ВВ	ПС
Фазные токи	✓	✓	✓	✓
Ток прямой и обратной последовательности	✓	✓	✓	✓
Ток нулевой последовательности	✓		✓	✓
Фазные напряжения	✓	✓	✓	
Линейные напряжения	✓	✓	✓	✓
Напряжение прямой, обратной и нулевой последовательности	✓		✓	✓
Уровень несимметрии по токам	✓	✓	✓	✓
Уровень несимметрии по напряжениям	✓		✓	✓
Активная мощность	✓	✓	✓	
Реактивная мощность	✓	✓	✓	
Полная мощность	✓	✓	✓	
Коэффициент мощности $\cos \phi$	✓	✓	✓	
Частота	✓	✓	✓	✓
Тепловой импульс перегрузки	✓			

Счетчики	ОТ	СВ	ВВ	ПС
Срабатывания защит	✓	✓	✓	✓
Счетчик коммутаций выключателя	✓	✓	✓	✓
Счетчик активной энергии	✓	✓	✓	
Активной и реактивной энергии для НМ+				✓
Активной и реактивной энергии для НМ-				✓

Регистраторы	ОТ	СВ	ВВ	ПС
Регистратор изменений уставок	✓	✓	✓	✓
Регистратор событий	✓	✓	✓	✓
Регистратор аварийных / суточных событий	✓	✓	✓	✓
Цифровой осциллограф с форматом «Comtrade»	✓	✓	✓	✓

Функции диагностики электродвигателей (только для МПЗ-ОТ)

- Определение пускового тока
- Выявление повышенной пульсирующей нагрузки
- Контроль условий пуска, выдача сигнала при их отклонении
- Предупреждение повторных пусков, при которых неизбежно срабатывание защиты от перегрузки
- Отображение времени до отключения по интегральной характеристике
- Отображение времени до снятия блокировки включения электродвигателя после его отключения защитой от перегрузки

Сервисные функции

- Телеуправление, телесигнализация, телеизмерения
- Последовательный интерфейс RS485 с протоколом обмена MODBUS RTU
- Логика диагностики и управления выключателем
- Свободно программируемые входы/выходы
- Задание названий для внешних защит
- Хранение уставок в энергонезависимой памяти
- Несколько уровней доступа к настройке конфигурации и просмотра данных
- Максиметр
- Определение ресурса ВВ
- Редактирование уставок в автономном режиме

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.1 Основные технические характеристики устройства

Аналоговые входы	
Номинальная частота переменного тока	50Гц
Рабочий диапазон частоты переменного тока	45 – 55Гц

Количество каналов измерения токов		3
Измеряемые токи		$I_A, I_C, 3I_0$
Номинальный переменный ток цепей защиты от междуфазных КЗ		1 – 5А
Диапазон измерения фазных токов, во вторичный величинах		0,2 – 200А
Основная относительная погрешность измерения фазных токов	от 1 до 100А	±2%
	от 100 до 200А	±5%
Диапазон измерения тока $3I_0$ во вторичных величинах		0,01 – 12А
Основная относительная погрешность измерения тока $3I_0$		±2%
Термическая стойкость цепей тока, не более	длительно	20А
	в течение 10с	150А
	в течение 1с	500А
Потребляемая мощность всех цепей переменного тока		0,1ВА/на фазу

Количество каналов измерения напряжений		3
Измеряемые напряжения	Для МПЗ-ОТ / СВ / ВВ	U_A, U_B, U_C
	Для МПЗ-ПС	$U_{AB}, U_{BC}, 3U_0$
Диапазон измерения напряжений		1,5 – 160В
Основная относительная погрешность измерения напряжений в диапазоне от 1 до 100В		±2%
Термическая стойкость цепей напряжения, длительно		250В
Потребляемая мощность цепей напряжения		0,15ВА на вход
Основная абсолютная погрешность измерения углов		≤ ±1°
Основная абсолютная погрешность измерения частоты сети		≤ ±0,01Гц

Дискретные входы	
Количество входов	9
Номинальное напряжение входных сигналов	220В
Уровень напряжения надежного срабатывания	≥ 140В
Уровень напряжения надежного несрабатывания	≤ 100В
Длительность входного сигнала, достаточного для срабатывания	≥ 15мс
Потребляемая мощность при номинальном напряжении	≤ 0,5Вт

Дискретные выходы	
Количество выходов	6
Коммутируемый постоянный ток напряжением 250В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	$\leq 0,25A$
Коммутируемый переменный ток напряжением 400В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	$\leq 4A$
Коммутируемый переменный ток напряжением 260В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	$\leq 7A$

Интерфейс связи RS485	
Протокол обмена	MODBUS RTU
Скорость обмена данными, бод	4800, 9600, 19200, 38400
Количество подключаемых устройств в сети	≤ 32
Максимально допустимая длина линии	1500 метров

3.2 Требования к входным и выходным цепям устройства

Клеммные колодки токовых цепей допускают присоединение под винт одного или двух одинаковых проводников общим сечением до 6мм^2 включительно и сечением не менее 1мм^2 каждый. Клеммные колодки цепей питания, входных и выходных цепей допускают присоединение под винт одного или двух одинаковых проводников общим сечением до $2,5\text{мм}^2$ включительно и сечением не менее $0,5\text{мм}^2$ каждый.

1) Цепи переменного тока.

Цепи переменного тока выдерживают без повреждений ток:

- 20А – длительно;
- 150А – в течение 10с;
- 500А – в течение 1с.

Устройство правильно функционирует при изменении частоты входных сигналов в диапазоне 45 – 55Гц. При этом дополнительная погрешность параметров срабатывания измерительных органов устройства не превышает $\pm 3\%$ относительно параметров срабатывания на номинальной частоте.

2) Дискретные выходы.

Выходные цепи устройства выполнены с использованием малогабаритных реле, обеспечивающих гальваническое разделение внутренних цепей устройства от внешних цепей. Номинальное напряжение изоляции – 400В (АС), номинальное ударное напряжение – 4000В (АС). Напряжение пробоя:

- между катушкой и контактами – 4000В (АС);
- контактного зазора – 1000В (АС).

Максимальное напряжение контактов AC/DC – 400/250В. Номинальный ток нагрузки – 8А. Максимальная коммутируемая мощность (AC) – 2000ВА.

Максимальная способность коммутации резистивной нагрузки DC – 0,4А при напряжении 250В.

Коммутационная способность контактов, действующих на цепи управления и сигнализации – не менее 50Вт при коммутации цепи постоянного тока напряжением до 250В с индуктивной нагрузкой и постоянной времени до 0,05с.

Максимальная способность коммутации резистивной нагрузки AC – 4А при напряжении 400В, 7А при напряжении 260В.

Электрический ресурс при резистивной нагрузке – более 10^5 при 8А, 250В (AC). Механический ресурс – более $2 \cdot 10^7$.

3) Дискретные входы.

Дискретные входы обеспечивают гальваническое разделение внутренних цепей устройств от внешних цепей. Уровень изоляции между входной цепью относительно корпуса и между остальными цепями – 3750В в течение 1 минуты.

Дискретные входы предназначены для работы на постоянном и переменном оперативном токе, имеют пороговый элемент для разграничения уровня срабатывания логической «1» и логического «0». Номинальное значение напряжения входных сигналов – 220В. Уровень напряжения надежного срабатывания по дискретному входу – не менее 140В (действующего значения для переменного оперативного тока). Уровень надежного несрабатывания – не более 100В.

Потребление по дискретному входу – не более 0,5Вт при номинальном напряжении 220В. Длительность входного сигнала, достаточного для срабатывания входной цепи – не более 15мс.

3.3 Требования по надежности

1) Средний срок службы устройства не менее 20 лет при условии проведения требуемых технических мероприятий по обслуживанию.

2) Средняя наработка на отказ не менее 100 000 часов.

3) Среднее время восстановления работоспособного состояния МПЗ не более 2 часа без учета времени нахождения неисправности.

4 УСТРОЙСТВО БЛОКА

4.1 Состав изделия и конструктивное исполнение

МПЗ состоит из нескольких печатных плат, которые содержат выходные разъемы для подключения внешних цепей, микроконтроллер, интерфейс(ы) RS485, малогабаритные выходные реле и дискретные входы.

Лицевая панель устройства предназначена для местного отображения контролируемых параметров, изменения уставок, просмотра протоколов срабатывания защит и событий.

Панель управления и индикации содержит клавиатуру управления, жидкокристаллический индикатор и светодиоды, отображающие режимы работы блока.

В устройстве предусмотрен интерфейс RS485, позволяющий иметь связь с АСУ ТП и возможность подключения переносного компьютера без снятия оперативного питания с устройства.

4.2 Работа составных частей устройства

1) Каналы измерения токов.

МПЗ содержит промежуточные ТТ, предназначенные для гальванической развязки от первичных трансформаторов тока. Промежуточные трансформаторы тока защиты от межфазных КЗ рассчитаны на номинальный ток 5А и работают без насыщения при входном токе до 200А.

Вторичный номинальный ток защищаемого объекта вычисляется устройством по заданным значениям первичного номинального тока и коэффициенту трансформации трансформаторов тока. По каждому входу предусмотрены два диапазона измерения, таблица 4.1:

Таблица 4.1 – Рабочие диапазоны каналов измерения тока

Канал измерения	Рабочий диапазон
Чувствительный	$0 \div 5I_{\text{НОМ}}$
Стандартный	$0 \div 40I_{\text{НОМ}}$

Промежуточный трансформатор тока защиты от замыканий на землю выполнен на номинальный ток 0,2А. При работе с ТТНП типа ТЗЛ, ТЗЛМ, не имеющих во вторичной цепи дополнительной нагрузки, обеспечивается максимальная чувствительность по первичному току замыкания на землю до 0,3А.

2) Каналы измерения напряжений.

Устройство содержит промежуточные трансформаторы напряжения, предназначенные для гальванической развязки от первичных измерительных трансформаторов.

При сервисной уставке МПЗ-ОТ / СВ / ВВ защита позволяет измерять два линейных напряжения U_{AB} , U_{BC} и напряжение нулевой последовательности $3U_0$. Третье линейное напряжение U_{AC} вычисляется устройством.

При необходимости измерения фазных напряжений вход $3U_0$ может использоваться для измерения фазного напряжения U_C . Напряжение нулевой последовательности в этом случае вычисляется устройством.

При сервисной уставке МПЗ-ПС цепи напряжения необходимо подключить по схеме «2ТН». Третье линейное напряжение U_{AC} вычисляется устройством.

Допускается не подключать цепи измерения напряжения нулевой последовательности, в этом случае измерение фазных напряжений не производится. Если имеется питание с двух сторон ПС, то необходимо подключать цепи от трансформаторов напряжения с разных сторон, то есть напряжение U_{AB} – с одной стороны и U_{BC} – с другой стороны выключателя.

Варианты подключения цепей напряжения приведены на рисунке 4.1, технические характеристики приведены в таблице 4.2.

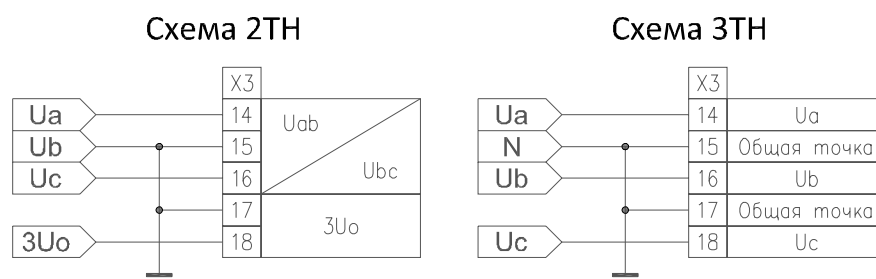


Рисунок 4.1 – Варианты подключения цепей напряжения

Таблица 4.2 – Параметры каналов измерения напряжений

Параметр	Значение
Номинальное действующее значение линейного напряжения	100В
Диапазон измерений	0 – 160В
Максимально допустимая непрерывная нагрузка	250В

3) Дискретные входы.

Устройство позволяет принять от внешних устройств дискретные сигналы переменного или постоянного тока напряжением 220В. Исполнение МПЗ с другим уровнем входного напряжения должно оговариваться при заказе устройства.

Каждый вход выполнен с использованием оптоэлектронного преобразователя, обеспечивающего гальваническое разделение входных цепей от внутренних цепей устройства с необходимым уровнем изоляции. Если нет необходимости отдельного подключения к источнику оперативного питания, то входы можно выполнить с общей точкой подключения.

Все дискретные входы являются свободно программируемыми.

Ток в режиме срабатывания по каждому дискретному входу составляет около 3мА.

4) Дискретные выходы.

Все реле являются свободно программируемыми. При коммутации мощной индуктивной нагрузки на постоянном токе параллельно ей рекомендуется устанавливать защитный диод для предотвращения сваривания контактов выходных реле.

5) Панель управления и индикации.

Лицевая панель МПЗ (ПУ) имеет индикатор, кнопки управления и светодиоды, отображающие состояние выключателя, режимы работы блока и сработавшие защиты.

Светодиоды обеспечивают дополнительную сигнализацию исправного состояния устройства и режимы его работы:

- зеленый светодиод «Готов» сигнализирует об исправном состоянии устройства и его готовности к действию;
- красный светодиод «Блок ВКЛ» сигнализирует о блокировке включения выключателя при срабатывании защиты или наличии механической блокировки ВВ;
- красный светодиод «ЭМ КЗ» сигнализирует о КЗ в цепи управления электромагнитом выключателя;
- красный светодиод «ЭМ обрыв» сигнализирует об обрыве в цепи управления электромагнитом выключателя;
- красный светодиод «Неисправность» сигнализирует о неисправности устройства;
- светодиод, совмещенный с мнемосхемой присоединения с выключателем, отображает состояние выключателя (красный – выключатель включен, зеленый – выключатель отключен).

По умолчанию на индикаторе отображаются основные текущие параметры защищаемого присоединения. Перемещение по меню, изменение уставок осуществляется с помощью кнопок управления.

4.3 Внешние цепи устройства

Таблица 4.3 – Внешние цепи устройства

№ клемм	Назначение
Входы измерения токов и напряжений	
X4:1	Ток фазы А (начало)
X4:2	Ток фазы А (конец)
X4:3	Ток фазы С (начало)
X4:4	Ток фазы С (конец)
X4:5	Ток нулевой последовательности (начало)
X4:6	Ток нулевой последовательности (конец)
X3:14	Напряжение фазы А
X3:15	Общая точка N
X3:16	Напряжение фазы В
X3:17	Общая точка N
X3:18	Напряжение фазы С

Таблица 4.3 – Внешние цепи устройства (продолжение)

№ клемм		Назначение
Цепи интерфейса RS485		
X1:16	Экран G	
X1:17	Линия А	
X1:18	Линия В	
Дискретные входы*		
X1:1		Общая точка входов In1 – In3
X1:2	In1	Вход РПО
X1:3	In2	Вход РПВ
X1:4	In3	Вход БКЛ
X1:5		Общая точка входов In4 – In5
X1:6	In4	Команда «ВКЛ»
X1:7	In5	Команда «ОТКЛ»
X1:8		Общая точка входов In6 – In7
X1:9	In6	Разрешение АПВ
X1:10	In7	Разрешение АЧР
X1:11 – X1:12	In8	Внешнее ОТКЛ1
X1:13		Общая точка входов In9 – In10
X1:14	In9	Внешнее ОТКЛ2
X1:15	In10	Резерв
Дискретные выходы*		
X3:1 – X3:2	K1 (НО)	Резерв
X3:3 – X3:4	K2 (НО)	Резерв
X3:5 – X3:6	K3 (НО)	УРОВ
X3:7 – X3:8	K4 (НО)	Авария
X3:9 – X3:10	K5 (НЗ)	Неисправность
X3:11 – X3:13	K6 (ПК)	ЗЗ

Примечания: (*) – свободно программируемые.

5 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ БЛОКА

Устройство является многофункциональным, обеспечивающим функции защит, управления, сигнализации и автоматики для различных типов присоединений.

Предусмотрено несколько типов присоединений для применения, отличающихся функционально различным набором устройств автоматики и некоторых видов защит:

- для отходящих присоединений (МПЗ-ОТ);
- для вводного выключателя (МПЗ-ВВ);
- для секционного выключателя (МПЗ-СВ);
- для пункта секционирования (МПЗ-ПС).

Сервисная уставка МПЗ-ПС предназначена исключительно для защиты линий электропередач трехфазного переменного тока и их секционирования. Подробное описание всех функций и особенности приведены в разделе 5.14.

5.1 Описание функций защит

5.1.1 Максимальная токовая защита

В устройстве предусмотрено три ступени МТЗ:

- 1 ступень – МТЗ без выдержки времени (токовая отсечка);
- 2 ступень – МТЗ с независимой от тока выдержкой времени;
- 3 ступень – МТЗ с независимой или интегрально-зависимой от тока выдержками времени.

МТЗ-1 предназначена для защиты от междуфазных коротких замыканий. Пусковые органы тока защиты объединены по схеме «ИЛИ». Защита работает как токовая ненаправленная или ненаправленная.

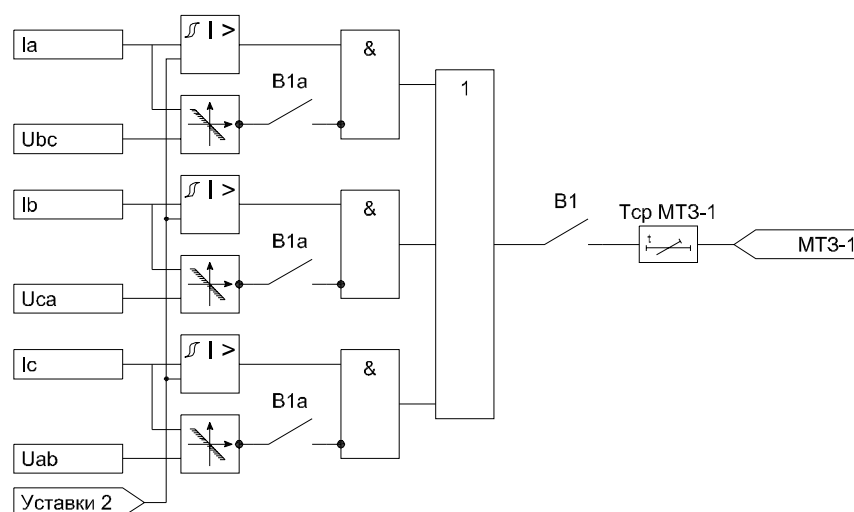


Рисунок 5.1.1 – Функциональная схема МТЗ-1

Таблица 5.1.1 – Технические характеристики МТЗ-1, МТЗ-2

Наименование параметра	Значение
Номинальный ток защиты, А	5
Диапазон уставок по току во вторичных величинах, А	0 – 200
Дискретность уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Диапазон задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0 – 359,9
Дискретность задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0,01
Коэффициент возврата пусковых органов	0,95 (1,05*)

Примечания: (*) – для ПОН МТЗ-2.

Принцип направленности реализован по «девятистопусной схеме». Устройство определяет углы между фазным током и линейным напряжением для каждой пары сигналов ($I_A \wedge U_{BC}$), ($I_B \wedge U_{CA}$), ($I_C \wedge U_{AB}$). Срабатывание МТЗ произойдет в случае превышения величины фазного тока заданной уставки срабатывания и попадания вектора фазного тока в зону срабатывания.

Для задания зоны срабатывания необходимо указать угол максимальной чувствительности $\phi_{мч}$, тогда область срабатывания будет определяться диапазоном $-65^\circ \leq \phi_{мч} \leq +65^\circ$, что составляет 130° . Для каждой пары векторов ($I_A \wedge U_{BC}$), ($I_B \wedge U_{CA}$), ($I_C \wedge U_{AB}$) отсчет угла максимальной чувствительности осуществляется от соответствующего вектора напряжения против часовой стрелки в диапазоне 0° до $359,9^\circ$ с шагом $0,1^\circ$. Другими словами, для вектора тока I_A отсчет осуществляется от вектора напряжения U_{BC} , для I_B – от вектора U_{CA} , для I_C – от вектора U_{AB} (поясняющая схема представлена в ПРИЛОЖЕНИИ А).

Стоит отметить, что уставка по углу максимальной чувствительности $\phi_{мч}$ является общей для всех ступеней МТЗ первой и второй групп уставок.

В устройстве предусмотрена возможность задания выдержки времени « $T_{ср\text{ } I_{ст}}$ » для первой ступени МТЗ. Небольшое замедление токовых отсечек (порядка 100мс) может потребоваться:

- для отстройки от искусственных кратковременных КЗ, создаваемых трубчатыми разрядниками, устанавливаемыми для защиты воздушных линий от атмосферных перенапряжений;
- для лучшей отстройки от бросков тока при внешних КЗ и при пуске (самозапуске) для защиты электродвигателей.

Незначительная потеря в быстродействии защиты компенсируется в этом случае повышением её чувствительности.

Пусковые органы тока МТЗ-2 выполнены аналогично МТЗ-1.

Программным переключателем В2 вводится цепь ускорения МТЗ-2 при включении выключателя на короткое замыкание. Время ввода ускорения не регулируется и равно 1 секунде. Имеется возможность задания выдержки времени «Т_{умтз}», диапазон регулирования которой от 0 до 1 секунды с шагом 0,01с.

Функция пуска по напряжению МТЗ-2 вводится/выводится программным переключателем В3. Пусковой орган напряжения (ПОН) контролирует линейные напряжения и снижение хотя бы одного из них ниже заданной уставки приведет к его срабатыванию.

Функция направленности вводится/выводится программным переключателем В2а. Ввод/вывод МТЗ-2 выполняется программным переключателем В4. Защита имеет регулирующую выдержку времени «Т_{ср II CT}».

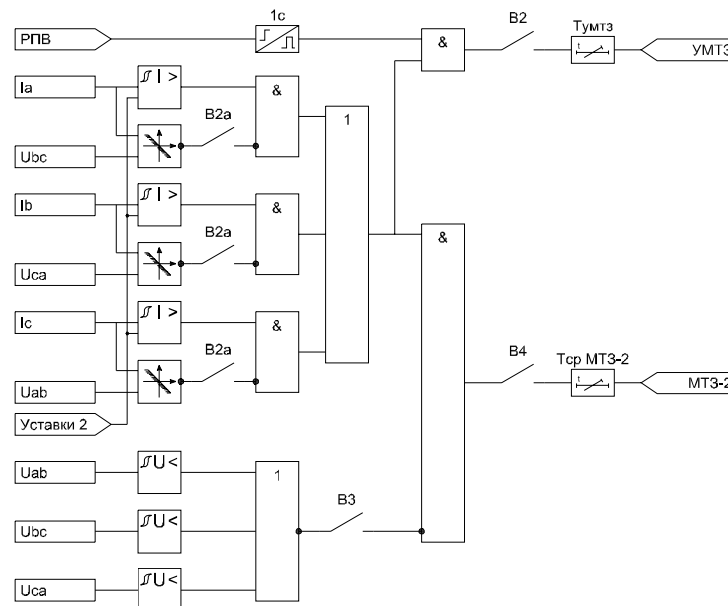


Рисунок 5.1.2 – Функциональная схема МТЗ-2

Пусковые органы МТЗ-3 организованы аналогично МТЗ-1. Ввод/вывод МТЗ-3 выполняется программным переключателем В5, переключателем В6 задается тип характеристики срабатывания защиты – с независимой характеристикой срабатывания или с интегрально-зависимой характеристикой срабатывания. Защита может действовать на отключение или на сигнал в зависимости от положения программного переключателя В7.

МТЗ-3 с независимой характеристикой срабатывания срабатывает при превышения тока заданной уставки с выдержкой времени «Т_{ср III CT}».

Для выполнения функций защиты электродвигателей от перегрузки в МТЗ-3 предусмотрена интегрально-зависимая характеристика срабатывания, которая строится на основе тепловой модели электродвигателя.

Таблица 5.1.2 – Технические характеристики МТЗ-3

Наименование параметра	Тип характеристики	
	Независ.	Интегр.
Номинальный ток защиты, А	5	
Диапазон уставок по току во вторичных величинах, А	0 – 200	0 – 200
Дискретность уставок по току, А	0,01	0,01
Диапазон уставок коэффициента долевого участия тока обратной последовательности, K_{I2}	–	1 – 5
Диапазон регулирования постоянной времени нагрева, $T_{\text{НАГРЕВА}}$, с	–	0 – 30000
Диапазон регулирования постоянной времени охлаждения, $T_{\text{ОХЛ}}$, с	–	0 – 30000
Диапазон регулирования теплового импульса, определенного из условий нормального пуска $B_{t_контр}$, %	–	0,1 – 90
Дискретность задания теплового импульса, определенного из условий нормального пуска $B_{t_контр}$, %	–	0,1
Коэффициент возврата пусковых органов	0,95	

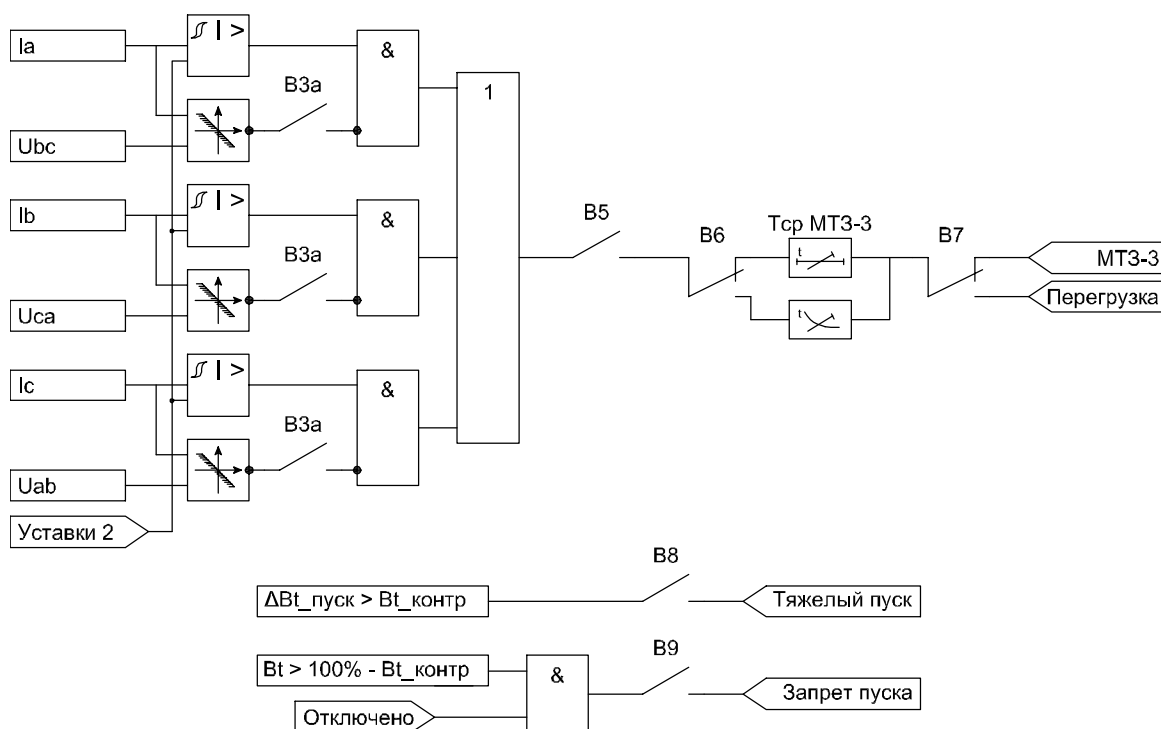


Рисунок 5.1.3 – Функциональная схема МТЗ-3

Тепловое состояние электродвигателей, работающих в тяжелых условиях пуска, подверженных частым перегрузкам по технологическим причинам, будет определяться не только степенью перегрузки и её длительностью, но и предшествующим тепловым состоянием.

Поэтому характеристика срабатывания защиты должна быть интегрально зависимой от тока, учитывать предшествующее перегрузке тепловое состояние, процесс отдачи тепла, как в режиме перегрузки, так и в нормальном режиме работы и отключении от сети. Структура построения такого алгоритма должна соответствовать дифференциальному уравнению, учитывающему отдачу тепла с поверхности обмотки:

$$T_H \cdot \frac{dB}{dt} = K_I^2 - \tau \cdot B, \quad (5.1)$$

где:

B – тепловой импульс, отражающий тепловое состояние электродвигателя;

T_H – постоянная времени нагрева (охлаждения) электродвигателя;

τ – коэффициент интегрирования;

$K_I = I_{ЭКВ} / I_{СЗ}$ – кратность тока перегрузки.

Этому выражению соответствует передаточная функция инерционного звена. Таким образом, накопление теплового импульса во времени происходит по экспоненциальному закону. Коэффициент интегрирования τ подобран таким образом, чтобы снижение теплового импульса после снятия перегрузки происходило с постоянной времени, соответствующей постоянной времени охлаждения работающего электродвигателя. При отключении электродвигателя от сети коэффициент τ должен соответствовать постоянной времени охлаждения остановленного двигателя.

На рисунке 5.1.4 приведены зависимости $B_t = f(t)$ в различных режимах работы электродвигателя.

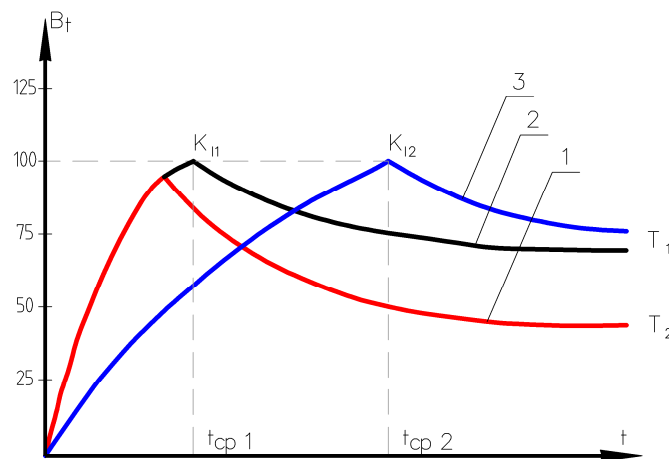


Рисунок 5.1.4 – Зависимости $B_t = f(t)$ при различных кратностях тока K_I :

- 1 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I1} и устранении перегрузки до момента отключения электродвигателя;
- 2 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I1} и отключении электродвигателя при достижении $B_t = 100$;
- 3 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I2} и отключении электродвигателя.

Поскольку ток обратной последовательности вызывает повышенный нагрев обмотки ротора, составляющая этого тока входит в выражение для определения эквивалентного тока, вызывающего нагрев электродвигателя, с коэффициентом K :

$$I_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{I_1^2 + K \cdot I_2^2}, \quad (5.2)$$

где:

I_1 – вычисленный ток прямой последовательности;

I_2 – вычисленный ток обратной последовательности;

$I_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентный ток, по которому оценивается перегрузочная способность двигателя;

K – коэффициент, учитывающий доленое участие тока обратной последовательности в тепловой модели двигателя.

При превышении эквивалентного тока заданной уставки $I_{\text{СЗ}}$ время срабатывания защиты определяется по выражению:

$$t_{\text{СР}} = T \cdot \ln \left[\frac{K_I^2 - B_t}{K_I^2 - 1} \right], \quad (5.3)$$

где:

$K_I = I_{\text{ЭКВ}} / I_{\text{СЗ}}$ – кратность тока перегрузки;

$T = T_H$ – постоянная времени нагрева двигателя;

B_t – начальное тепловое состояние двигателя (текущее значение теплового импульса), выраженный в о.е.

При включении двигателя из «холодного» состояния на момент включения $B_t = 0$. Расчет теплового импульса производится при $K_I > 1$ по выражению:

$$B_t = K_I^2 - ((K_I^2 - 1) \cdot e^{-t/T_H}), \quad (5.4)$$

где t – текущее значение времени до отключения двигателя.

При $K_I < 1$ значение теплового импульса определяется тепловой моделью по выражению:

$$B_t = K_I^2 \left(1 - e^{-t/T} \right), \quad (5.5)$$

где:

$T = T_H$ – для работающего двигателя;

$T = T_O$ – для остановленного двигателя.

В рабочем диапазоне токов точность по времени срабатывания соответствует классу 5 по ГОСТ 27918. Рабочий диапазон токов находится в пределах кратности тока $K_I = (2 \div 10)$. Программа защиты позволяет:

- контролировать тепловое состояние электродвигателя после его включения как в номинальных режимах работы, так и при перегрузках;
- имитировать охлаждение электродвигателя после устранения перегрузки с постоянной времени, соответствующей постоянной времени охлаждения работающего электродвигателя, а после отключения электродвигателя вследствие перегрузки – с постоянной времени остановленного электродвигателя;
- при повторных пусках и периодических перегрузках учитывать накопленный ранее тепловой импульс;
- осуществлять диагностику агрегата «электродвигатель-механизм» при очередном пуске путем сравнения приращения теплового импульса за время пуска с контрольным значением;
- запрещать пуск электродвигателя при остаточном тепловом импульсе, превышающем контрольное значение.

При введении интегрально-зависимой характеристики может осуществляться диагностика условий пуска, если включен программный переключатель В8. Сигнал «Тяжелый пуск» будет сформирован, если приращение теплового импульса за время пуска превысит заданное уставкой значение:

$$\Delta B_{t_{\text{пуск}}} = B_{t_{\text{пуск}}} - B_{\text{ост}} > B_{t_{\text{контр}}} \quad (5.6)$$

где:

$B_{t_{\text{пуск}}}$ – значение теплового импульса на момент окончания пуска, когда ток снизился менее уставки МТЗ-3;

$B_{\text{ост}}$ – значение теплового импульса на момент начала пуска, когда ток превысил значение уставки;

$B_{t_{\text{контр}}}$ – уставка по тепловому импульсу, определенная из условий нормального пуска.

При включении программного переключателя В9 вводится функция «Запрет пуска».

Команда «Запрет пуска» будет сформирована, если тепловое состояние электродвигателя на момент отключения не допускает повторного пуска по условию недопустимого его нагрева:

$$B_t > 100 - B_{t_{\text{контр}}} \quad (5.7)$$

Рекомендации по выбору уставок и характеристики срабатывания МТЗ-3 с интегрально-зависимой характеристикой срабатывания представлены в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

В алгоритме для всех ступеней МТЗ предусмотрено две группы уставок. Переключение на вторую группу производится по дискретному входу (сигнал «Уставки 2»).

5.1.2 Защита от замыканий на землю

ЗЗ выполнена с независимой от тока выдержкой времени « $T_{CP\ ZЗ}$ ». ЗЗ может быть настроена как:

- токовая ненаправленная защита;
- токовая защита с пуском по напряжению $3U_0$;
- токовая направленная;
- сигнализация ОЗЗ по напряжению $3U_0$.

Токовая ненаправленная ЗЗ реализуется с помощью включенного программного переключателя В18 и отключенных переключателей В17, В20, В21. В этом случае защита работает при превышении током нулевой последовательности заданной уставки.

Включенные выключатели В18 и В17 вводят функцию пуска по напряжению $3U_0$. В случае неисправности в цепях напряжения (сигнал «Неисправность U») защита будет работать как токовая.

Для реализации алгоритма направленной защиты необходимо включить программный переключатель В21 (переключатели В20 и В18 отключены), тогда при превышении $3I_0$ и $3U_0$ выше заданных уставок и соответствующем угле между этими векторами защита срабатывает.

Область срабатывания направленной ЗЗ задается двумя уставками. Первая – начальный угол ϕ_1 , а вторая – конечный угол ϕ_2 . Таким образом область срабатывания направленной ЗЗ будет лежать в диапазоне от ϕ_1 до ϕ_2 . Отсчет вышеупомянутых углов ведется от оси вектора $3U_0$ против часовой стрелки.

ЗЗ по напряжению $3U_0$ реализуется программным переключателем В20 (переключатели В21 и В18 отключены).

Программным переключателем В19 производится выбор действия защиты на отключение или сигнал.

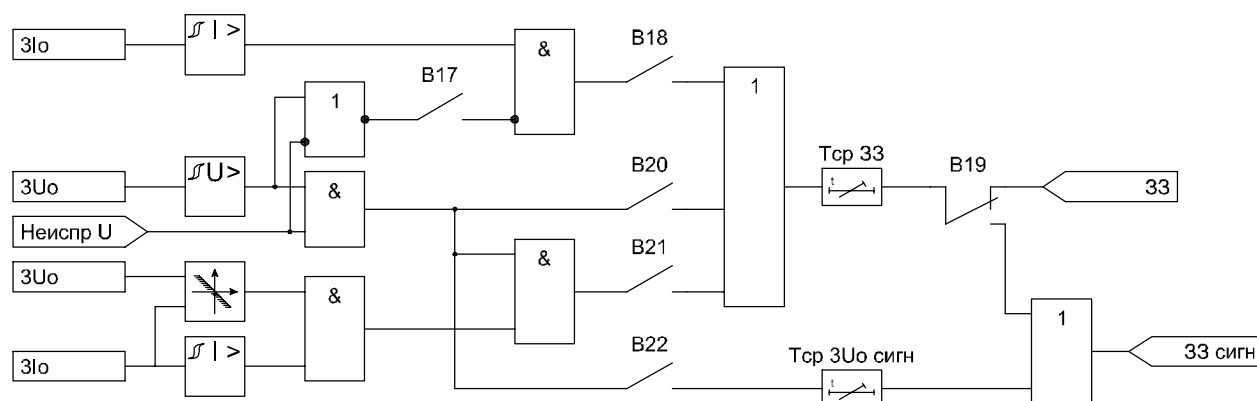


Рисунок 5.1.5 – Функциональная схема ЗЗ

Таблица 5.1.3 – Технические характеристики 3З

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току в первичных величинах, А	0 – 300
Дискретность уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по начальному углу ϕ_1 , град	0 – 359,9
Диапазон уставок по конечному углу ϕ_2 , град	0 – 359,9
Дискретность задания уставок по углу, град	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Коэффициент возврата пусковых органов	0,95

5.1.3 Защита минимального тока

Защита срабатывает при снижении токов фаз ниже заданной уставки. Защита блокируется при отсутствии сигнала «РПВ».

Ввод/вывод защиты, действие на отключение или на сигнал производится программными переключателями В11 и В12 соответственно.

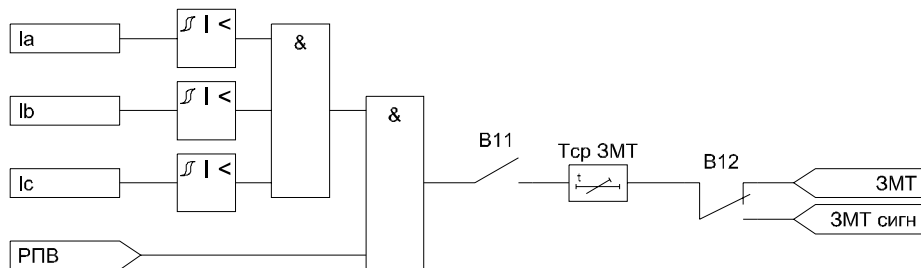


Рисунок 5.1.6 – Функциональная схема ЗМТ

Таблица 5.1.4 – Технические характеристики ЗМТ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току во вторичных величинах, А	0 – 200
Дискретность задания уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	1,05

5.1.4 Защита от пульсирующего тока

Защита применяется для диагностики агрегата «электродвигатель-механизм» в случае возникновения повышенного уровня пульсирующей с частотой вращения приводимого механизма нагрузки.

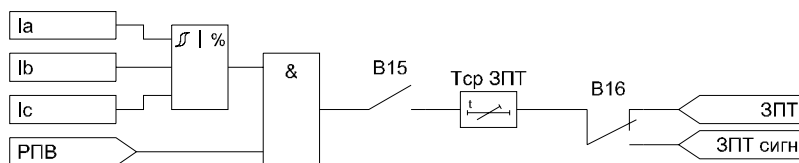


Рисунок 5.1.7 – Функциональная схема ЗПТ

Уровень пульсации выражается в процентах от номинальной или максимальной мощности нагрузки в зависимости от их соотношения и вычисляется по выражению 5.8 или 5.9:

$$P_{\text{пульс}} = \frac{P_{\text{макс}} - P_{\text{мин}}}{P_{\text{ном}}} \cdot 100\% \quad \text{при} \quad P_{\text{макс}} \leq P_{\text{ном}} \quad (5.8)$$

$$P_{\text{пульс}} = \frac{P_{\text{макс}} - P_{\text{мин}}}{P_{\text{макс}}} \cdot 100\% \quad \text{при} \quad P_{\text{макс}} \geq P_{\text{ном}} \quad (5.9)$$

где:

$P_{\text{макс}}$ и $P_{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное значение мощности, измеренное за установленный период;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя.

Изменение активной мощности контролируется в заданном уставкой интервале времени, превышающем период вращения приводимого электродвигателем механизма (« $T_{\text{пульс}}$ »).

Для того чтобы защита не фиксировала резкие перепады мощности при включении и отключении выключателя, пусковой орган действует только при наличии сигнала «РПВ». Защита выполнена с независимой выдержкой времени « $T_{\text{ср ЗПТ}}$ ». Ввод/вывод защиты и перевод действия на отключение или на сигнал производится программными переключателями В15 и В16 соответственно.

Таблица 5.1.5 – Технические характеристики ЗПТ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по уровню срабатывания, %	0 – 100
Дискретность задания уставок по уровню срабатывания, %	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени срабатывания, с	0,01
Диапазон уставок по периоду измерения уровня пульсаций, с	0,02 – 10
Дискретность задания уставок по периоду измерения пульсаций, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	0,95
Диапазон работы по частоте пульсации нагрузки, Гц	0,5 – 25

5.1.5 Защита от несимметрии фазных токов и от обрыва фаз

Защита реагирует на ток обратной последовательности, выраженный в процентах:

- от максимального фазного тока присоединения, если ток нагрузки превышает номинальный;
- от номинального, если максимальный ток меньше номинального тока присоединения.

Применительно к электродвигателям защита может обнаруживать витковые замыкания. Защита выполнена с независимой выдержкой времени.

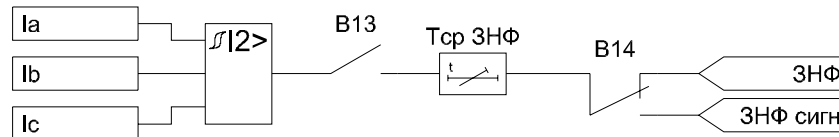


Рисунок 5.1.8 – Функциональная схема ЗНФ

Ввод/вывод защиты, действие на отключение или на сигнал производится программными переключателями В13 и В14 соответственно.

Таблица 5.1.6 – Технические характеристики ЗНФ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по уровню срабатывания, %	0 – 100
Дискретность задания уставок по уровню срабатывания, %	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	0,95

5.1.6 Защита минимального напряжения

Пуск защиты осуществляется от пусковых органов минимального напряжения (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}), объединенных по схеме «И». Алгоритм защиты блокируется при неисправностях в цепях напряжения (отсутствие сигнала «Неиспр U»).

Ввод/вывод защиты производится программным переключателем В23.

Таблица 5.1.7 – Технические характеристики ЗМН

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени срабатывания, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	1,05

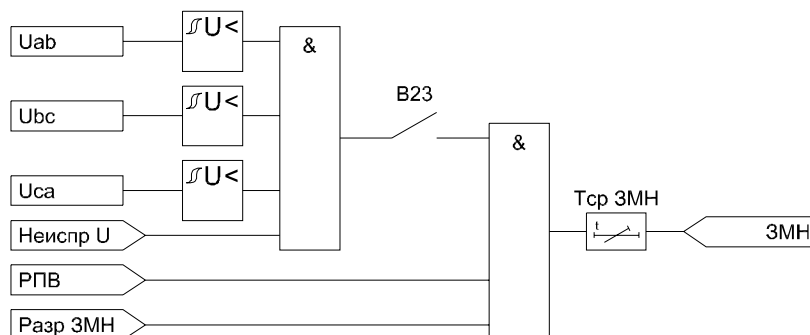


Рисунок 5.1.9 – Функциональная схема 3МН

5.1.7 Защита от повышения напряжения

Пуск защиты осуществляется от пусковых органов максимального напряжения (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}), объединенных по схеме «ИЛИ». Защита блокируется при отсутствии сигнала «РПВ».

Ввод/вывод защиты, выбор действия на отключение или на сигнал производится программными переключателями B24 и B25 соответственно.

Сигнал «ЗПН блок» может быть сконфигурирован на выходное реле для блокировки включения выключателя присоединения.

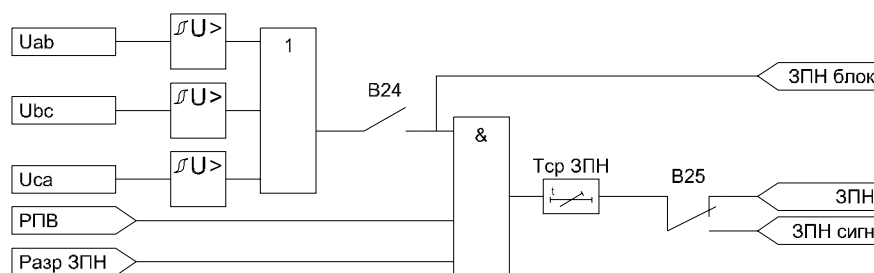


Рисунок 5.1.10 – Функциональная схема ЗПН

Таблица 5.1.8 – Технические характеристики ЗПН

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени срабатывания, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	0,95

5.1.8 Логическая защита шин

Для реализации логической защиты шин в устройстве предусмотрено три токовых пусковых органа, объединенных по схеме «ИЛИ». Пусковые органы позволяют контролировать токи в отходящих фидерах и действуют на выходное реле «Пуск МТЗ». Цепи выходных реле объединяются по схеме «ИЛИ» и блокируют действие ЛЗШ рабочего и резервного питания.

Отключение вводного выключателя происходит по истечении регулируемой выдержки времени «Т_{ср} ЛЗШ» в случае наличия сигнала «Пуск МТЗ», отсутствии блокировки от устройств отходящих присоединений (отсутствие сигнала «Пуск ЛЗШ») и наличии разрешающего сигнала «Разр ЛЗШ». В зависимости от проектной схемы подключения устройства сигнал «Разр ЛЗШ» может использоваться как разрешающий сигнал от ключа управления или как сигнал, контролирующий наличие напряжения на шинках ЛЗШ.

Ввод/вывод пускового органа ЛЗШ производится программным переключателем В10.

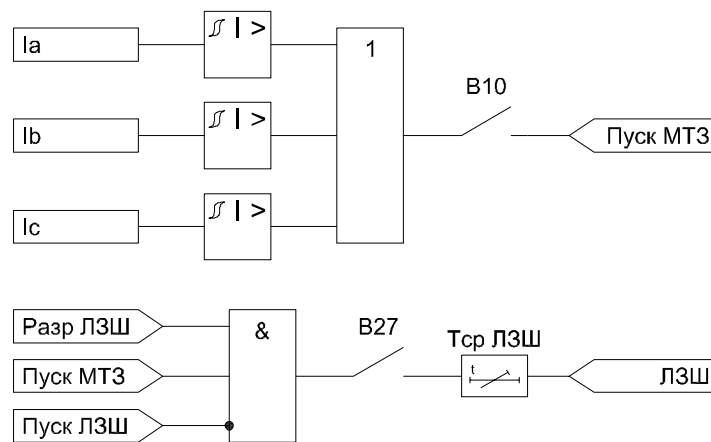


Рисунок 5.1.11 – Функциональная схема пускового органа ЛЗШ

Таблица 5.1.9 – Технические характеристики ЛЗШ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току во вторичных величинах, А	0 – 200
Дискретность задания уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени срабатывания, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	0,95

5.2 Описание функций автоматики

5.2.1 Автоматическое повторное включение

Устройство позволяет автоматически включать выключатель присоединения после его отключения какой-либо из защит.

Необходимым условием работы АПВ является наличие двух сигналов: программного разрешающего сигнала «Разр АПВ» и сигнала готовности автоматики «Готов авт», появляющегося через время $t_{\text{ГОТ АВТ}}$ после включения выключателя.

Пуск АПВ формируется по факту срабатывания защит, выбираемых программными переключателями (триггер переходит в сработавшее состояние). Включение выключателя по АПВ произойдет при отсутствии сигнала «РПВ» и отсутствии сигнала «Блок АПВ» по истечении регулируемой выдержки времени « $T_{АПВ}$ ».

Сброс триггера в цепи включения по АПВ происходит при появлении сигналов «ВКЛ по АПВ», «Квитирование» или «Неиспр».

Сигнал «Неусп АПВ», при включенном программном переключателе В48, действует с выдержкой времени «Т_{СБР АПВ}» на сброс триггера. Триггер и элемент выдержки времени «Т_{СБР АПВ}» являются энергонезависимыми и продолжают функционировать при отсутствии оперативного питания.

Таблица 5.2.1 – Технические характеристики АПВ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

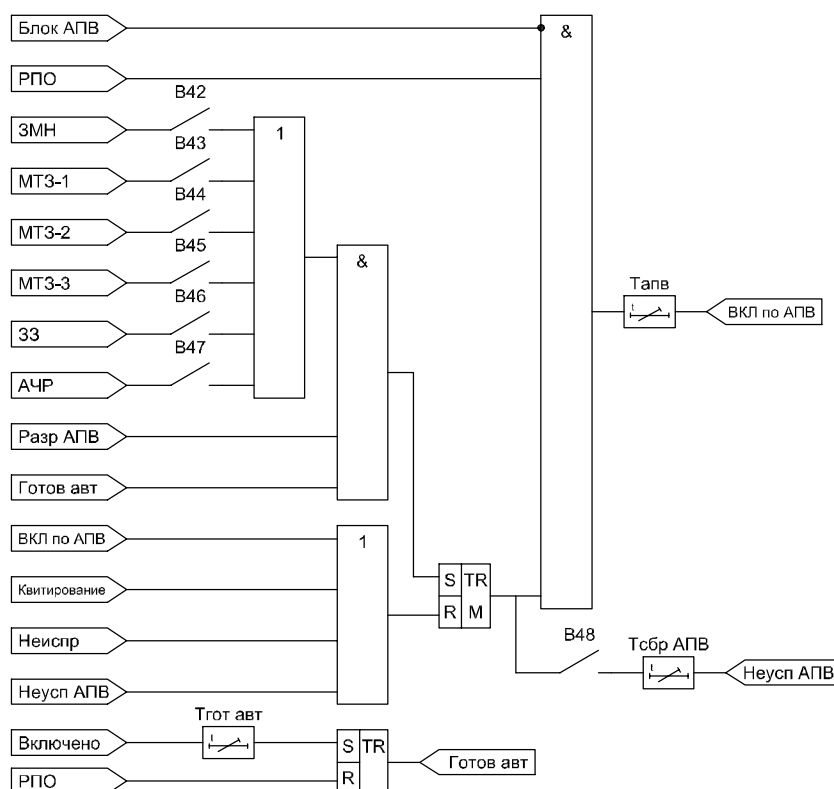


Рисунок 5.2.1 – Функциональная схема АПВ

5.2.2 Устройство резервирования при отказе выключателя

УРОВ формирует сигнал на отключение выключателя основного и резервного питания по факту отказа выключателя присоединения при срабатывании защит. В алгоритме пуска УРОВ некоторые защиты (МТЗ-1, МТЗ-2, УМТЗ) закреплены «жестко», необходимость ввода других сигналов и защит определяется релейным персоналом.

Об отказе выключателя будут свидетельствовать отсутствие сигнала «РПО» при срабатывании защит и наличие тока через выключатель присоединения, превысившего выбранную уставку – сигнал «Пуск по I» предусматривается переключателем В51. Ввод/вывод УРОВ определяется программным переключателем В52.

Таблица 5.2.2 – Технические характеристики УРОВ

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок пускового органа во вторичных величинах, А	0 – 200
Дискретность задания уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа тока	0,95

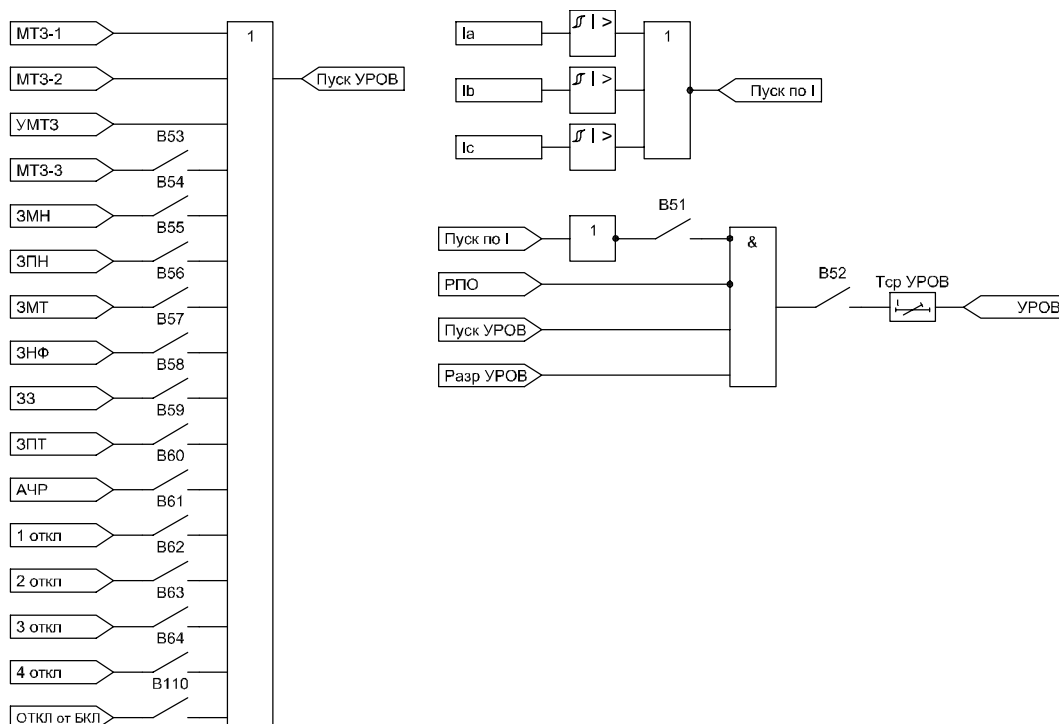


Рисунок 5.2.2 – Функциональная схема УРОВ

5.2.3 Отключение от внешних защит

Ввод/вывод функций отключения от внешних защит производится программными переключателями. Сигналы конфигурируются на любой из физических дискретных входов и могут действовать как на отключение, так и на сигнал.

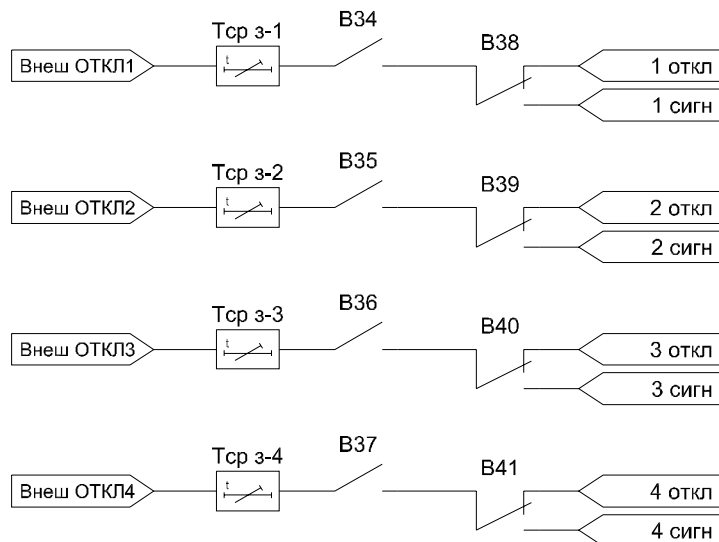


Рисунок 5.2.3 – Функциональная схема отключений от внешних защит

Таблица 5.2.3 – Технические характеристики внешних защит

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

5.2.4 Автоматическая частотная разгрузка

В устройстве предусмотрено две очереди АЧР. Первая очередь (АЧР1) предназначена для предотвращения снижения частоты, например в переходном процессе, ниже заданной уставки с минимальной выдержкой времени «Т_{ср АЧР1}». Вторая очередь АЧР предназначена для восстановления частоты сети до безопасного уровня. Вторая ступень АЧР действует на отключение с выдержкой времени «Т_{ср АЧР2}» и единой уставкой для всех очередей по частоте.

Обе категории АЧР блокируются при неисправности в цепях напряжения, отключенном выключателе присоединения и отсутствии сигналов «Разрешение АЧР1» и «Разрешение АЧР2».

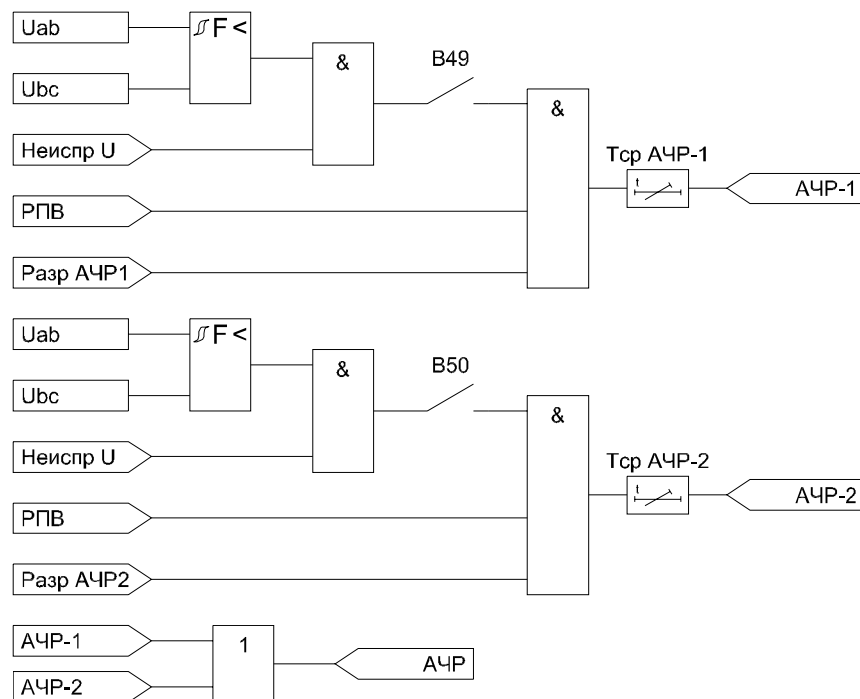


Рисунок 5.2.4 – Функциональная схема АЧР

Таблица 5.2.4 – Технические характеристики АЧР

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по частоте, Гц	45 – 50
Дискретность задания уставок по частоте, Гц	0,01
Частота возврата АЧР, Гц	+0,05 от $f_{\text{срАБ}}$
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

5.2.5 Частотное АПВ

Схема ЧАПВ включена в схему простого АПВ. Автоматика работает следующим образом. При срабатывании АЧР устанавливается триггер в цепи АПВ. Включение выключателя по ЧАПВ произойдет через установленное время срабатывания «Т_{АПВ}», когда исчезнет сигнал «Блокировка АПВ», вызванная заниженной частотой сети. За контроль напряжения сети отвечает алгоритм контроля напряжения на секции (сигнал «У_{сш}»), который участвует в формировании блокировки ЧАПВ. Таким образом, пока частота сети не восстановится до заданного уставкой уровня, сигнал «У_{сш}» будет блокировать ЧАПВ.

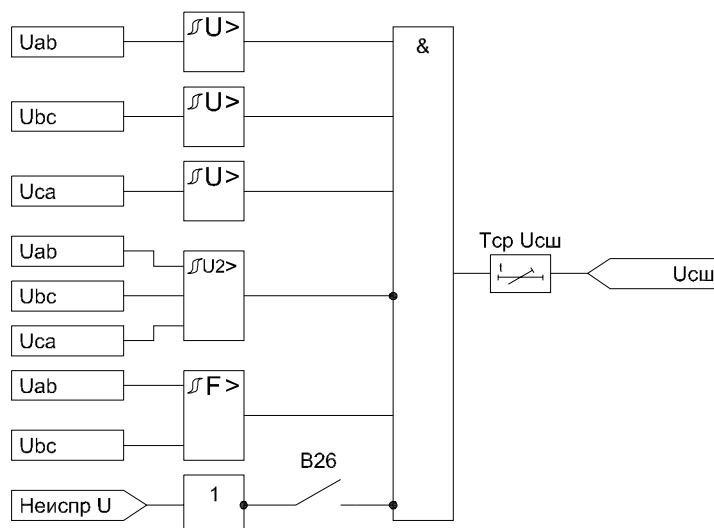


Рисунок 5.2.5 – Функциональная схема формирования «У_{сш}»

Сигнал контроля напряжения «У_{сш}» будет сформирован, если на всех входах элемента «И» будут присутствовать логические «1». В формировании сигнала участвуют:

- орган контроля линейного напряжения U_{AB} , U_{BC} и U_{CA} , который блокирует формирование «У_{сш}» при пониженном напряжении;
- орган контроля напряжения обратной последовательности (диапазон регулирования по уровню срабатывания от 0 до 100% от номинального напряжения), который блокирует формирование «У_{сш}» при превышении напряжения обратной последовательности заданной уставки;
- орган контроля частоты сети, формирующий логический «0» на своем выходе в случае снижения частоты ниже заданного уровня (диапазон регулирования от 0 до 50Гц).

ВНИМАНИЕ!!! В устройстве предусмотрен параметрический вывод пусковых органов из алгоритма формирования сигнала «У_{сш}». Пусковой орган контроля линейного напряжения выводится при уставке 0В, пусковой орган контроля напряжения обратной последовательности – при уставке 100%, пусковой орган контроля частоты – при уставке 45Гц.

В алгоритме также предусмотрена блокировка при неисправностях в цепях напряжения (сигнал «Неиспр U»), ввод/вывод которой производится переключателем В26.

Таблица 5.2.5 – Технические характеристики ЧАПВ

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по частоте, Гц	45 – 50
Дискретность задания уставок по частоте, Гц	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

5.2.6 Автоматическое включение резерва

Для работы алгоритма АВР необходимо срабатывания триггера, вход «S» которого связан с элементом «И», имеющим три входа. На первый вход этого элемента поступают сигналы пуска АВР, на второй – «Готов АВТ», на третий – «Разрешение АВР» от ключа управления.

Пускать АВР могут следующие сигналы:

- «МТЗ-2» – предусматривает работу АВР без выдержки времени при отключении вводного выключателя второй ступенью МТЗ;
- «Самопроизвольное ОТКЛ» – предусматривает работу АВР при самопроизвольном отключении вводного выключателя;
- «РО» – предусматривает работу АВР при ручном отключении вводного выключателя;
- «Пуск АВР» – является выходным сигналом пускового органа напряжения АВР, который формируется при снижении линейных напряжений ниже заданной уставки и блокируется при неисправностях в цепях напряжения, срабатывании пускового органа ЛЗШ и отсутствии напряжения на соседней секции шин;
- «4 откл» – предусматривает работу АВР при отключении вводного выключателя внешней защитой, например дифференциальной защитой трансформатора.

С выхода сработавшего триггера подается команда на отключение вводного выключателя (сигнал «ОТКЛ по АВР») и логическая единица на четвертый вход элемента «И» в цепи сигнала на включение секционного выключателя «ВКЛ СВ по АВР». После отключения вводного выключателя устройство подает на третий вход элемента «И» сигнал «Отключено». Команда на включение секционного выключателя формируется при отсутствии сигнала «Усш» и наличии сигнала «Увстр».

Кроме того, параллельно сигналу «ОТКЛ по АВР» формируется сигнал «Неуспешное АВР», если сигнал на включения секционного выключателя не сформировался ранее, чем « $T_{\text{СБР АПВ}}$ », диапазон регулирования которого от 0 до 300 секунд.

В случае успешного или неуспешного АВР триггер сбрасывается сигналами «ВКЛ СВ по АВР» или «Неуспешное АВР» соответственно.

Блокировка алгоритма АВР осуществляется сигналами «Неиспр 1» и внешним сигналом блокировки «Блокировка АВР».

ВНИМАНИЕ!!! Для работы алгоритма при самопроизвольном отключении «Самопроизвольное ОТКЛ» необходимо переключить этот сигнал в цепи формирования «Неиспр» на вторую группу (то есть на «Неиспр 2») соответствующим программным переключателем.

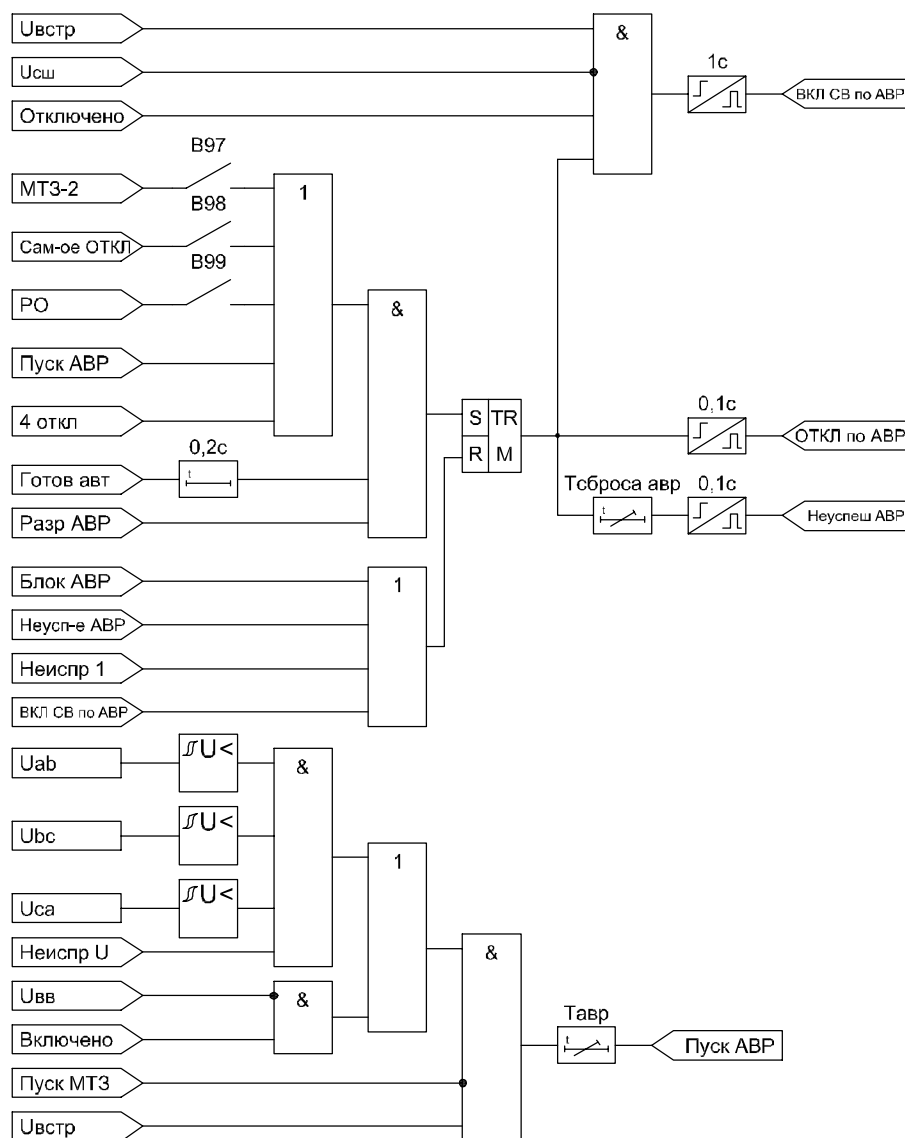


Рисунок 5.2.6 – Функциональная схема АВР

Разрешающий АВР сигнал «Увстр» является входным разрешающим сигналом АВР от блока ВВ, установленного на вводном присоединении соседней секции шин, который формируется в соответствии с функциональной схемой на рисунке 5.2.7.

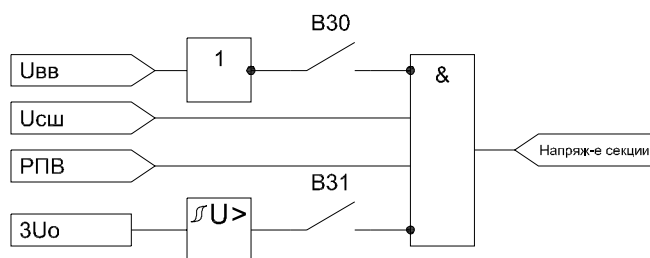


Рисунок 5.2.7 – Функциональная схема формирования сигнала «Увстр» для соседней секции шин

Разрешение АВР для соседней секции шин будет в случае наличия сигнала «Усш» и наличия сигнала «РПВ». В алгоритме разрешения АВР предусмотрен контроль напряжения $3U_0$ и напряжения за вводным выключателем через дискретный вход (сигнал «Увв»). Ввод/вывод данной функции производится программными переключателями В31 и В30 соответственно. Сигнал «Напряжение секции» (разрешение АВР для соседней секции шин) конфигурируется на выходное реле, цепь которого заводится на вход блока МПЗ-ВВ соседней секции шин, для которой этот сигнал является «Увстр».

После включения секционного выключателя по АВР (переключатель В32 включен на рисунке 5.2.8) установится в состояние логической единицы триггер, выход которого связан с первым входом элемента «И» в цепи «ОТКЛ СВ по АВР». На второй вход этого элемента поступает разрешающий сигнал «Пуск возврата», который формируется при наличии трех сигналов:

- «Усш» – сигнал, который подтверждает наличие напряжения на секции после АВР;
- «Отключено» – сигнал, который фиксирует отключенное положение выключателя ввода;
- «Увв» – сигнал, который указывает на наличие напряжения на питающем кабеле за отключенным выключателем ввода.

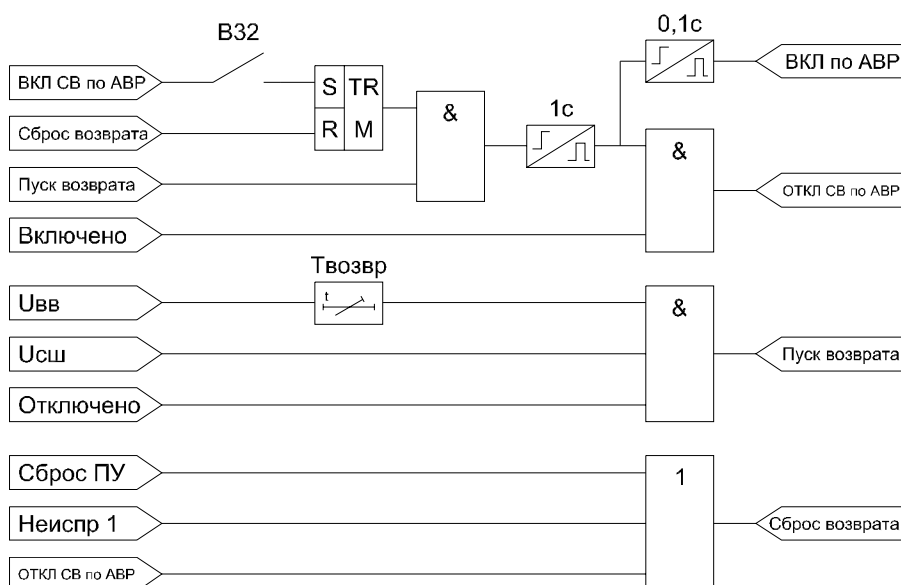


Рисунок 5.2.8 – Функциональная схема возврата схемы после АВР

При появлении напряжения на питающем кабеле отключенной секции сформируется сигнал «Пуск возврата» с регулируемой выдержкой времени «Т_{ВОЗВР}» и произойдет включение выключателя ввода, а затем – отключение секционного выключателя.

Таким образом, автоматический возврат схемы после АВР возможен только при наличии контроля напряжения на вводном кабеле (сигнал «Увв») отключенной секции.

Сброс триггера осуществляется сигналом «Сброс возврата», формирующимся по схеме «ИЛИ» сигналами «Сброс ПУ», «ОТКЛ СВ по АВР» и «Неиспр 1».

Ввод/вывод функции автоматического возврата схемы после АВР производится программным переключателем В32.

Таблица 5.2.6 – Технические характеристики АВР

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

5.3 Функции управления выключателем

1) Блокировка включения выключателя.

Сигнал «Блокировка» используется в алгоритмах формирования команды на включение выключателя «ВКЛ ВВ». Сигнал «Блокировка» формируется при появлении внешней блокировки (сигнал «Блок ВКЛ»), формировании сигнала «Блок от защит», повышенном тепловом импульсе электродвигателя (сигнал «Запрет пуска»), наличии сигнала неисправности блока управления «Неиспр БУ» или при недостаточном заряде конденсаторной батареи «Блок от КБ».

2) Определение положения выключателя.

Положение выключателя отображается сигналами «Включено» и «Отключено», которые формируются по дискретным сигналам «РПО» и «РПВ». Включенному положению ВВ соответствует комбинация: «РПО» – логический «0», «РПВ» – логическая «1». Отключенному положению: «РПО» – логическая «1», «РПВ» – логический «0».

3) Ручное управление выключателем.

Ручным включением (сигнал «РВ») или отключением (сигнал «РО») считается включение или отключение выключателя от ключа управления (сигналы «ВКЛ» или «ОТКЛ») или от сигналов телеуправления системы телемеханики (сигналы «ТУ» – дискретный сигнал от ключа управления, разрешающий дистанционное управление выключателем и «ВКЛ ТУ» или «ОТКЛ ТУ» – сигнал на включение или отключение выключателя соответственно).

4) Квитирование.

Квитирование может производиться вручную кнопкой «Сброс» на ПУ (сигнал «Сброс ПУ»), командой квитирования системы АСУ ТП (сигнал «Сброс ТУ») или по входу «ОТКЛ» при отключенном выключателе.

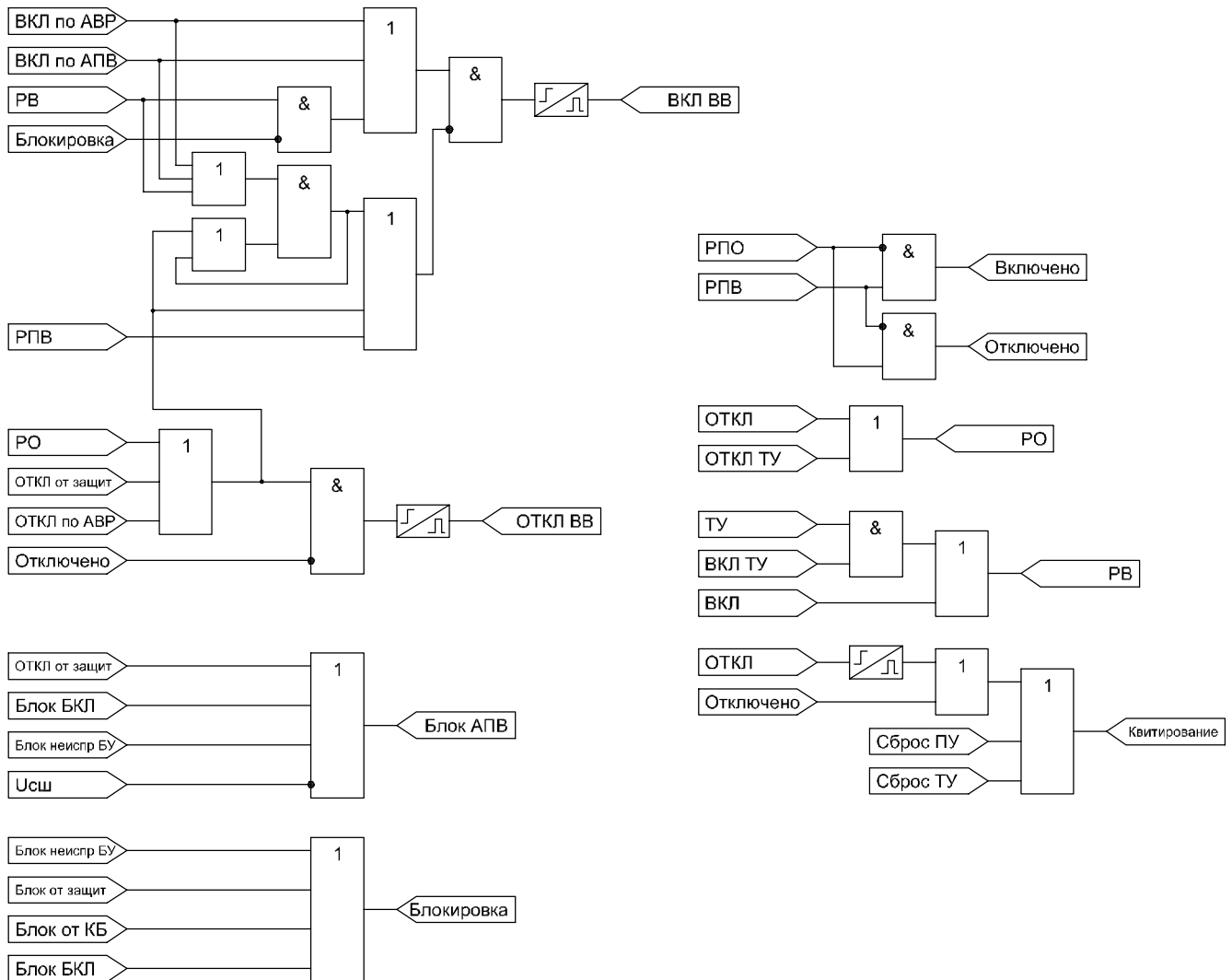


Рисунок 5.3 – Функциональная схема логики управления выключателем

5) Отключение выключателя.

Сигнал «ОТКЛ ВВ» формируется при срабатывании триггера в случае ручного отключения выключателя от ключа управления (сигнал «РО») или от защит (сигнал «ОТКЛ от защит»). Как только силовые контакты выключателя разомкнутся (появляется сигнал «Отключено»), дальнейшие команды на отключение блокируются.

6) Включение выключателя.

Включение выключателя происходит либо в цикле АПВ («ВКЛ по АПВ»), либо вручную («РВ»). Предусмотрена блокировка ручного включения.

Сигнал «ВКЛ ВВ» конфигурируется на одно из выходных реле устройства. Конфигурация может производиться через ПУ в разделе меню «Уставки сервисные» или через терминал во вкладке «Настройка входов/выходов».

Для предотвращения многократных включений выключателя на устойчивое короткое замыкание предусмотрен логический элемент «И» в цепи на включение, на который поступают сигналы «РВ», «РО» и «ОТКЛ от защит». При ручном включении в условиях отсутствия блокировки сигнал «РВ» поступает на первый вход элемента «И» и появляется сигнал «ВКЛ ВВ». Если

включение произошло на КЗ, сигнал «ОТКЛ ВВ» будет сформирован при отключении выключателя от защит («ОТКЛ от защит») и подан на второй вход элемента «И», тем самым снимая сигнал в цепи включения выключателя. Сформированный сигнал по обратной связи становится на самоподхват и будет существовать до тех пор, пока не исчезнет сигнал «РВ». Таким образом обеспечивается однократность включения выключателя на установившееся КЗ при одновременном наличии сигналов «РВ» и «ОТКЛ ВВ». Аналогичным образом будет осуществляться блокировка многократного включения выключателя на устойчивое КЗ при «залипании» внутреннего сигнала «ВКЛ по АПВ».

5.4 Функции диагностики выключателя

1) Несоответствие цепей управления.

Несоответствие цепей управления устройство фиксирует в случае совпадения сигналов «РПО» и «РПВ» по истечении выдержки времени «Т_{нцу}».

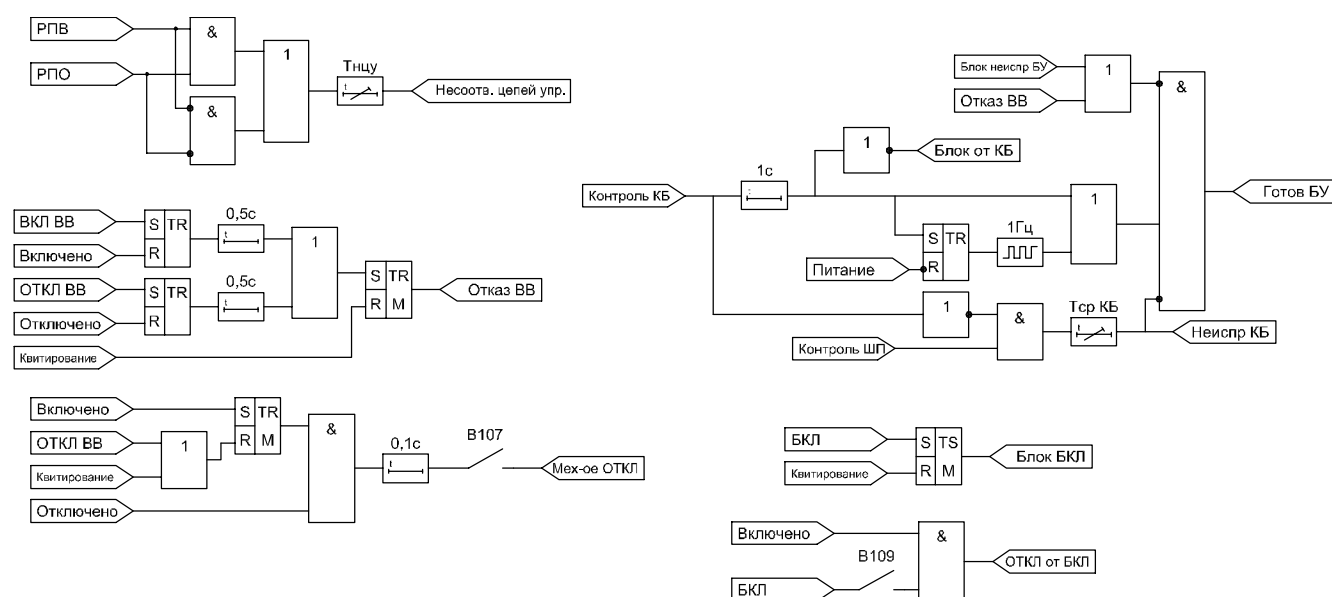


Рисунок 5.4 – Функциональная схема логики диагностики выключателя

1) Несоответствие цепей управления.

Несоответствие цепей управления устройство фиксирует в случае совпадения сигналов «РПО» и «РПВ» по истечении выдержки времени «Т_{нцу}».

2) Отказ выключателя.

В случае отсутствия сигнала «РПВ» после выдачи команды на включение (сигнал «ВКЛ ВВ») или сигнала «РПО» после выдачи команды на отключение (сигнал «ОТКЛ ВВ») более 0,5 секунды устройство сформирует сигнал «Отказ ВВ», который свидетельствует об отказе выполнения выключателем соответствующей команды. Появление данного сигнала приводит к снятию сигнала «Готов БУ» и блокировке включения ВВ.

Сигнал «Отказ ВВ» можно снять кнопкой «Сброс» на ПУ.

3) Механическое отключение выключателя.

Механическим отключением ВВ (сигнал «Мех-ое ОТКЛ») считается отключение выключателя «в обход» устройству. Сработанный триггер в логической цепочке «Мех-ое ОТКЛ» свидетельствует о включенном положении ВВ. Выход триггера связан с первым входом элемента «И» и подает на него сигнал «1». Если на втором входе элемента «И» появится логическая «1» (сигнал «Отключено») и при этом триггер не сбросится, то с выдержкой 0,1с устройство сформирует сигнал «Механическое ОТКЛ».

4) Внешняя блокировка ВВ (сигнал «БКЛ»).

При наличии сигнала внешней блокировки (сигнал «БКЛ») устройство блокирует команды на включение выключателя. При включенном ключе В109 появление сигнала «БКЛ» будет приводить к отключению и последующей блокировке ВВ.

5) «Контроль КБ» и сигнал «Готов БУ».

Сигнал «Контроль КБ» является контрольным сигналом от батареи конденсаторов: «0» - батарея разряжена, «1» - батарея заряжена и готова к работе. При включении устройства сигнал «Готов БУ» появляется с приходом данного сигнала. При выполнении коммутации происходит разряд КБ при этом «Готов БУ» не пропадает, а мигает с частотой 1с. Во время заряда КБ блокируется команда включения. Команда отключения не блокируется даже при сниженном заряде батареи.

Если через выдержку времени «Тср КБ» сигнал «Контроль КБ» не появился (батарея не зарядилась), то выдается сигнал «Неиспр КБ».

5.5 Функции сигнализации

Формирование управляющих сигналов «ОТКЛ от защит», «Блок от защит», «Авария», «Неиспр» и «Вызов» можно проследить по функциональным схемам, представленным на рисунках 5.5.1 – 5.5.2.

Одна группа сигналов срабатывания защит действуют через размыкающие контакты программных переключателей. Кроме действия на отключение эти сигналы устанавливают логическую «1» на выходе триггера, формируя сигнал «Авария 1». По сигналу «Авария 1» производится блокирование включения выключателя сигналом «Блок от защит». Сброс триггера производится командой «Квитирование».

Во вторую группу входят сигналы от тех же защит, коммутируемых теми же программными переключателями с замыкающими контактами. Этими сигналами формируется сигнал «ОТКЛ от защит 2» и устанавливается триггер «Авария 2», сброс которого также производится командой «Квитирование». Сигналом «ОТКЛ от защит 2» производится блокирование включения выключателя, если после отключения выключателя защитой этот сигнал не снялся.

Аналогичным образом формируются сигналы неисправности (сигналы «Неиспр 1» и «Неиспр 2»). Сигналы первой группы устанавливают в сработанное положение триггер «Неиспр 1», сброс которого производится командой «Квитирование».

Во вторую группу объединены те же сигналы, коммутируемые теми же программными переключателями с замыкающими контактами, которыми управляется триггер с выходным сигналом «Неиспр 2».

Сигнал «Неиспр 1» и сигнал с выхода элемента «ИЛИ» второй группы формируют сигнал «Неиспр 3», которым блокируется включение выключателя. Таким образом, если при срабатывании какой-либо из перечисленных защит и устранении причины, вызвавшей срабатывание защиты, не требуется квитирования, то эта защита соответствующим программным переключателем включается во вторую группу.

ВНИМАНИЕ!!! Ручное включение выключателя (РВ) блокируется при наличии сигналов «Авария 1» и «Неиспр 1» до момента квитирования. Сигналы «Авария 2» и «Неиспр 2» не вызывают блокирования ручного включения выключателя (РВ).

На рисунке 5.5.2 представлена функциональная схема формирования сигналов управления выходными и сигнальными реле.

Сигналы «ОТКЛ от защит 1» и «ОТКЛ от защит 2» по схеме «ИЛИ» формируют сигнал «ОТКЛ от защит», поступающий в схему управления выключателем.

Сигналами «ОТКЛ от защит 2», «Неиспр 3» и «Авария 1» по схеме «ИЛИ» формируется блокирующий сигнал «Блок от защит». Сигналы «Неиспр 1» и «Неиспр 2» объединяются в сигнал «Неиспр», «Авария 1» и «Авария 2» - в сигнал «Авария» и формируют сигнал «Вызов».

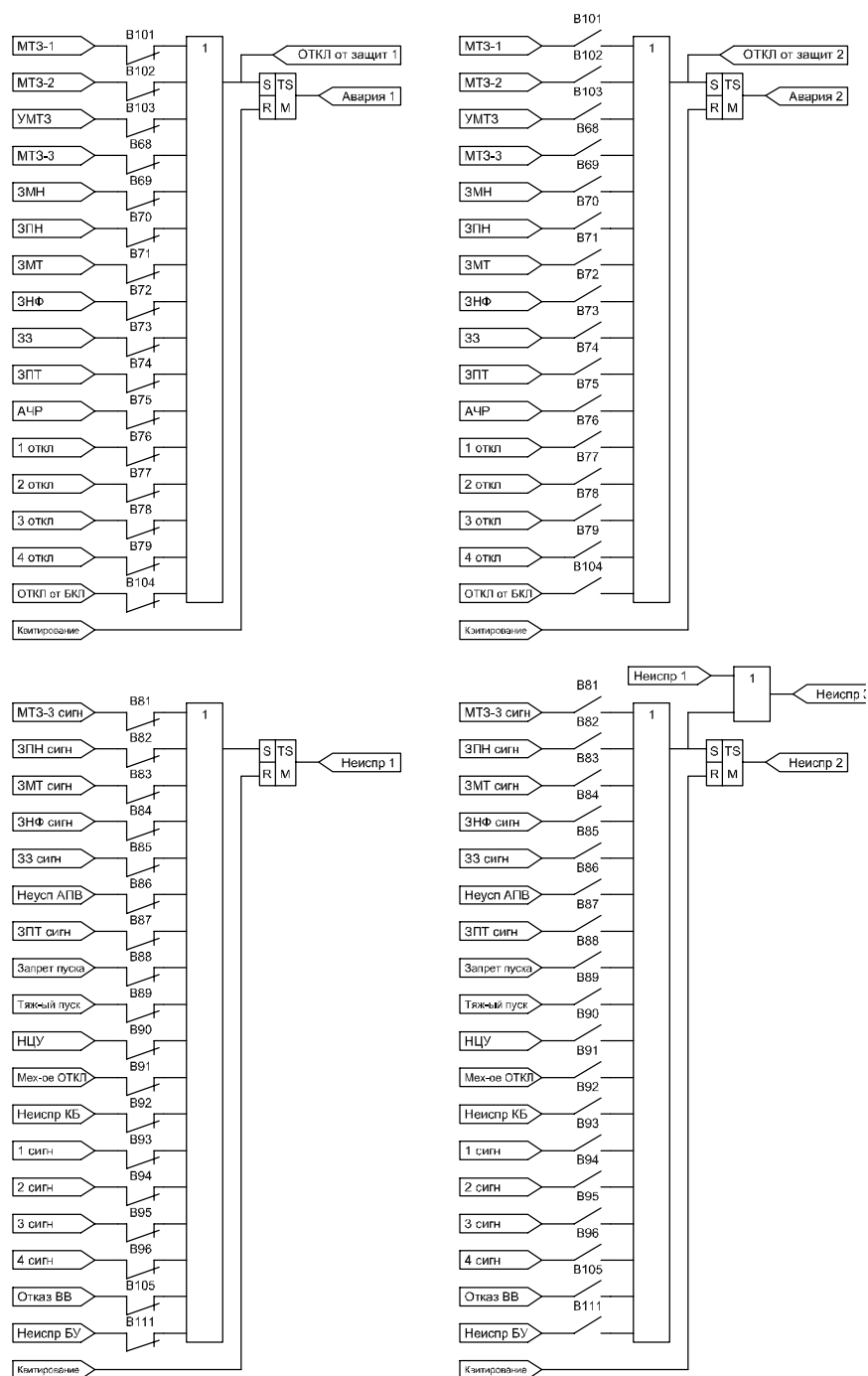


Рисунок 5.5.1 – Функциональная схема формирования сигналов «Авария 1», «Авария 2», «Неиспр 1» и «Неиспр 2»

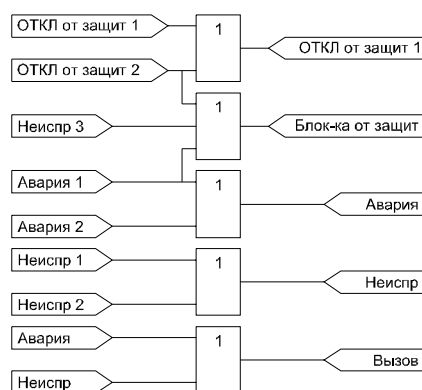


Рисунок 5.5.2 – Функциональная схема формирования сигналов управления выходными и сигнальными реле

5.6 Логика свободно программируемых реле

Устройство позволяет гибко настраивать выходные реле как через ПУ, так и терминал.

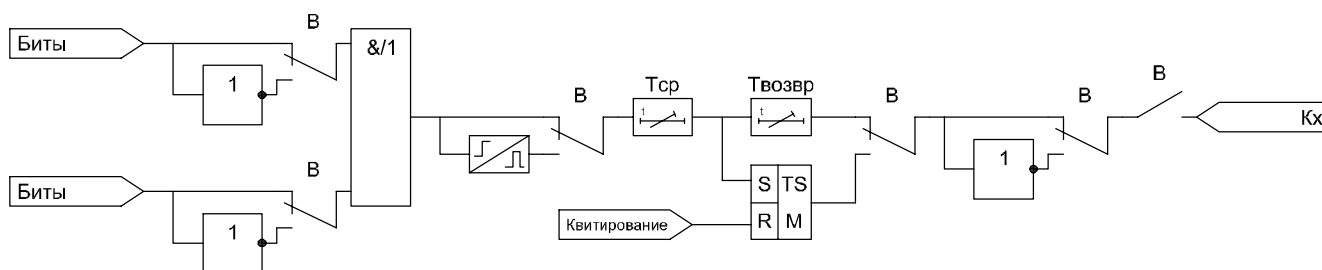


Рисунок 5.6 – Функциональная схема логики свободно программируемого реле

Алгоритмом предусмотрено:

- выбор любого бита с инверсией или без инверсии;
- выбор объединяющего элемента – «И»/«ИЛИ»;
- задание времени срабатывания «Т_{СР}»;
- выбор возврата реле – через квитирование или через регулируемое время возврата «Т_{ВОЗВ}»;
- возможность задания инверсии выхода.

Биты, которые можно запрограммировать на выходное реле, представлены в ПРИЛОЖЕНИИ В.

5.7 Функции диагностики электродвигателей

1) Определение пускового тока и времени пуска электродвигателя.

Моментом начала пуска электродвигателя считается момент превышения эквивалентного тока заданной уставки МТЗ-3. Моментом окончания – момент снижения ниже заданной уставки МТЗ-3. Данный промежуток времени является временем пуска электродвигателя, а максимальный ток за это время – пусковым током электродвигателя.

2) Выявление повышенной пульсирующей нагрузки электродвигателя.

Выявлять и предотвращать режим повышенной пульсирующей нагрузки электродвигателя позволяет ЗПТ, описание которой представлено в разделе «Описание функций защит».

3) Формирование сигнала «Тяжелый пуск».

Устройство осуществляет контроль условий пуска электродвигателя. В случае возникновения такого режима работы электродвигателя, который отличается от нормального, формируется сигнал «Тяжелый пуск», который по желанию можно конфигурировать на выходное реле устройства.

Описание принципа формирования сигнала «Тяжелый пуск» представлено в разделе «Описание функций защит».

4) Запрет пуска электродвигателя.

Устройство блокирует включение выключателя отходящего присоединения, питающего электродвигатель, если его тепловое состояние на момент пуска не позволяет произвести пуск из горячего состояния без недопустимой его перегрузки – то есть вызовет неизбежное срабатывание защиты.

Описание принципа формирования сигнала «Запрет пуска» представлено в разделе «Описание функций защит».

5) Отображение времени до отключения по интегральной характеристике.

Расчет времени производится при превышении тока заданной уставки МТЗ-3 по формуле, представленной в разделе «Описание функций защит».

6) Отображение времени до снятия блокировки включения двигателя.

После отключения электродвигателя защитой от перегрузки устройство производит расчет времени до снятия блокировки на включение электродвигателя. Моментом снятия блокировки считается достижение такого теплового состояния электродвигателя, при котором текущий тепловой импульс (B_t) будет меньше $(100 - B_{t_контр})$.

5.8 Функции измерения и регистрации

1) Измеряемые и вычисляемые параметры сети.

Устройство имеет несколько аналоговых входов для измерения токов и напряжений.

Для измерения токов фаз I_A , I_C в устройстве предусмотрено по два канала измерения на каждую фазу: точный и грубый. При корректной настройке коэффициентов приведения ($K_{пр}$) точный и грубый каналы измерения обеспечивают заданную точность измерения в каждом диапазоне. В зависимости от того, в каком диапазоне находится ток нагрузки, с учетом точности измерения устройство отображает результат соответствующего канала измерения.

Для измерения тока $3I_0$ также предусмотрено два канала: точный и грубый. Диапазоны работы каналов соответствуют каналам токов фаз.

Для измерения напряжения по каждой фазе предусмотрен один канал. При этом обеспечивается заданная точность измерения напряжения на всем диапазоне.

Измерение частоты сети осуществляется через цифровые каналы измерения напряжений. Для повышения уровня надежности измерения предусмотрено два независимых канала измерения.

Все каналы измерения являются настраиваемыми. Для их настройки необходимо задать коэффициенты приведения. Настройка осуществляется пользователем с высшим уровнем доступа в разделе «Настройка блока» ПУ или во вкладке «Уставки» терминала.

ВНИМАНИЕ!!! Настройку каналов измерения выполняет компания-производитель при поставке. Изменение параметров настройки самостоятельно не рекомендуется, поскольку это может привести к неправильной работе устройства. В отдельных случаях, когда требуется подстройка каналов измерения на месте, необходимо действовать в соответствии с методикой, описанной в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

Устройство отображает следующие параметры сети и параметры нагрузки (в зависимости от сервисной уставки «Тип блока»):

- фазные токи;
- фазные и линейные напряжения;
- симметричные составляющие токов и напряжений;
- частоту сети;
- несимметрию по току/напряжению в процентах от максимального значения тока/напряжения;
- уровень пульсирующей нагрузки в процентах от номинальной/максимальной мощности;
- тепловой импульс;
- пусковой ток и время пуска для электродвигателя;
- кратность тока при пуске в процентах от номинального тока двигателя.

5.9 Счетчики

1) В устройстве предусмотрены следующие счетчики:

- общее время работы объекта;
- количество включений коммутационного аппарата;
- количество аварийных отключений коммутационного аппарата;
- количество включений и аварийных отключений за текущие сутки;
- длительность работы устройства с момента подачи питания;
- длительность работы устройства при наличии/отсутствии оперативного тока;
- общее потребление электроэнергии, в том числе, за предыдущий час и сутки.

Кроме того, устройство оснащено счетчиком срабатывания на сигнал/отключение защит и устройств автоматики.

В устройстве предусмотрена возможность обнуления каждого счетчика. Для счетчика защит предусмотрена функция фиксации даты и времени последней очистки.

Для очистки счетчиков необходимо иметь соответствующий для этого уровень доступа, который определяется паролем.

2) Учет ресурса выключателя.

МПЗ позволяет учитывать остаточный ресурс выключателя по каждой фазе. За полный ресурс принято определенное количество отключений ВВ с максимальным током КЗ. При каждом отключении выключателя защита фиксирует ток отключения, определяет величину снижения ресурса и запоминает остаточный ресурс.

5.10 Регистратор событий

Для фиксации данных, используемых при анализе аварий и неисправностей в сети, в устройстве предусмотрен регистратор событий. В зависимости от произошедшего события регистратор формирует соответствующий протокол:

- протокол защит (срабатывание защит);
- протокол событий (штатные действия);
- протокол изменения уставок;
- суточный протокол.

Скачивание протоколов производится с помощью кнопки «Скачать все» в соответствующей области терминала. На время скачивания папки протокола возможность скачивания другой блокируется.

Выбор номера протокола и просмотр всех зафиксированных параметров производится с помощью ПУ в меню «Журнал событий» или через терминал во вкладке «Протоколы защит» и вкладке «Протоколы, осциллограммы».

Устройство позволяет сохранять до 128 протоколов каждого вида. При заполнении памяти устройство производит запись нового события на место самого раннего.

1) Протоколы защит (срабатывание защит).

Протокол защит формируется в момент фиксации устройством аварийного признака. В устройстве предусмотрено шесть групп аварийных признаков (ПРИЛОЖЕНИЕ В).

В протоколе отображаются все текущие параметры сети, состояние всех регистров защиты и дискретных входов/выходов с фиксацией даты и времени на момент аварийного признака.

2) Протоколы событий (Штатные действия).

В протоколе отображаются события с фиксацией способа изменения (например, квитирование через ТУ или очистка счетчика моточасов через ПУ), пароля доступа, даты и времени (ПРИЛОЖЕНИЕ Д).

3) Протоколы изменения уставок.

Устройство формирует протокол при изменении любых настроек блока и уставок защит. При этом отображается старое и новое значение уставки, дата и время изменения, способ изменения уставки или настройки (ТУ или ПУ), пароль доступа.

4) Суточные протоколы.

Протокол формируется через каждые 24 часа с 00:00:00 до 23:59:59. При этом указывается дата и время начального и конечного момента суточного протокола, с целью фиксации статистики перебоев питания за сутки. То есть, если суточный протокол зафиксирован с 00:00:00 по 09:12:35, то остальное время устройство находилось без питания.

5) Протоколы последнего отключения.

Протоколы последнего отключения (ППО) формируются в момент отключения выключателя и хранят информацию о причине отключения. Максимальное количество протоколов ППО – 8 штук.

5.11 Функций телеуправления, телеизмерения и телесигнализации

Устройство позволяет передавать текущие параметры сети, дискретные сигналы, протоколы данных, информацию о состоянии блока и управлять коммутационным аппаратом по последовательному каналу АСУ ТП.

Возможность настраивать адрес устройства и скорость передачи в сети ModBUS реализована через ПУ в разделе «Уставки сервисные» и через терминал во вкладке «Уставки».

Диапазон регулирования уставок адреса устройства в сети ModBUS от 1 до 246 с шагом 1. Уставки по скорости в сети ModBUS [бод]: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600.

Таблица адресов данных для опроса устройств в АСУ ТП приведена в карте памяти, которая предоставляется производителем отдельно по запросу заказчика.

5.12 Осциллограф

Цифровой осциллограф используется для детального изучения изменения параметров сети в аварийном режиме.

Устройство обеспечивает запись осциллограмм всех аналоговых и дискретных сигналов во внутреннюю память. В объем одной осциллограммы входят значения всех аналоговых и дискретных сигналов.

Пуск аварийного осциллографа можно запрограммировать по событиям, представленным в ПРИЛОЖЕНИИ Е. Список событий (маска осциллограмм) меняется в зависимости от сервисной уставки по типу присоединения.

Выбор пускающего сигнала осуществляется в «маске осциллограмм» через терминал во вкладке «Протоколы, осциллограммы». В случае выбора более одного пускающего сигнала устройство будет производить запись осциллограмм при появлении любого из событий.

Длительность осциллограммы программируемая. Общее время записи состоит из длительности предаварийной и аварийной записей.

Для настройки длительности осциллограммы необходимо указать частоту дискретизации (шаг осциллографирования) и длительность аварийной записи, при этом устройство отобразит длительность предаварийной записи и количество осциллограмм, ограниченных объемом памяти. Уставки по частоте дискретизации: 126, 63, 42, 31, 25, 21, 18, 15, 14.

Скачивание осциллограмм производится через терминал по последовательному интерфейсу RS485. При скачивании предусмотрена возможность задания отрезка осциллограммы и формата вывода дискретных и аналоговых сигналов.

Предусмотрена возможность принудительного пуска осциллограммы через терминал.

Очистка флэш-памяти производится пользователем только с высшим уровнем доступа (сервисный пароль).

5.13 Функции доступа и самодиагностики, максиметр

1) Уровни доступа.

В устройстве предусмотрено три уровня доступа: УД1 - низший, УД2 - средний, УД3 - высший, в зависимости от введенного пароля определяется уровень доступа оператора.

Первый уровень доступа активизируется шестью паролями, второй – пятью паролями, третий уровень доступа активизируется только сервисным паролем. Задание и изменение паролей для активации УД1 и УД2 может быть осуществлено только на третьем уровне доступа.

Информация об измеряемых параметрах и установленных настройках является открытой, ее просмотр осуществляется без ввода паролей.

Если настройка производится через ПУ, то пароль вводится один раз в каждом разделе основного меню при изменении какого-либо параметра данного раздела.

Если настройка производится через терминал, то пароль необходимо ввести один раз, предварительно нажав клавишу «Установить доступ» в верхнем рабочем поле ПО. Устройство автоматически запрещает доступ, если простой программы без работы с ней составляет более двух минут.

Возможности оператора с первым уровнем доступа минимальны:

- задание и изменение уставок защит;
- очистка протоколов защит, событий, изменения уставок, суточных протоколов;
- установка и изменение даты и времени.

Для оператора с УД2 кроме возможностей, представленных выше, доступно:

- изменение сервисных уставок;
- изменение номинальных первичных токов присоединения для первой и второй групп уставок $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$, максимального значения тока нулевой последовательности $3I_{0max}$ коэффициентов трансформации трансформаторов тока, трансформаторов тока нулевой последовательности, коэффициентов приведения;
- настройка дискретных входов и выходных реле;
- изменение параметров в алгоритме логики диагностики выключателя;
- настройка сигналов «Авария 1», «Авария 2», «Неиспр 1», «Неиспр 2».

На данном третьем уровне (УД3) доступа возможно изменение абсолютно всех параметров и настроек устройства, которые определяются пользователем.

2) Максиметр.

Максиметр фиксирует наибольшие значения всех измеряемых величин и дату, когда это значение было получено. Можно очистить как определенное показание, так и все показания сразу.

3) Функция самодиагностики.

В процессе работы устройство постоянно выполняет внутреннюю самодиагностику с целью преждевременного выявления ошибок в аппаратной или программной части. В случае выявления внутренней ошибки или неисправности на ПУ включается светодиод «Неиспр». В зависимости от внутренней неисправности могут блокироваться алгоритмы устройства и выходные реле.

Внутренняя ошибка отображается в статусе блока, просмотр которого осуществляется в разделе «Текущие параметры – Статус» ПУ или во вкладке «Текущие параметры» терминала.

Кроме внутренних ошибок в статусе МПЗ отображаются информационные биты данных (т.е. несущие только информационную нагрузку), не вызывающие срабатывание светодиода «Неиспр» на ПУ.

Таблица 5.13.1 – Статусные биты неисправности АЦП

№ пп	Неисправный канал	Расшифровка
1	Неиспр. « I_A точный»	Неисправность точного канала измерения I_A
2	Неиспр. « I_C точный»	Неисправность точного канала измерения I_C
3	Неиспр. « $3I_0$ точный»	Неисправность точного канала измерения $3I_0$
4	Неиспр. « I_A грубый»	Неисправность грубого канала измерения I_A
5	Неиспр. « I_C грубый»	Неисправность грубого канала измерения I_C
6	Неиспр. « $3I_0$ грубый»	Неисправность грубого канала измерения $3I_0$
7	Неиспр. « U_{AB} »	Неисправность канала измерения напряжения U_{AB}
8	Неиспр. « U_{BC} »	Неисправность канала измерения напряжения U_{BC}
9	Неиспр. « $3U_0$ »	Неисправность канала измерения напряжения $3U_0$

Таблица 5.13.2 – Статусные биты блока МПЗ

№	Наименование	Расшифровка	Последствия	Порядок действий при появлении
1	Неисправность Flash	Неисправность памяти	Невозможна запись и скачивание осциллограмм	Замена или ремонт устройства
2	Неисправность RTC	Неисправность часов реального времени	Прекращена работа часов. Невозможно скачивание протоколов	Замена или ремонт устройства
3	Ошибка CRC1 FLASH CRC2 FLASH	Потеря данных инициализации для доступа к осциллограммам памяти	Невозможна запись и скачивание осциллограмм	Очистить память через терминал во вкладке «Протоколы, осциллограммы»
4	Ошибка CRC3 UZO	Ошибка контрольной суммы основного блока уставок	Блокировка работы всех алгоритмов. Возврат всех реле	Перезадать сервисные уставки и уставки защит
5	Ошибка CRC4 UZD	Ошибка контрольной суммы дополнительного блока уставок	Блокировка работы дискретных входов. Возврат всех реле	Перенастроить каналы измерения, дискретные входы и выходы
6	Ошибка CRC5 счетчиков	Ошибка контрольной суммы счетчиков срабатывания защит	Не влияет на работу устройства	Очистить счетчики защит во вкладке «Протоколы защит»
7	Ошибка даты / времени	Ошибка формата даты и времени	Неверная дата/время. Фиксация всех событий с ошибочной датой и временем	Задать дату и время
8	Очистка старой осциллограммы	Фиксация процесса очистки старой осциллограммы	Не влияет на работу устройства	
9	Неисправность АЦП	Неисправность каналов измерения устройства	Блокировка алгоритмов, опирающихся на данные поврежденного канала измерения	Сообщить производителю для замены или ремонта устройства
10	Ошибка CRC заводских настроек	Сбой заводских настроек каналов измерения	Каналы измерения могут работать неверно	Замена или ремонт устройства
11	Ошибка CRC уставок реле	Сбой заводских настроек выходных реле устройства	Выходные реле могут работать неверно	Замена или ремонт устройства
12	Осциллографирование	Фиксация процесса записи осциллограммы	Не влияет на работу устройства	
13	Очистка / тест FLASH	Фиксация процесса работы с памятью	Не влияет на работу устройства	

5.14 Функции пункта секционирования

Алгоритмы защит и автоматики пункта секционирования позволяют реализовать:

- защиту линий электропередач с одно- и двусторонним питанием;
- защиту потребителей на отпайках с предохранителями;
- автоматическое выделение поврежденного участка линии электропередач с сохранением питания остальных потребителей;
- секционирование линий с двумя источниками питания.

5.14.1 Функции защиты

1) Максимальная токовая защита.

В устройстве предусмотрено четыре ступени МТЗ для защиты от междофазных коротких замыканий. Каждая ступень может быть выполнена со следующими настройками:

- С контролем направления мощности. Принцип направленности реализован по «девятоступенчатой схеме». Устройство определяет углы между током и напряжением прямой последовательности. Для задания зоны срабатывания необходимо указать угол максимальной чувствительности $\phi_{мч}$, тогда область срабатывания будет определяться диапазоном $-90^0 \leq \phi_{мч} \leq +90^0$, что составляет 180^0 . Определение направления мощности блокируется при снижении измеряемых сигналов ниже 20% от номинала.
- С пуском по напряжению. Защита срабатывает при снижении напряжения прямой последовательности ниже уставки срабатывания, позволяя тем самым отстраиваться от пусковых токов.
- С действием на сигнал или на отключение.
- С ускорением после включения (УМТЗ). Для каждой ступени МТЗ возможен ввод ускорения после включения выключателя. Время действия ускорения постоянно и равно 200мс.
- С независимой или зависимой характеристикой срабатывания. Для пользователя доступны несколько времятоковых характеристик срабатывания, которые дополнительно можно изменить с помощью коэффициентов. Более подробно ВТХ описаны в ПРИЛОЖЕНИИ Ж.

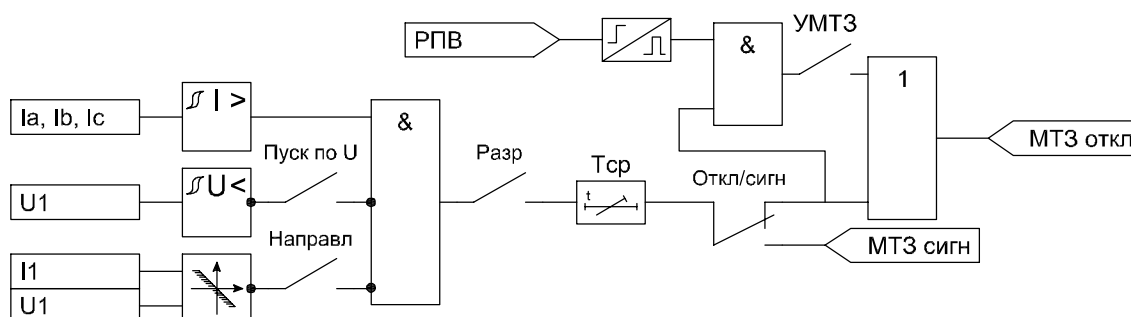


Рисунок 5.14.1 – Функциональная схема ступени МТЗ

Таблица 5.14.1 – Технические характеристики МТЗ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току в первичных величинах, А	0 – 200
Дискретность уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по напряжению в первичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Диапазон задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0 – 359,9
Дискретность задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0,01
Коэффициент возврата пусковых органов	0,95 (1,05*)

Примечания: (*) – для ПОН.

2) Защита от замыканий на землю.

33 выполнена с независимой от тока выдержкой времени двумя ступенями. 33 каждой ступени может быть настроена как:

- токовая ненаправленная защита;
- токовая защита с пуском по напряжению $3U_0$;
- токовая направленная.

Для задания зоны срабатывания необходимо указать угол максимальной чувствительности $\phi_{мч}$, тогда область срабатывания будет определяться диапазоном $-90^0 \leq \phi_{мч} \leq +90^0$, что составляет 180^0 . Определение направления мощности блокируется при снижении измеряемых сигналов ниже 20% от номинала.

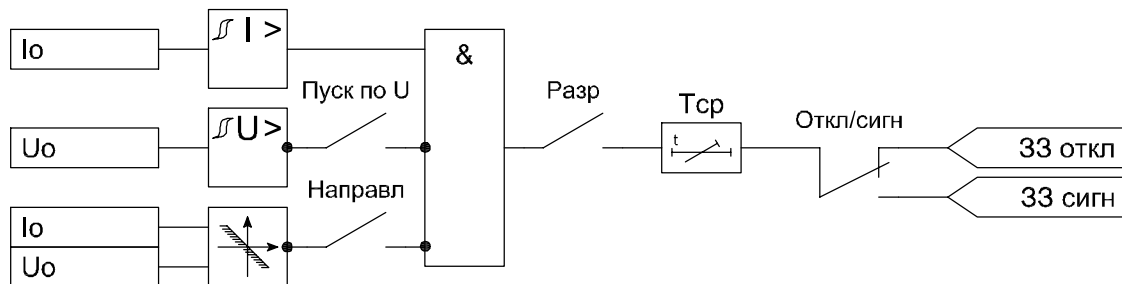


Рисунок 5.14.2 – Функциональная схема 33

Таблица 5.14.2 – Технические характеристики ЗЗ

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по току в первичных величинах, А	0 – 300
Дискретность уставок по току, А	0,01
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0 – 359,9
Дискретность задания уставок по углу $\phi_{мч}$, град	0,01
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01
Коэффициент возврата пусковых органов	0,95

3) Защита минимального напряжения.

ЗМН может быть выполнена по линейным и по фазным напряжениям. Пуск защиты осуществляется от пусковых органов минимального напряжения (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} или U_A , U_B , U_C), объединенных по схеме «И». Для работы защиты по фазным напряжениям необходимо подключить к защите цепи разомкнутого треугольника (напряжение $3U_0$).

Алгоритм защиты блокируется при неисправностях в цепях напряжения (отсутствие сигнала «Неиспр U»).

Таблица 5.14.3 – Технические характеристики ЗМН

Наименование параметра	Значение
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени срабатывания, с	0,01
Коэффициент возврата пускового органа	1,05

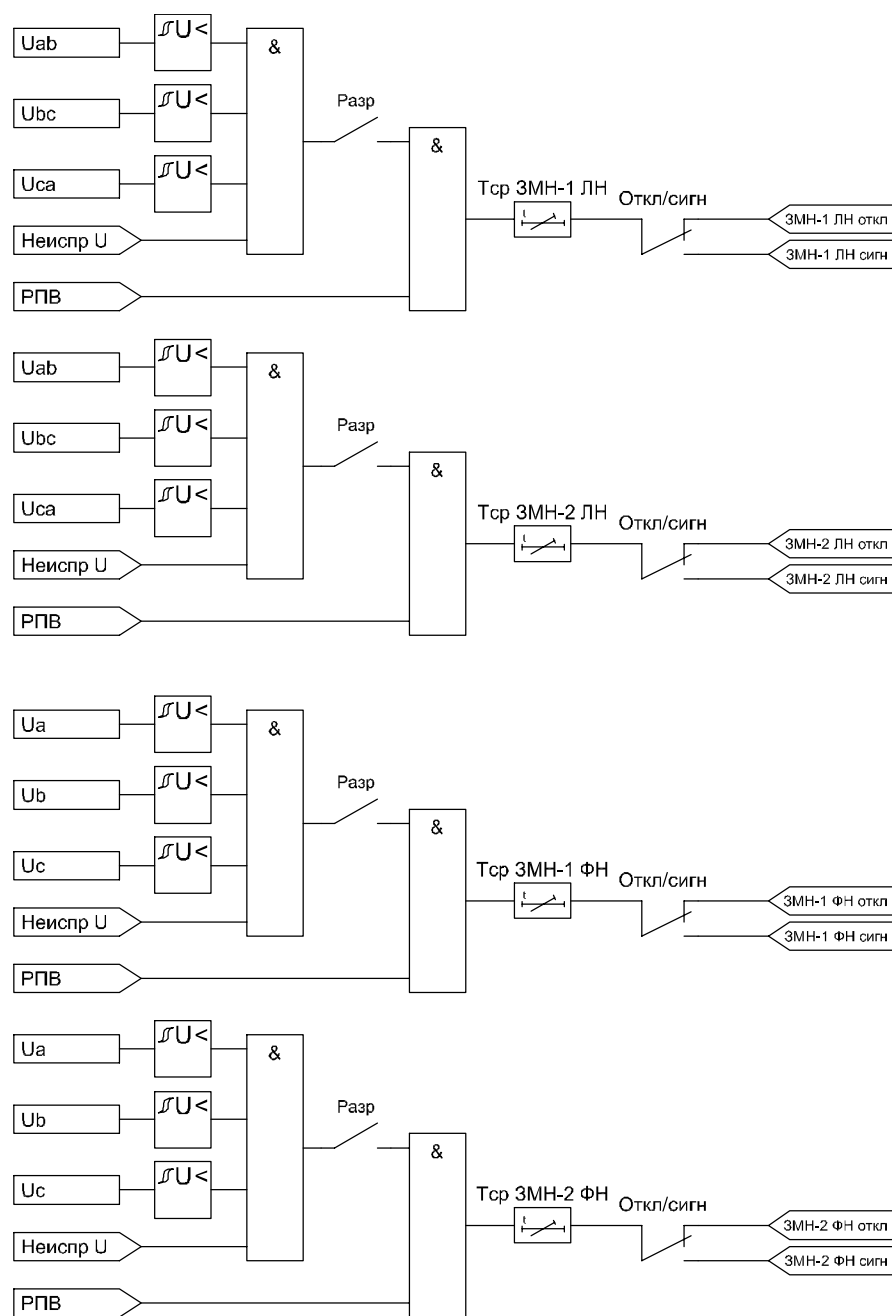


Рисунок 5.14.3 – Функциональная схема ЗМН

4) Автоматический ввод резерва.

ABP ПС предназначено для включения резервного источника питания или секционного выключателя, разделяющего протяженную магистраль. Формирование команды на включение производится при устойчивом отсутствии напряжения с одной из сторон выключателя и наличии напряжения с противоположной стороны. Управляющие сигналы ABP приведены в таблице 5.14.4.

Ввод ABP в действие осуществляется при следующих условиях:

- устойчивое наличие напряжения с обеих сторон выключателя;
- выключатель отключен;
- пользователь по ТУ или местно (через кнопку) ввел в действие ABP.

Вывод ABP из действия осуществляется при появлении следующих событий:

- квитирование;
- включение по ABP;
- выключатель включен;
- все токовые защиты выведены.

Таблица 5.14.4 – Сигналы ABP

Название сигнала	Назначение
Напряжение U_{AB}/U_{BC}	Сигнал наличия напряжения до и после выключателя соответственно.
Питание с 2-х сторон	Наличие питания с обеих сторон выключателя одновременно. Используется для блокировки АПВ и РВ.
Готов ABP U_{AB}/U_{BC}	Сигналы устойчивого наличия напряжения до и после выключателя соответственно. Данные сигналы устанавливаются после истечения выдержки времени «Готов ABP».
Ввод ABP ТУ / М	Ввод в действие ABP пользователем по ТУ или место через дискретный вход защиты (кнопку).
ABP введен	ABP введен, готов к действию.
Блок ABP	Блокирует действие ABP при механической блокировке ВВ, при неисправностях в цепях напряжения (сигнал «Неиспр У»), цепях управления, КБ, МПЗ, отсутствии сигнала «ABP введен».

При этом для настройки ABP пользователю необходимо задать следующие уставки (таблица 5.14.5):

- время готовности ABP;
- направленность ABP: «ABP по U_{AB} » – выключатель включается при отсутствии напряжения до выключателя, «ABP по U_{BC} » – выключатель включается при отсутствии напряжения после выключателя;
- время срабатывания ABP по каждой стороне.

Таблица 5.14.5 – Технические характеристики АВР

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

5) Автоматическое повторное включение.

Устройство позволяет автоматически включать выключатель после его отключения какой-либо из защит. Предусмотрено три цикла включения по АПВ, в каждом из которых можно настроить действие защит на:

- отключение с запретом АПВ;
- отключение с разрешением АПВ;
- сигнал.

Управляющими сигналами для АПВ являются: «Запрет АПВ», «Пуск АПВ», «Готов АПВ», «Сброс АПВ» блокировка 1, 2 и 3 ступеней. Сигналы и их расшифровка приведены в таблице 5.14.7.

Для настройки АПВ пользователю необходимо задать следующие уставки (таблица 5.14.6):

- для каждой защиты определить способ срабатывания в циклах АПВ;
- время готовности;
- выдержки времени для каждой ступени АПВ;
- контроль напряжения при пуске: «Пуск по U_{AB} » – контроль наличия напряжения до выключателя, «Пуск по U_{BC} » – контроль наличия напряжения после выключателя.

Таблица 5.14.6 – Технические характеристики АПВ

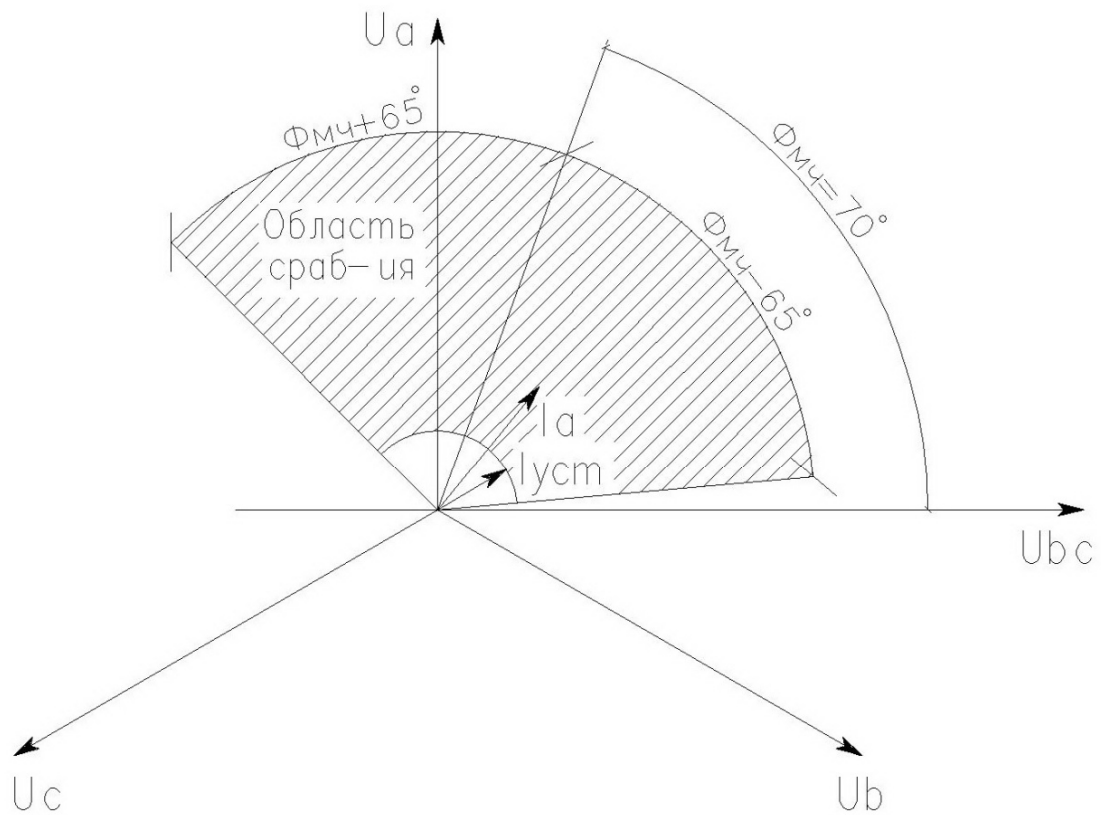
Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон уставок по напряжению во вторичных величинах, В	0 – 150
Дискретность задания уставок по напряжению, В	0,1
Диапазон уставок по времени срабатывания, с	0 – 300
Дискретность задания уставок по времени, с	0,01

Таблица 5.14.7 – Управляющие сигналы АПВ

Название сигнала	Назначение	События, приводящие к появлению	События, приводящие к снятию
Запрет АПВ	Запрещает действие АПВ при отключении ВВ	Перерыв в питании устройства, отключение ВВ от защиты (определяется пользователем), неисправность конденсаторной батареи, цепей управления, МПЗ, механическая блокировка ВВ, питание с двух сторон	Квитирование
Блок АПВ	Блокировка всех ступеней АПВ	Перерыв в питании устройства, ручное отключение, запрет АПВ	Снятие запрета АПВ
Блок АПВ1	Блокировка первой ступени АПВ	Наличие сигнала «Блокировка АПВ», включение по первой ступени АПВ	Истечение времени готовности
Блок АПВ2	Блокировка второй ступени АПВ	Наличие сигнала «Блокировка АПВ», включение по второй ступени АПВ	Истечение времени готовности
Блок АПВ3	Блокировка третьей ступени АПВ	Наличие сигнала «Блокировка АПВ», включение по третьей ступени АПВ	Истечение времени готовности
Готов АПВ	Подготовка автоматики АПВ к действию после успешного включения ВВ, сброс ступеней АПВ	Истечение времени готовности после включения ВВ, включение по АВР	Истечение времени готовности, включение ВВ по АПВ, блокировка АПВ, пуск АПВ
Пуск АПВ	Запуск АПВ, набор выдержки времени первой ступени АПВ	Несоответствие положения выключателя предшествующей команде с одно-временным контролем напряжения источников питания (определяется пользователем)	Сброс АПВ, квитирование, ручное отключение
Сброс АПВ	Сброс автоматики АПВ при затягивании пуска	Истечение выдержки времени на сброс	Истечение выдержки времени на сброс, квитирование, ручное отключение, включение ВВ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Поясняющая схема работы направленной МТЗ



$I_{уст}$ — уставка тока срабатывания
 $\Phi_{мч}$ — уставка угла максимальной чувствительности

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Рекомендации по выбору параметров настройки МТЗ с интегрально-зависимой характеристикой срабатывания

В зависимости от типа электродвигателя и характеристик рабочего механизма необходимо подобрать характеристику срабатывания защиты от перегрузки. Основным параметром этой характеристики является постоянная времени нагрева электродвигателя. Если этот параметр задан заводом-изготовителем электродвигателя, то значение постоянной времени необходимо задать в качестве уставки, затем определить по изложенной методике время срабатывания защиты при заданных кратностях тока перегрузки в различных режимах:

- при возникновении перегрузки и нулевом значении теплового импульса;
- при возникновении перегрузки в режиме предшествующего нагрева электродвигателя (ненулевом значении теплового импульса).

1) Для выбора постоянной времени нагрева электродвигателя необходимо знать продолжительность пуска двигателя $t_{\text{п}}$ и кратность пускового тока $K_{\text{п}}$. При отсутствии информации о перегрузочной способности электродвигателя можно исходить из возможности двукратного пуска двигателя из холодного состояния. Исходя из этого предположения, можно принять значение теплового импульса $B_t = 0,45$ о.е. после первого пуска. Тогда:

$$B_t = K_{\text{п}}^2 \left(1 - e^{-t_{\text{п}}/T} \right) = 0,45, \quad (\text{Б. 1})$$

Принимая $K_{\text{п}} = K_{\text{п}}$, $t = t_{\text{п}}$, из этого выражения можно определить постоянную времени нагрева, при которой тепловой импульс достигнет за время первого пуска значения 0,45:

$$T_{\text{н}} = \frac{t_{\text{п}}}{\ln \left(\frac{K_{\text{п}}^2}{K_{\text{п}}^2 - 0,45} \right)}. \quad (\text{Б. 2})$$

Например, при кратности пускового тока $K_{\text{п}} = 6,5$ и времени пуска $t_{\text{п}} = 10$ с из выражения (Б.2) получим значение постоянной времени $T_{\text{н}} = 934$ с.

При повторном пуске (без перерыва на охлаждение) значение теплового импульса удвоится и составит $B_t = 0,9$. Запас по значению теплового импульса при двух пусках электродвигателя из холодного состояния составит 10%. По приведенным ниже таблицам или непосредственно по выражению (Б.3) можно определить время срабатывания защиты после повторного пуска с кратностью тока $K_{\text{п}} = 6,5$ и остаточном значении теплового импульса $B_t = 0,45$:

$$\frac{t_{\text{ср}}}{T_{\text{н}}} \approx 0,0132 \quad \text{или} \quad t_{\text{ср}} = 0,0132 \cdot T_{\text{н}} = 0,0132 \cdot 934 = 12,3 \text{ с.}$$

То есть запас по времени при повторном пуске составит $t_{\text{ср}} - t_{\text{п}} = 12,3 - 10,0 = 2,3$ секунды (19%).

2) При выборе постоянной времени нагрева электродвигателя может оказаться расчетным второй режим – пуск электродвигателя из горячего состояния. При этом дополнительно необходимо знать максимальный рабочий ток электродвигателя. По выражению (Б.1) определяется значение теплового импульса в установившемся режиме при максимальном значении $K_I = I_{РАБМАКС}/I_{НОМ}$:

$$B_t = K_I^2 \left(1 - e^{-t/T}\right), \text{ где } t \rightarrow \infty, B_\infty = K_I^2.$$

Из выражения

$$t_\Pi = T_H \cdot \ln \left(\frac{K_I^2 - B_t}{K_I^2 - 1} \right), \quad (\text{Б. 3})$$

с учетом коэффициента запаса $K_{ЗАП}$ (1,1) по отстройке защиты от времени пуска можно определить постоянную времени нагрева, при которой будет обеспечен однократный пуск двигателя из горячего состояния:

$$T_H = \frac{t_\Pi \cdot K_{ЗАП}}{\ln \left(\frac{K_I^2 - B_\infty}{K_I^2 - 1} \right)}.$$

Например, при $K_I = 0,8$ значение теплового импульса составит $B_\infty = 0,64$. При тех же значениях кратности пускового тока (6,5) и времени пуска (10 секунд) постоянная времени будет равна: $T_H = 1266$ секунд. Из рассчитанных по двум условиям значений T_H выбирается большее.

Следует иметь в виду, что реальное время срабатывания защиты может быть меньше расчетного при наличии в токе составляющей обратной последовательности.

3) Коэффициент K , учитывающий долевое участие тока обратной последовательности в тепловой модели двигателя, должен быть равен отношению сопротивления ротора обратной последовательности к сопротивлению ротора прямой последовательности при номинальной частоте вращения. Когда коэффициент K невозможно рассчитать точно, он может быть принят равным 3.

4) Ток срабатывания защиты от перегрузки $I_{СЗ}$ рекомендуется принять равным $(1,05 - 1,1)I_{НОМ}$. Уставка тока $I_{СЗ}$ зависит от типа защищаемого двигателя. Обычно допустимая тепловая перегрузка может быть в области 10% номинальной температуры. Учитывая, что рост температуры пропорционален квадрату тока, тепловая перегрузка в 10% будет при увеличении тока приблизительно на 5%. Соответственно, при токе $1,1I_{НОМ}$ тепловая перегрузка составит 21%.

5) Постоянная времени остановленного двигателя T_0 может быть принята равной:

$$T_0 = (1,5 \div 2) T_H.$$

б) Значение $V_{t_контр}$ используется в алгоритмах диагностирования тяжелого пуска и запрета пуска электродвигателя и принимается равным:

$$V_{t_контр} = 1,1V_{t_пуск},$$

где $V_{t_пуск}$ – тепловой импульс за время пуска двигателя при нормальных условиях работы, рассчитываемый по выражению:

$$V_{t_пуск} = K_{\Pi}^2 \left(1 - e^{-t_{\Pi}/T_H} \right),$$

где T_H – расчетное в соответствии с п.п. 1 и 2 значение постоянной времени.

Алгоритм диагностики тяжелого пуска формирует сигнал «Тяжелый пуск», если приращение теплового импульса за время очередного пуска $\Delta V_t > V_{t_контр}$.

При отключении перегруженного электродвигателя формируется команда «Запрет пуска», если текущее значение теплового импульса превышает величину $(100 - V_{t_контр})$, то есть «запрет пуска» снимется при выполнении условия:

$$V_t < (100 - V_{t_контр}).$$

Таблица Б.1 – Характеристики срабатывания защиты от перегрузки

K_I B_t	t_{CP}/T_H при:											
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	3
0	1,7513	1,1856	0,8958	0,7138	0,5878	0,4953	0,4247	0,3691	0,3244	0,2877	0,1744	0,1178
0,1	1,665	1,137	0,8348	0,6614	0,5423	0,4555	0,3895	0,3377	0,2963	0,2624	0,1582	0,1066
0,2	1,5706	1,0361	0,7698	0,6061	0,4947	0,4140	0,3530	0,3054	0,2674	0,2364	0,1418	0,0953
0,3	1,4663	0,9520	0,7004	0,5476	0,4447	0,3707	0,3151	0,2719	0,2376	0,2097	0,1252	0,0839
0,4	1,3499	0,8602	0,6257	0,4855	0,3920	0,3254	0,2757	0,2373	0,2069	0,1823	0,1082	0,0723
0,5	1,2182	0,7591	0,5450	0,4193	0,3365	0,2780	0,2347	0,2015	0,1753	0,1542	0,0910	0,0606
0,6	1,0664	0,6466	0,4572	0,3483	0,2776	0,2283	0,1920	0,1643	0,1426	0,1252	0,0734	0,0488
0,7	0,8873	0,5199	0,3610	0,2719	0,2151	0,1759	0,1473	0,1257	0,1088	0,0953	0,0556	0,0368
0,8	0,6690	0,3747	0,2545	0,1892	0,1484	0,1204	0,1006	0,0855	0,0738	0,0645	0,0374	0,0247
0,9	0,3895	0,2048	0,1353	0,0991	0,0770	0,0621	0,0516	0,0437	0,0376	0,0328	0,0189	0,0124

Таблица Б.2 – Характеристики срабатывания защиты от перегрузки

K_I B_t	t_{CP}/T_H при:											
	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,0852	0,0645	0,0506	0,0408	0,0336	0,0282	0,0240	0,0206	0,0179	0,0157	0,0139	0,0124
0,1	0,0770	0,0583	0,0457	0,0368	0,0303	0,0254	0,0216	0,0186	0,0162	0,0142	0,0126	0,0112
0,2	0,0687	0,0520	0,0407	0,0328	0,0270	0,0226	0,0192	0,0165	0,0144	0,0126	0,0112	0,0100
0,3	0,0604	0,0456	0,0357	0,0287	0,0236	0,0198	0,0168	0,0145	0,0126	0,0110	0,0098	0,0087
0,4	0,0520	0,0392	0,0307	0,0247	0,0203	0,0170	0,0144	0,0124	0,0108	0,0095	0,0084	0,0075
0,5	0,0435	0,0328	0,0256	0,0206	0,0169	0,0142	0,0120	0,0104	0,0090	0,0079	0,0070	0,0062
0,6	0,0349	0,0263	0,0206	0,0165	0,0136	0,0114	0,0097	0,0083	0,0072	0,0063	0,0056	0,0050
0,7	0,0263	0,0198	0,0155	0,0124	0,0102	0,0085	0,0072	0,0062	0,0054	0,0048	0,0042	0,0037
0,8	0,0176	0,0132	0,0103	0,0083	0,0068	0,0057	0,0048	0,0042	0,0036	0,0032	0,0028	0,0025
0,9	0,0088	0,0066	0,0052	0,0042	0,0034	0,0029	0,0024	0,0021	0,0018	0,0016	0,0014	0,0012

Время срабатывания защиты при $K_I = 7$, $T_H = 900$ секунд и тепловом импульсе $B_t = 0,7$ (70%) будет равно (таблица Б.2):

$$t_{CP} = 0,0062 T_H = 5,58 \text{ с.}$$

Если известно тепловое состояние электродвигателя в установившемся режиме, например, $B_\infty = 0,7$ и время пуска двигателя составляет 8 секунд, то для успешного пуска из «горячего» состояния необходимо задать постоянную времени:

$$T_H = 10 / 0,0062 = 1613 \text{ с.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Статусные биты устройства и признаки срабатывания защит для МПЗ-ОТ / СВ / ВВ

Статусные регистры					
Статус 0	Статус 1	Статус 2	Статус 3	Статус 4	Статус 5
–	ОТКЛ от защит	ВКЛ по АПВ	Включено	–	МТЗ 1
Вход триггера «Неиспр 1»	ОТКЛ от защит 1	Неуспешное АПВ	Отключено	ЗМН	МТЗ 2
Вход триггера «Неиспр 2»	ОТКЛ от защит 2	УРОВ	ВКЛ ВВ	ЗПН	МТЗ 3
–	–	Пуск УРОВ	ОТКЛ ВВ	ЗПН сигн	УМТЗ
–	–	Пуск по I	РВ	ЗПН блок	МТЗ 3 сигн
–	АЧР1	Неиспр КБ	РО	U _{сш}	Тяжелый пуск
–	АЧР2	НЦУ	Неисправность БУ	ОТКЛ от БКЛ	Запрет пуска
Напряжение секции	АЧР	–	Блок Неиспр БУ	1 сигн	Пуск МТЗ
Неуспешное АВР	Направление U/I	Блок от КБ	Блокировка	2 сигн	ЗМТ
Пуск АВР	Уставки 2	Механ-ое ОТКЛ	Квитирование	3 сигн	ЗМТ сигнал
Пуск возврата	–	Блок от защит	Неиспр	4 сигн	ЗНФ
Сброс возврата	–	Блок АПВ	Авария	1 откл	ЗНФ сигнал
ВКЛ по АВР	ВКЛ ТУ	ОТКЛ от УРОВ	Готовность	2 откл	ЗПТ
ОТКЛ по АВР	ОТКЛ ТУ	Отсутствует U при МТЗ	Вызов	3 откл	ЗПТ сигнал
ВКЛ СВ по АВР	СБРОС ТУ	Неиспр 3	РПВ	4 откл	ЗЗ
ОТКЛ СВ по АВР	СБРОС ПУ	ЛЗШ	РПО	–	ЗЗ сигнал

Триггеры		Внутренние входы блока		Входы	Выходы
Триггер АПВ	АВР	ВКЛ	Разр АЧР1	In 1	K1
Готов авт	ОТКЛ СВ по АВР	ОТКЛ	Разр АЧР2	In 2	K2
Триггер ВКЛ	Блок БКЛ	РПО In	Блок АВР	In 3	K3
ВКЛ ВВ	Отказ ВКЛ ВВ	РПВ In	U _{вв}	In 4	K4
ОТКЛ ВВ	Отказ ОТКЛ ВВ	Внеш ОТКЛ1	U _{встр}	In 5	K5
Авария 1	Контроль КБ	Внеш ОТКЛ2	Пуск ЛЗШ	In 6	K6
Авария 2	Отказ ВВ	Внеш ОТКЛ3	Разр ЛЗШ	In 7	–
Неиспр 1	–	Внеш ОТКЛ4	ВКЛ СВ по АВР	In 8	–
Неиспр 2	–	Контроль ШП	ОТКЛ СВ по АВР	In 9	–
K2	–	БКЛ	Разр АВР	–	–
K3	–	Уставки 2	Разр ЗПН	–	–
K4	–	ТУ	Разр УРОВ	–	–
K5	–	Контроль КБ	Разр ЗПН	–	–
K6	–	Неиспр U	ОТКЛ от УРОВ	–	–
–	–	Разр ЗМН	Разр АВР	–	–
–	–	Разр АПВ	–	–	–

Статусные биты устройства и признаки срабатывания защит для МПЗ-ПС

Статусные регистры					
Статус 0	Статус 1	Статус 2	Статус 3	Статус 4	Статус 5
–	ОТКЛ от защит	ОТКЛ от БКЛ	Включено	МТ31+ сигнал	МТ31+
Вход триггера «Готов»	Блок от Неиспр	–	Отключено	МТ32+ сигнал	МТ32+
Блок АПВ	НМ+	–	ВКЛ ВВ	МТ33+ сигнал	МТ33+
ВКЛ по АПВ	НМ-	–	ОТКЛ ВВ	МТ34+ сигнал	МТ34+
Пуск АПВ	Напряжение Uab	–	РВ	МТ31- сигнал	МТ31-
Готов АПВ	Напряжение Ubc	Неиспр КБ	РО	МТ32- сигнал	МТ32-
Питание	Питание с 2-х Сторон	НЦУ	Неисправность БУ	МТ33- сигнал	МТ33-
АПВ1	Вход триггера «Запрет АПВ»	Отказ ВВ	Блок Неиспр БУ	МТ34- сигнал	МТ34-
АПВ2	–	Блок от КБ	Блокировка	331+ сигнал	331+
АПВ3	–	Механ-ое ОТКЛ	Квитирование	332+ сигнал	332+
Запрет АПВ	Ввод АВР М	–	Неиспр	331- сигнал	331-
Готов АВР Uab	Ввод АВР ТУ	–	Авария	332- сигнал	332-
Готов АВР Ubc	ВКЛ ТУ	–	Готовность	ЗМН1- ЛН сигнал	ЗМН1- ЛН
Готов АВР	ОТКЛ ТУ	–	Вызов	ЗМН2- ЛН сигнал	ЗМН2- ЛН
Блок АВР	СБРОС ТУ	–	РПВ	ЗМН1- ФН сигнал	ЗМН1- ФН
Все МТЗ выведены	СБРОС ПУ	–	РПО	ЗМН2- ФН сигнал	ЗМН2- ФН

Триггеры		Внутренние входы блока		Входы	Выходы
Запрет АПВ	–	ВКЛ	–	In 1	K1
Сброс АПВ	–	ОТКЛ	–	In 2	K2
Блок АПВ1	Блок ВКЛ	РПО In	–	In 3	K3
Блок АПВ2	Отказ ВКЛ ВВ	РПВ In	–	In 4	–
Блок АПВ3	Отказ ОТКЛ ВВ	–	–	In 5	–
Пуск АПВ	Контроль КБ	–	–	In 6	–
АПВ2	Отказ ВВ	–	–	In 7	–
АПВ3	–	–	–	In 8	–
–	–	Контроль ШП	–	In 9	–
–	–	БКЛ	–	–	–
–	–	–	–	–	–
Разр АВР	–	ТУ	–	–	–
ВКЛ по АВР	–	Контроль КБ	–	–	–
АВР введен	–	Неиспр U	–	–	–
Неисправность	–	–	Ввод АВР	–	–
Авария	–	–	–	–	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Настройка параметров каналов измерения

ВНИМАНИЕ!!! Для настройки параметров каналов измерения необходимо использовать только поверенные измерительные приборы.

Настройке подлежат точный и грубый каналы измерения токов фаз и $3I_0$ и цепей напряжения.

Г.1 Каналы измерения токов.

Перед началом настройки необходимо выполнить подключение эталонного источника тока к устройству. В случае отсутствия у источника тока измерительных приборов, выполнить подключение амперметра.

Настройку необходимо осуществлять через ПУ в разделе «Настройка блока» или через терминал во вкладке «Уставки». Последовательность действий следующая:

- 1) подать ток на вход I_A устройства;
- 2) задать уровень тока, соответствующий замеру 800-900 единиц АЦП, для точного канала измерения;
- 3) сравнить показания токов устройства и амперметра;
- 4) если измеряемый устройством ток отличается от задаваемого в меньшую сторону, то $K_{пр}$ необходимо увеличить до уровня, при котором токи станут равными. Соответственно, если измеряемый ток отличается от подаваемого в большую сторону, то $K_{пр}$ необходимо уменьшить;
- 5) увеличить подаваемый ток до уровня, соответствующего замеру 800-900 единиц АЦП, для грубого канала измерения. Если источник тока не позволяет выдать такую величину тока, то добиться данного замера в единицах АЦП можно путем уменьшения уставки $I_{НОМ1}$ (т.е. уменьшения отношения $I_{НОМ1} / K_{ТТ}$);
- 6) сравнить показания токов устройства и амперметра;
- 7) подобрать $K_{пр}$.

Аналогично выполняется настройка точного и грубого каналов измерения I_C и $3I_0$.

Г.2 Каналы измерения напряжений.

Перед началом настройки необходимо выполнить подключение эталонного источника напряжения к устройству. В случае отсутствия у источника измерительных приборов, выполнить подключение вольтметра.

Уровень напряжения, подаваемый на проверяемый вход, должен быть не менее 100В. Метод настройки $K_{пр}$ такой же, как и для каналов измерения тока: подбором коэффициента добиться равенства измеренного и поданного напряжений.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Список протоколов событий

№ пп	События
1	Питание снято/подано
2	Скорректированы часы после сбоя
3	Изменение даты и времени
4	Очистка счетчиков моточасов
5	Очистка счетчиков энергии
6	Очистка флэш-памяти
7	Включение/отключение ВВ местное
8	Включение/отключение ВВ через ТУ
9	Квитирование через ПУ/ТУ/местное
10	Очистка счетчиков коммутаций
11	Очистка счетчиков срабатывания защит
12	Включение ВВ по АПВ
13	Программирование заводских настроек
14	Восстановление заводских настроек
15	Автоматический переход на зимнее/летнее время
16	Отключение/включение ВВ по АВР
17	Заводская конфигурация входов/выходов
18	Программирование заводских уставок
19	—
20	—

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Маска осциллограмм

№ пп	Пусковые сигналы
1	МТЗ-1
2	МТЗ-2
3	МТЗ-3
4	ЗМН
5	УРОВ
6	ЗНФ
7	ЗЗ
8	–
9	Пуск МТЗ
10	ЛЗШ
11	ЗМЧ
12	УМТЗ
13	Внешнее ОТКЛ 1
14	Внешнее ОТКЛ 2
15	Внешнее ОТКЛ 3
16	Внешнее ОТКЛ 4
17	ЗПН
18	ЗПТ
19	ЗМТ
20	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Времятоковые характеристик срабатывания

При настройке ступеней МТЗ могут быть выбраны следующие характеристики срабатывания:

- независимые – время срабатывания не зависит от величины протекающего тока;
- зависимые типа МЭК – время срабатывания определяется величиной протекающего тока.

Зависимые характеристики представлены стандартными типами и описываются выражением:

$$t_{\text{срАБ}} = \frac{A \cdot T_{\text{к}}}{\left(\frac{I}{I_{\text{уст}}}\right)^p - 1}, \quad (\text{Ж. 1})$$

где:

$t_{\text{срАБ}}$ – время срабатывания;

A, p – константы;

$T_{\text{к}}$ – коэффициент времени;

I – измеряемый ток;

$I_{\text{уст}}$ – уставка по току.

Таблица Ж.1 – Типы стандартных характеристик срабатывания

Наименование	Коэффициент А	Коэффициент р
Инверсная	0,14	0,02
Длительно инверсная	120	1
Значительно инверсная	13,5	1
Экстремально инверсная	80	2

Кроме того, пользователю дополнительно возможно изменять стандартные характеристики с помощью коэффициентов.

Таблица Ж.2 – Коэффициенты настройки характеристик срабатывания

Наименование	Назначение	Диапазон изменения
«Тк» Коэффициент по времени	Позволяет выбрать из семейства характеристик определенную характеристику. Чем больше коэффициент, тем выше располагается характеристика срабатывания и больше время срабатывания при одинаковом токе. Если в результате расчета время срабатывания превышает 300с, то защита срабатывает с выдержкой времени 300с.	0 – 25,00
«Тmax» Коэффициент максимального времени срабатывания	Ограничивает максимальное время срабатывания защиты.	0 – 300с
«Тmin» Коэффициент минимального времени срабатывания	Ограничивает минимальное время срабатывания защиты.	0 – 300с
«То» Дополнительная выдержка времени	Дополнительно увеличивает время срабатывания. Поднимает характеристику срабатывания вверх.	0 – 5с

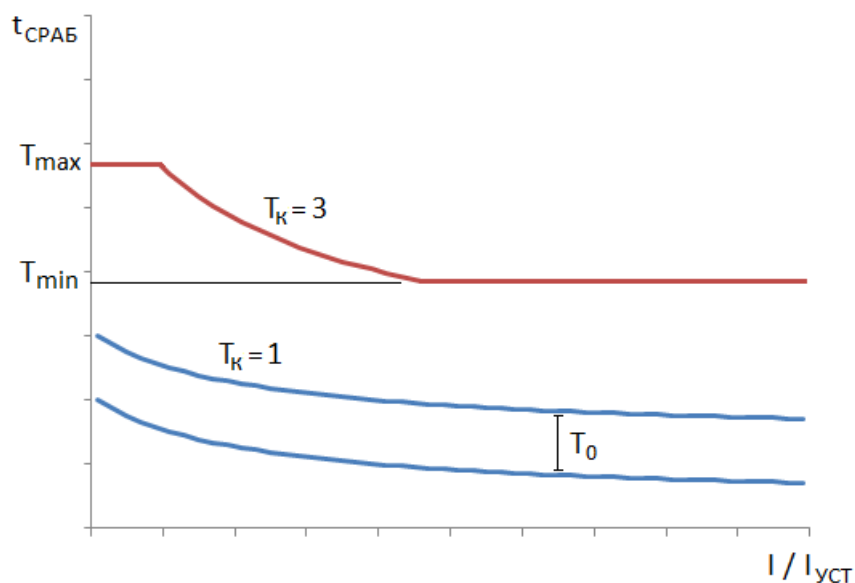


Рисунок Ж.1 – Пример изменения ВТХ срабатывания