МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРА И ДВИГАТЕЛЯ ЭСТРА-ГИД

Руководство по эксплуатации

27.12.31-123-23566247

(версия 1.01 от 19.09.26)



Содержание

1 НАЗНАЧЕНИЕ 10
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 15
2.1 Климатические условия эксплуатации 15
2.2 Конструктивное исполнение 15
2.3 Электрическая прочность изоляции 16
2.4 Электромагнитная совместимость 16
2.5 Аналоговые входы 17
2.6 Дискретные входы и выходы 18
2.7 Оперативное питание 21
2.8 Габаритные размеры и масса устройства, сроки службы 23
3 РАБОТА УСТРОЙСТВА 24
3.1 Состав изделия и конструктивное исполнение 24
3.2 Работа составных частей устройства 24
3.3 Внешние цепи устройства 30
4 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ БЛОКА 34
4.1 Описание функций защит 35
4.1.1 Дифференциальная токовая отсечка 37
4.1.2 Дифференциальная защита с торможением 39
4.1.3 Сигнализация небаланса 43
4.1.4 Защита от симметричной перегрузки статора 44
4.1.5 Токовая защита обратной последовательности 46
4.1.6 Максимальная токовая защита 50
4.1.7 Защита от замыканий на землю 58
4.1.8 Логическая защита шин 63
4.1.9 Защита минимального напряжения 64
4.1.10 Защита от повышенного напряжения 66
4.1.11 Внешняя дуговая защита 68
4.1.12 Контроль исправности цепей напряжения 70
4.1.13 Защита от тепловой перегрузки 73
4.1.14 Защита от снижения частоты 77
4.1.15 Защита от повышения частоты 79
4.1.16 Защита от обратной мощности 80
4.2 Описание функций автоматики 82

4.2.1 Отключение от внешних защит ... 82
4.2.2 Автоматическое повторное включение ... 83
4.2.3 УРОВ ... 86
4.2.4 АЧР ... 89
4.3 Функции управления выключателем ... 92
4.4 Функции диагностики выключателя ... 102
4.5 Функции сигнализации ... 108
4.6 Контроль условий синхронизма при включении ... 109
4.7 Логика свободно программируемых реле ... 112
4.8 Группы уставок ... 115
4.9 Счетчики ... 116
4.10 Регистратор событий и осциллограф ... 116
4.11 Регистратор параметров нагрузки ... 119
4.12 Часы реального времени и синхронизация ... 119
4.13 Функций телеуправления, телеизмерения и телесигнализации ... 120
4.14 Учет ресурса выключателя ... 123
4.15 Функции доступа и самодиагностики ... 126
5 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ, МАРКИРОВКА, УПАКОВКА ... 129
5.1 Комплект поставки ... 129
5.2 Маркировка ... 129
5.3 Упаковка ... 129
6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ... 130
6.1 Эксплуатационные ограничения ... 130
6.2 Подготовка устройства к использованию ... 130
6.2.1 Меры безопасности при подготовке устройства к использованию ... 130
6.2.2 Размещение и монтаж ... 131
6.3 Текущий ремонт ... 131
6.4 Хранение ... 131
6.5 Транспортирование ... 132
6.6 Утилизация ... 132
ПРИЛОЖЕНИЕ А ... 133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ... 135
ПРИЛОЖЕНИЕ В ... 137
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ... 140
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ... 143

Перечень сокращений

АВР	- автоматический ввод резерва;
АПВ	- автоматическое повторное включение;
АСУ	- автоматизированная система управления;
АУВ	- автоматика управления выключателем;
АУО	- автоматика управления обдувом;
АЦП	- аналого-цифровой преобразователь;
АЧР	- автоматическая частотная разгрузка;
БИ	- блок испытательный;
БТН	- бросок тока намагничивания;
ВВ	- высоковольтный выключатель;
ВН	- сторона высшего напряжения;
ВНР	- восстановление нормального режима;
ВО	- внешнее отключение;
ВТХ	- времятоковая характеристика;
ГЗТ	- газовая защита трансформатора;
ГЗТ РПН	- газовая защита РПН;
ДВ	- дискретный вход;
ДЗТ	- дифференциальная защита с торможением;
ДИ	- детектор источника питания;
ДТ	- датчик тока (температуры);
ДТО	- дифференциальная токовая отсечка;
ЗАР	- защита от асинхронного режима;
ЗДЗ	- защита от дуговых замыканий;
ЗЗ (ЗОЗЗ)	- земляная защита (от замыканий на землю);
ЗЗ ВГ	- земляная защита по высшим гармоникам;
ЗЗ ДЗ	- земляная защита от двойных замыканий;
ЗММ	- защита максимальной мощности;
ЗМН	- защита минимального напряжения;
ЗНН	- защита от несимметрии напряжений;
ЗНФ	- защита от несимметрии фазных токов;
ЗОМ	- защита от обратной мощности;
ЗП	- защита от перегрузки;
ЗПВ	- защита от потери возбуждения;
ЗПН	- защита от повышенного напряжения;
ЗПО	- защита от потери охлаждения;
ЗПП	- защита от потери питания;
ЗПР	- защита от перегрузки ротора;
ЗПЧ	- защита от повышения частоты;

ЗСЧ	- защита от снижения частоты;
ЗТП	- защита от тепловой перегрузки;
ИП	- источник питания;
КС	- контроль синхронизма при включении ВВ;
КЦН	- контроль исправности цепей напряжения;
ЛВ	- линейные выводы реактора, линии, двигателя, генератора;
ЛЗТ	- логическая защита трансформатора;
ЛЗШ	- логическая защита шин;
ЛЭП	- линия электропередач;
МТЗ	- максимальная токовая защита;
МУ	- местное управление;
НВ	- нейтральные выводы реактора, линии, двигателя, генератора;
НМ+	- положительное направление мощности (от шин в линию);
НМ-	- отрицательное направление мощности (к шинам от линии);
НН	- сторона низшего напряжения;
НП	- нулевая последовательность;
НТО	- номинальный ток отключения выключателя;
НЦН	- неисправность цепей напряжения;
ОЗЗ	- однофазное замыкание на землю;
ОМП	- определение места повреждения;
ОНМ	- орган направления мощности;
ПК	- персональный компьютер;
ПОН	- пусковой орган напряжения;
ПУ	- панель управления и индикации;
РВ	- ручное включение;
РКИ	- реле контроля изоляции;
РМОП	- реле мощности обратной последовательности;
РО	- ручное отключение;
РПВ	- реле положения включено;
РПН	- регулирование под напряжением;
РПО	- реле положения отключено;
СВ	- секционный выключатель;
СН	- сторона среднего напряжения;
СП ОТКЛ	- самопроизвольное отключение выключателя;
СПЛ	- свободно-программируемая логика;
ТЗНП	- токовая защита нулевой последовательности;
ТЗОП	- токовая защита обратной последовательности;
ТИ	- телеизмерение;
ТН	- трансформатор напряжения;

ТО	- токовая отсечка;
ТП	- тепловая перегрузка;
ТС	- телесигнализация;
ТТ	- трансформатор тока;
ТТНП	- трансформатор тока нулевой последовательности;
ТУ	- телеуправление;
УД	- уровень доступа;
УМТЗ	- ускорение МТЗ;
УРОВ	- устройство резервирования отказа выключателя;
УС	- улавливание синхронизма при включении ВВ;
ФТНП	- фильтр токов нулевой последовательности;
ХХ	- холостой ход;
ЦВ	- цикл включения выключателя;
ЧАПВ	- частотное автоматическое повторное включение;
ШАОТ	- шкаф автоматики охлаждения трансформатора;
ШП	- шинки питания;
ШСВ	- шиносоединительный выключатель;
ЭД	- электрический двигатель;
ЭМВ	- электромагнит включения;
ЭМО	- электромагнит отключения.

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с техническими данными, конструкцией, устройством, принципом работы и правилами эксплуатации микропроцессорного устройства защиты генератора и двигателя ЭСТРА-ГИД.

Блок 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 подстанциях как с постоянным, так и с переменным (выпрямленным переменным) оперативным током.

К эксплуатации блока допускаются лица, изучившие настоящий документ и 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 и не отраженные в данном документе.

Внимание!

Не включать устройство до изучения настоящего руководства по эксплуатации.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Микропроцессорный блок защиты генераторов и двигателей ЭСТРА-ГИД (далее блоки ЭСТРА-ГИД), предназначен для использования в качестве основной защиты генераторов мощностью не более 30МВт, работающих на сборные шины, и электрических двигателей от всех видов повреждений внутри зоны защиты. ЭСТРА-ГИД выполняет также функции автоматики, сигнализации и управления высоковольтным выключателем.

Блоки ЭСТРА-ГИД 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.

Блоки выпускаются в следующих модификациях:

Модификация	Номинальный ток входов измерения фазных токов, А	Напряжение оперативного питания, В
ЭСТРА-ГИД-5А-24В	5	=24
ЭСТРА-ГИД-1А-24В	1	=24
ЭСТРА-ГИД-5А-48В	5	=48
ЭСТРА-ГИД-1А-48В	1	=48
ЭСТРА-ГИД-5А-110В	5	=110
ЭСТРА-ГИД-1А-110В	1	=110
ЭСТРА-ГИД-5А-220В	5	Универсальное ~220 или =220
ЭСТРА-ГИД-1А-220В	1	Универсальное ~220 или =220

Таблица 1.1 – Функции защит и автоматики

Название	Код ANSI	Кол-во ступеней
ДЗТ	87G, 87M	1
ДТО	87G, 87M	1
Контроль небаланс в дифференциальной цепи	-	1
Токовая отсечка (МТЗ) с возможностью действия на генераторный выключатель и СВ	50, 67	1
МТЗ с возможностью: • выбора зависимой ВТХ • выбора направления (ввод в работу ОНМ) • комбинированного пуска по напряжению • ускорения после включения ВВ • действия на генераторный выключатель и СВ • с возможностью коррекции токовых уставок по напряжению	50, 51, 51V, 67	2
Защита от симметричной перегрузки статора	49	1
Тепловая модель генератора (защита от тепловой перегрузки)	49G	+
Тепловая модель ЭД с защитой от перегрузок, с возможностью: • защиты от тяжелого пуска • ограничения количества пусков • предупреждения повторных пусков, при которых неизбежно срабатывание защиты от перегрузки	48, 49M, 51LR, 66	+
Защита минимального напряжения	27	2
Защита от повышения напряжения	59	2
ЗЗ с возможностью: • пуска по напряжению 3Uo • выбора направления (ввод в работу ОНМ) • сигнализация ОЗЗ в сети • действия на сигнал	51N, 51G, 59N, 67N	2
ЗЗ по высшим гармоникам	64G	1
ЗЗ от двойных замыканий	-	1
ТЗОП с возможностью: • выбора зависимой ВТХ • действия на сигнал	46	4

Таблица 1.1 – Функции защит и автоматики

Название	Код ANSI	Кол-во ступеней
АЧР с ЧАПВ	-	3
ЗСЧ	81L	2
ЗПЧ	81H	1
ЛЗШ	-	+
Защита от обратной мощности	32R	1
ЗДЗ от внешнего датчика	-	+
КЦН	60	+
Отключение от внешних защит	-	4
АПВ	79	2 цикла
УРОВ	50BF	+
АУВ выключателем	-	+
Включение выключателя с КС	25	+
Диагностика выключателя	-	+
Контроль давления элегаза	-	+

Таблица 1.2 – Функции измерения

Измеряемая величина	Обозначение
Фазные токи	Ia1, Iв1, Ic1 Ia2, Iв2, Ic2
Напряжения	Uав1, Uвс1, 3Uo1 Uав2, Uвс2, 3Uo2
Ток нулевой последовательности	3Io
Частота питающего напряжения	Fсети
Частота напряжения сборных шин	Fсш

Таблица 1.2 – Функции измерения

Вычисляемая величина	Обозначение
Токи симметричных составляющих	I1_1, I2_1, 3Io_1 I1_2, I2_2
Высшие нечетные гармоники сигналов	3Uo ВГ, 3Io ВГ
Уровень несимметрии по токам и напряжениям	Ni1, Ni2, Nu1, Nu2
Линейные напряжения	Uca1, Uca2
Напряжения симметричных составляющих	U1_1, U2_1 U1_2, U2_2
Углы между фазными токами и линейными напряжениями	(Ia^Uвс), (Iв^Uca), (Ic^Uав)
Угол между напряжением и током нулевой последовательности	(3Io^3Uo)
Суммарная активная, реактивная, полная мощность	P, Q, S
Коэффициент мощности	cos ф
Тепловой импульс перегрузки	Bt

Таблица 1.3 – Счетчики, регистраторы и протоколирование

Название	Количество
Счетчики срабатывания защит	---
Счетчики коммутаций выключателя	---
Счетчики остаточного ресурса ВВ	---
Протоколы изменений уставок	4000
Протоколы событий	8000
Протоколы аварий	1000
Протоколы коммутаций ВВ	8000
Протоколы изменения ресурса ВВ	4000
Цифровой осциллограф	100 осциллограмм длительностью 17с

Таблица 1.4 – Порты передачи данных

Название	Количество	Поддерживаемые протоколы
RS485-1	1	MODBUS RTU
RS485-2 (PPS)	1	MODBUS RTU
USB	1	Проприетарный
Ethernet	2	MODBUS TCP, МЭК 60870-104

Таблица 1.5 – Сервисные функции

Телеуправление ВВ, телеизмерение, телесигнализация
Свободно программируемые дискретные входы и выходы
Хранение уставок в энергонезависимой памяти
Возможность задания уставок при отсутствии оперативного питания (питание устройства от USB)
Встроенный графический индикатор и клавиатура для задания уставок и просмотра текущих параметров
Редактирование уставок в автономном режиме (без подключения к защите)
Задание названий для внешних защит
Две группы уставок защит и автоматики
Несколько уровней доступа к настройке и конфигурации
Светодиодная индикация сработавших защит
Свободно-программируемая логика устройства
Программируемые светодиоды
Часы реального времени с корректировкой через АСУ
Порт синхронизации времени PPS
Измерение времени коммутации выключателя

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Климатические условия эксплуатации

Условия эксплуатации блока должны исключать воздействие прямого солнечного излучения, прямое попадание атмосферных осадков, конденсацию влаги и наличие агрессивной среды.

Таблица 2.1 – Климатические условия эксплуатации

Климатическое исполнение (по ГОСТ 15150)	УХЛ3.1
Диапазон рабочих значений температуры (предельные значения)	-40° ÷ +55°С
Относительная влажность воздуха (среднегодовое значение)	≤ 80% при 25°С
Тип атмосферы по содержанию на открытом воздухе коррозионно-активных агентов	II
Диапазон рабочих значений атмосферного давления	75 ÷ 106,7кПа
Высота над уровнем моря	≤ 2000м

2.2 Конструктивное исполнение

Клеммные колодки цепей питания, входных и выходных цепей допускают присоединение под винт одного или двух одинаковых проводников общим сечением до 2,5мм^2 включительно и сечением не менее 0,5мм^2 каждый. Клеммные колодки токовых цепей допускают присоединение под винт проводников общим сечением до 4мм^2 включительно.

Таблица 2.2 – Конструктивное исполнение

Группа механического исполнения (ГОСТ 30631-99)	М7
Сейсмостойкость по MSK-64 при уровне установки над нулевой отметкой до 10м (30546.1-98)	≤ 9 баллов
Степень защиты для лицевой панели блока (ГОСТ 14254)	IP54
Степень защиты для оболочки блока (ГОСТ 14254-96)	IP40
Степень защиты для разъемных контактов (ГОСТ 14254-96)	IP20
Способ защиты человека от поражения электрическим током (ГОСТ 12.2.007-75)	класс I
Исполнение контактных соединений (ГОСТ 10434-82)	класс 2

2.3 Электрическая прочность изоляции

Блок должен быть обязательно заземлен. На тыльной стороне корпуса блока выведены винты для подключения защитного заземления к общему контуру заземления. Заземлению подлежат все винты. Заземляющий провод должен быть не более 2 метров и сечением 4мм^2.

Таблица 2.3 – Электрическая прочность изоляции

Сопротивление изоляции всех независимых цепей устройства относительно корпуса и между собой при 500В (кроме цепей измерения напряжений и цепей передачи данных)	≥ 100МОм
Выдерживаемое испытательное напряжение переменного тока между всеми независимыми цепями относительно корпуса и между собой (кроме портов передачи данных)	2,3кВ;50Гц в течение 1мин
Выдерживаемое испытательное импульсное напряжение между всеми независимыми цепями относительно корпуса и между собой	5кВ;1,2мкс/ /50мкс с интервалом 5с

2.4 Электромагнитная совместимость

Блок при поданном напряжении оперативного тока сохраняет функционирование без нарушений и сбоев при следующих воздействиях.

Таблица 2.4 – Электромагнитная совместимость

Тип помехи	Степень жесткости	Испытательный уровень
Магнитное поле промышленной частоты (IEC 61000-6-2, IEC 61000-4-8)	4	30А/м (непрерывно), 300А/м (1с)
Радиочастотное электромагнитное поле (IEC 61000-4-3)	3	10В/м
Электростатические разряды (IEC 61000-4-2)	3	6кВ (контактный разряд), 8кВ (воздушный разряд)
Микросекундные импульсные помехи большой энергии 1/50мкс, 6,4/16мкс (IEC 61000-4-5)	4	4кВ
Наносекундные импульсные помехи (IEC 61000-4-4)	4	2кВ, 5/50нс
Повторяющиеся колебательные помехи (IEC 61000-4-18)	3	2,5кВ на частоте 1МГц

2.5 Аналоговые входы

Устройство правильно функционирует при изменении частоты входных сигналов в диапазоне от 3 до 70Гц. В диапазоне частот от 45 до 55Гц дополнительная погрешность параметров срабатывания измерительных органов устройства не превышает ±5% относительно параметров срабатывания на номинальной частоте.

Таблица 2.5 – Параметры аналоговых входов

Номинальная частота переменного тока		50Гц
Рабочий диапазон частоты переменного тока		3 – 70Гц
Количество входов измерения токов		7
Номинальный переменный ток цепей защиты		5А / 1А
Измеряемые токи	группа 1	I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}
	группа 2	I_{A2}, I_{B2}, I_{C2}
	группа 3	3Io
Диапазон измерения токов фаз при частоте от 45 до 55Гц		0,2 – 200А
Предел допускаемой погрешности измерения фазных токов при частоте сигнала 50±0,5 Гц	от 0,20 А до 3 А	абсолютная ±0,07 А
	от 3 до 200 А	основная относительная ±2 % + 0,01 А
Ток термической стойкости фазных входов	длительно	20А
	1 секунда	500А
Диапазон измерения тока $3I_0$ во вторичных величинах при частоте от 45 до 55Гц		0,005 – 4,5А*
Предел допускаемой погрешности измерения тока 3I0 при частоте сигнала 50±0,5 Гц для диапазона задаваемого уставкой «3Io_max»	от 0,005 А до 0,1 А	абсолютная ±0,001 А
	от 0,1 А до 4,5 А	основная относительная ±1 %
Ток термической стойкости входа измерения $3I_0$	длительно	1А
	1 секунда	20А
Потребляемая мощность входов измерения тока, не более		0,1ВА на вход

(*) Фактический диапазон измерения задается уставкой «3Io_max» (в первичных величинах) и составляет от 0,02*«3Io_max» до 2*«3Io_max».

Таблица 2.5 – Параметры аналоговых входов (продолжение)

Измеряемые напряжения	группа 1	U_{AB1}, U_{BC1}, $3U_{O1}$
	группа 2	U_{AB2}, U_{BC2}, $3U_{O2}$
Номинальное вторичное напряжение		100В
Диапазон измерения напряжений во вторичных величинах при частоте от 45 до 55Гц		2,0 – 160В
Максимально допустимая непрерывная нагрузка		250В
Предел допускаемой погрешности измерения напряжения при частоте сигнала 50±0,5 Гц	от 2,0 В до 15,0 В	±0,4 В
	от 15,0 В до 160,0 В	±(2 % от измеренного значения + 0,1 В)
Потребляемая мощность входа измерения напряжений, не более		0,15ВА на вход
Основная абсолютная погрешность измерения частоты Сети (только по цепям напряжения при Uвх = 40 В и выше)		±0,01Гц

2.6 Дискретные входы и выходы

Дискретные входы обеспечивают гальваническое разделение внутренних цепей устройств от внешних цепей, предназначены для работы на постоянном или переменном оперативном токе и имеют пороговый элемент для разграничения уровня срабатывания логической «1» и логического «0». Уровень изоляции между входной цепью относительно корпуса и между остальными цепями – 3750В в течение 1 минуты.

Внимание!

Дискретные входы рассчитаны на подключение к источникам постоянного или переменного напряжения синусоидальной формы с частотой 50Гц. При подключении входов к источникам питания с формой сигнала, отличной от синусоиды, работоспособность дискретных входов не гарантируется.

Таблица 2.6 – Параметры дискретных входов

Количество входов	30
Длительность входного сигнала, достаточного для срабатывания	20мс
Предельно-допустимое значение напряжения входных сигналов	$1,3U_{НОМ}$

Таблица 2.7 – Параметры дискретных входов на напряжение 220В

Номинальное напряжение входных сигналов	~/=220В
Уровень напряжения надежного срабатывания на постоянном токе, не менее/не более	158/170В
Уровень напряжения возврата на постоянном токе, не менее/не более	118/138В
Уровень напряжения надежного срабатывания на переменном токе, не менее/не более	145/170В
Уровень напряжения возврата на переменном токе, не менее/не более	115/135В
Количество электричества импульса режекции, не менее	200мкКл
Амплитуда импульса режекции при питании от =220В	50мА
Длительность импульса режекции	5мс
Потребляемая мощность при номинальном напряжении, =220В	0,8Вт

Таблица 2.8 – Параметры дискретных входов на напряжение 110В

Номинальное напряжение входных сигналов	=110В
Уровень напряжения надежного срабатывания, не менее/не более	80/130В
Уровень напряжения возврата, не менее/не более	45/65В
Потребляемая мощность при номинальном напряжении, =110В	0,3Вт

Таблица 2.9 – Параметры дискретных входов на напряжение 48В

Номинальное напряжение входных сигналов	=48В
Уровень напряжения надежного срабатывания, не менее/не более	32/36В
Уровень напряжения возврата, не менее/не более	24/40В
Потребляемая мощность при номинальном напряжении, =48В	0,1Вт

Таблица 2.10 – Параметры дискретных входов на напряжение 24В

Номинальное напряжение входных сигналов	=24В
Уровень напряжения надежного срабатывания, не менее/не более	16/18В
Уровень напряжения возврата, не менее/не более	13/15В
Потребляемая мощность при номинальном напряжении, =24В	0,05Вт

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).

Электрический ресурс при резистивной нагрузке – более 10^5 при 8А, 250В (АС). Механический ресурс – более $2 \cdot 10^7$. Выходные реле не требуют обслуживания в течение всего срока службы устройства.

Таблица 2.7 – Параметры дискретных выходов К1 – К20 (электромеханические)

Количество выходов	20
Коммутируемый постоянный ток напряжением 250В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	0,25А
Коммутируемый переменный ток напряжением 400В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	4А
Коммутируемый переменный ток напряжением 260В при активно-индуктивной нагрузке и постоянной времени до 0,05с	7А
Время срабатывания	≤ 10мс

Таблица 2.8 – Параметры дискретных выходов К21 – К22 (твердотельные)

Количество выходов	2
Коммутируемый постоянный/переменный ток при активной нагрузке	0,14А
Рабочий диапазон переменного напряжения	0 – 280В
Рабочий диапазон постоянного напряжения	0 – 380В
Время срабатывания	≤ 1мс

2.7 Оперативное питание

Устройство предназначено для работы от источника переменного, выпрямленного переменного или постоянного оперативного тока. В цепях питания при напряжении 110В и 220В необходима установка защитного автоматического выключателя с номинальным током 2А и характеристикой срабатывания «С».

Для задания уставок и скачивания протоколов устройство может быть запитано от интерфейса USB.

Внимание!

При питании устройства от порта USB:

1. выходные реле возвращаются в исходное состояние;
2. всё функции защиты и автоматики блокируются;
3. измерение токов и напряжений не производится;
4. при принудительном запуске осциллографа корректность данных в записанной осциллограмме не гарантируется;
5. возможно появление сигналов аппаратной неисправности устройства.

Устройство не повреждается и не срабатывает ложно при включении или отключении источника питания, после перерывов питания любой длительности с последующим восстановлением, при подаче напряжения оперативного тока обратной полярности, при замыканиях на землю в сети оперативного тока.

Таблица 2.9 – Параметры оперативного питания

Номинальное напряжение оперативного тока	~/=220В
Рабочий диапазон частоты переменного тока	45 – 55Гц
Рабочий диапазон напряжения переменного оперативного тока	85 – 265В
Рабочий диапазон напряжения постоянного оперативного тока	120 – 370В
Потребление цепей оперативного тока в состоянии покоя и срабатывания блока защиты, не более	5/10Вт
Время готовности устройства к действию после подачи напряжения оперативного питания, не более	300мс
Допустимый перерыв питания от оперативных цепей (при питании от источника переменного напряжения 220В), при котором блок сохраняет работоспособность, не менее	2с
Потребление тока при питании устройства через разъем USB, при отключенных реле и отсутствии оперативного тока, не более	0,8А

2.8 Габаритные размеры и масса устройства, сроки службы

Габаритные чертежи устройства приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

Таблица 2.10 – Габаритные размеры и масса устройства

Модификация блока	Габаритные размеры	Масса
ЭСТРА-ГИД	204×173×211мм	≤ 2,5кг

Таблица 2.11 – Сроки службы

Срок службы устройства*	25 лет
Средняя наработка на отказ	125000 часов

(*) – при условии проведения требуемых технических мероприятий по обслуживанию с заменой, при необходимости, материалов и комплектующих, имеющих меньший срок службы.

3 РАБОТА УСТРОЙСТВА

3.1 Состав изделия и конструктивное исполнение

Устройство выпускается в корпусе заднего присоединения (установка с помощью врезки в дверь).

Модификация для защиты генератора (двигателя) позволяет измерять фазные токи со стороны линейных и нейтральных выводов. Для реализации чувствительной защиты от ОЗЗ данная модификация имеет отдельный вход для измерения тока нулевой последовательности от ТНП.

Блок защиты состоит из нескольких печатных плат, которые содержат выходные разъемы для подключения внешних цепей, микроконтроллер, интерфейсы RS485, USB, Ethernet, малогабаритные выходные реле, дискретные входы и источник питания.

Панель управления устройства предназначена для местного отображения контролируемых параметров, изменения уставок и настроек, просмотра протоколов. ПУ содержит клавиатуру управления, индикатор и светодиоды, отображающие режимы работы блока.

3.2 Работа составных частей устройства

1) Каналы измерения токов.

Устройство содержит промежуточные ТТ, предназначенные для гальванической развязки от первичных трансформаторов тока. Промежуточные трансформаторы тока защиты от междуфазных КЗ рассчитаны на номинальный ток 5А и работают без насыщения при входном токе до 200А. По каждому входу предусмотрены два диапазона измерения, Таблица 3.1:

Таблица 3.1 – Рабочие диапазоны каналов измерения тока

Чувствительный	$0,1 \div 5 I_{НОМ}$
Стандартный	$0,1 \div 40 I_{НОМ}$

Блок позволяет измерять шесть (со стороны линейных и нейтральных выводов) фазных токов и один ток нулевой последовательности:

1 группа - I_{A1}, I_{B1}, I_{C1};

2 группа - I_{A2}, I_{B2}, I_{C2};

Вход измерения тока НП - $3I_O$.

Токи прямой и обратной последовательности по каждой группе измерения вычисляются устройством. Для реализации защиты от двойных замыканий на землю ток нулевой последовательности вычисляется расчетным способом из фазных токов, измеряемых 1 группой. Для реализации чувствительной защиты от замыкания на землю предусмотрен отдельный вход для измерения тока от ТНП.

2) Каналы измерения напряжений.

Устройство содержит промежуточные оптоэлектронные преобразователи, предназначенные для гальванической развязки от первичных измерительных трансформаторов. Блок позволяет измерять шесть (две группы по три напряжения) напряжений:

1 группа - U_{AB1}, U_{BC1}, $3U_{O1}$;

2 группа - U_{AB2}, U_{BC2}, $3U_{O2}$;

Линейные напряжение U_{CA1} / U_{CA2} и напряжения симметричных составляющих вычисляются устройством. Варианты подключения измерительных цепей тока и напряжения приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

3) Дискретные входы.

Устройство позволяет принять от внешних устройств дискретные сигналы переменного или постоянного тока напряжением 220В. Исполнение блока 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 раздельного подключения к источнику оперативного питания, то входы можно выполнить с общей точкой подключения.

Все дискретные входы являются свободно программируемыми. Внутренние сигналы устройства, которые можно назначить на дискретные входы, приведены в ПРИЛОЖЕНИИ В.

Таблица 3.2 – Месторасположение настроек дискретных входов

Главное меню		**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Дискретные входы	→	Настройка		

4) Дискретные выходы.

Все реле являются свободно программируемыми.

Если устройство применяется в схемах на постоянном оперативном токе, то для предотвращения сваривания контактов выходных реле при коммутации мощной индуктивной нагрузки параллельно ей рекомендуется устанавливать защитный диод. При коммутации ЭМ выключателей в таких цепях, установка промежуточных реле обязательна.

Таблица 3.3 – Месторасположение настроек дискретных выходов

Главное меню		Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Дискретные выходы	→	Настройка		

5) Панель управления и индикации.

Панель управления и индикации состоит из индикатора, кнопок управления и светодиодов, отображающих режимы работы блока. Светодиоды обеспечивают дополнительную сигнализацию исправного состояния устройства и режимы его работы (Таблица 3.6).

По умолчанию на индикаторе отображаются основные текущие параметры защищаемого присоединения. Перемещение по меню, изменение уставок осуществляется с помощью кнопок управления (Таблица 3.7).

При срабатывании защит на сигнал или на отключение на индикаторе устройства будет отображаться соответствующее сообщение о произошедшем событии. Сообщение будет выводиться на индикаторе до тех пор, пока пользователь не произведет квитирование (сброс) защиты.

Внимание!

Квитирование защиты и, соответственно, снятие блокировки ручного включения с кнопки на лицевой панели устройства осуществляется только при отображении на индикаторе аварийного сообщения. Сброс из других меню устройства не производится. Таким образом, нажимая кнопку, пользователь подтверждает, что ознакомлен с произошедшим событием.

Сброс устройства также может быть осуществлен командой «РО» с помощью ключа или кнопки управления. Квитирование в таком случае производится только при отключенном положении выключателя.

При срабатывании подряд нескольких защит, квитирование с помощью кнопки на лицевой панели устройства осуществляется поочередно, для каждого сообщения. Информация обо всех сработавших защитах может быть просмотрена из меню устройства «Протоколы», подменю «Аварий».

Таблица 3.4 – Конфигурационные ключи настроек сброса защиты

Наименование конфигурационного ключа	Диапазон значений	Заводское значение	Обозначение в меню
S32 – Квитирование защиты по ДВ РО	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Квитирование по РО

Таблица 3.5 – Месторасположение настроек сброса защиты

Главное меню		Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Настройки блока	→	Сервисные настройки		

Таблица 3.6 – Светодиодная сигнализация

Название светодиода	Состояние	Расшифровка
Работа	Постоянное свечение зеленым с кратковременным промаргиванием	Исправное состояние устройства
	Постоянное свечение зеленым или не горит	Сбой в работе программы устройства
Неиспр блока	Постоянное свечение красным	Аппаратная неисправность блока
	Мигающий красный	Питание устройства от USB
RS485, Ethernet	Мигающий зеленый	Передача данных по каналу связи
У1 У2	Мигающий зеленый	Пуск задержки времени перехода на другую группу уставок
	Постоянное свечение зеленым	В работе группа уставок, соответствующая светодиоду
ДЗТ ввод МТЗ ввод ОЗЗ ввод ТЗОП ввод УРОВ ввод	Не горит	Защита выведена
	Постоянное свечение зеленым	Защита введена в работу
	Постоянное свечение красным	Защита в работе, но заблокирована с помощью ключа управления (кнопки)
ДЗТ сраб МТЗ сраб ОЗЗ ввод ТЗОП ввод УРОВ сраб	Не горит	Срабатывание защиты отсутствует
	Постоянное свечение красным	Защита находится в сработанном состоянии
Местное, дистанционное	Постоянное свечение зеленым	Текущее управление - МУ
	Постоянное свечение зеленым	Текущее управление - ТУ

Таблица 3.7 – Назначение кнопок управления

Обозначение	Название	Назначение
	Ввод	1. Вход в меню 2. Подтверждение ввода уставки или команды
	Отмена	1. Выход из меню 2. Отмена ввода уставки или ко-
	Возврат	Квитирование защит
	Вверх, вниз, влево, вправо	1. Навигация по меню 2. Ввод уставок
	МУ/ТУ	Переключение режима управления: МУ или ТУ
	Группа уставок	Переключение текущей группы уставок
	Горячие кнопки ввода	Кнопки оперативного ввода/вывода функций РЗиА
	Фиксации команды	Кнопка фиксации команды: - ввод/вывод функций РЗиА - переключение МУ/ТУ - переключение групп уставок

Внимание!

При нажатии на кнопки управления «ДЗТ», «МТЗ», «ГЗТ», «ОЗЗ», «ТЗОП», «УРОВ», «УСТ», «МУ» начинает мигать светодиод, находящийся рядом с нажатой кнопкой. Это означает, что устройство ждет подтверждение от пользователя о производимой операции. Подтверждение осуществляется путем нажатия на кнопку фиксации команды.

3.3 Внешние цепи устройства

Внешние цепи устройства приведены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Таблица 3.8 – Внешние цепи устройства

№ клемм	Назначение
Каналы измерения токов	
X1:1	Ток фазы А группы 1 (начало)
X1:2	Ток фазы А группы 1 (конец)
X1:3	Ток фазы В группы 1 (начало)
X1:4	Ток фазы В группы 1 (конец)
X1:5	Ток фазы С группы 1 (начало)
X1:6	Ток фазы С группы 1 (конец)
X1:7	Ток нулевой последовательности (начало)
X1:8	Ток нулевой последовательности (конец)
X1:9	Ток фазы А группы 2 (начало)
X1:10	Ток фазы А группы 2 (конец)
X1:11	Ток фазы В группы 2 (начало)
X1:12	Ток фазы В группы 2 (конец)
X1:13	Ток фазы С группы 2 (начало)
X1:14	Ток фазы С группы 2 (конец)

Таблица 3.8 – Внешние цепи устройства (продолжение)

№ клемм	Назначение
Каналы измерения напряжений	
X2:1	Напряжение Uав группы 1 (начало)
X2:2	Напряжение Uав группы 1 (конец)
X2:3	Напряжение Uвс группы 1 (начало)
X2:4	Напряжение Uвс группы 1 (конец)
X2:5	Напряжение 3Uo группы 1 (начало)
X2:6	Напряжение 3Uo группы 1 (конец)
X2:7	Напряжение Uав группы 2 (начало)
X2:8	Напряжение Uав группы 2 (конец)
X2:9	Напряжение Uвс группы 2 (начало)
X2:10	Напряжение Uвс группы 2 (конец)
X2:11	Напряжение 3Uo группы 2 (начало)
X2:12	Напряжение 3Uo группы 2 (конец)
Цепи интерфейса RS485-2 / PPS	
X3:1	Экран G
X3:2	Линия A
X3:3	Линия B
Цепи интерфейса RS485-1	
X4:1	Экран G
X4:2	Линия A
X4:3	Линия B

Таблица 3.8 – Внешние цепи устройства (продолжение)

№ клемм	Назначение	
Дискретные выходы группа 1		
X5:1-X5:2	К1	ОТКЛ
X5:3-X5:4	К2	ОТКЛ
X5:5-X5:6	К3	ВКЛ
X5:7-X5:8	К4	ОТКЛ СВ
X5:9-X5:10	К5	Резерв
X5:11-X5:12	К6	Резерв
X5:13-X5:14	К7	Резерв
X5:15-X5:16	К8	Пуск МТЗ
X5:17-X5:18	К9	ОЗЗ
X5:19-X5:20	К10	Резерв
X5:21-X5:22	К11	Резерв
X5:23-X5:24	К12	УРОВ
Дискретные входы группа 1		
X6:1-X6:2	ДВ1	ВКЛ
X6:1-X6:3	ДВ2	ОТКЛ
X6:4-X3:5	ДВ3	ТУ
X6:4-X3:6	ДВ4	Сброс сигнал
X6:7-X6:8	ДВ5	Уставки 2
X6:7-X6:9	ДВ6	ДВ ОБ
X6:10-X6:11	ДВ7	РПО
X6:10-X6:12	ДВ8	РПВ
X6:13-X6:14	ДВ9	Резерв
X6:13-X6:15	ДВ10	Резерв
X6:16-X6:17	ДВ11	Резерв
X6:16-X6:18	ДВ12	Резерв
X6:19-X6:20	ДВ13	Блок АУВ
X6:19-X6:21	ДВ14	Контроль ВВ
X6:22-X6:23	ДВ15	Резерв
X6:22-X6:24	ДВ16	Резерв

Таблица 3.8 – Внешние цепи устройства (продолжение)

№ клемм	Назначение	
Дискретные выходы группа 2		
X7:1-X7:3	К13	Авария
X7:4-X7:6	К14	Неисправность
X7:7-X7:9	К15	Вызов
X7:10-X7:12	К16	Неиспр ГИД
X7:13-X7:14	К17	Останов турб
X7:15-X7:16	К18	Гашение поля
X7:17-X7:18	К19	Защита ЭМО/ЭМВ
X7:19-X7:20	К20	Защита ЭМО2
X7:21-X7:22	К21	Резерв
X7:23-X7:24	К22	Резерв
Дискретные входы группа 2		
X8:3-X8:4	ДВ17	Резерв
X8:3-X8:5	ДВ18	Резерв
X8:6-X8:7	ДВ19	Авт ТН
X8:6-X8:8	ДВ20	Авт АГП
X8:9-X8:10	ДВ21	Блок АЧР
X8:9-X8:11	ДВ22	Блок ЗМН
X8:12-X8:13	ДВ23	Блок ДЗ
X8:12-X8:14	ДВ24	Блок МТЗ
X8:15-X8:16	ДВ25	Блок ЗЗ
X8:15-X8:17	ДВ26	Блок ТЗОП
X8:18-X8:19	ДВ27	Блок АПВ
X8:18-X8:20	ДВ28	Блок УРОВ
X8:21-X8:22	ДВ29	ДТ ЭМО1
X8:23-X8:24	ДВ30	ДТ ЭМВ
Цепи источника питания		
X8:1	Вход питания	
X8:2	Вход питания	

4 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ БЛОКА

Устройство является многофункциональным, обеспечивающим функции защит, управления, сигнализации и автоматики для различных типов защищаемых объектов. Предусмотрено несколько типов объектов для применения, отличающихся функционально различным набором устройств автоматики и некоторых видов защит:

- генератор;
- электродвигатель («ЭД»);

Для реализации всего набора функций РЗиА и их правильной работы необходимо:

- указать в настройках присоединения тип защищаемого объекта (Таблица 4.1);
- ввести номинальные параметры защищаемого объекта, по которым устройство рассчитывает номинальные токи и осуществляет приведение вторичных сигналов (Таблица 4.2).

Таблица 4.1 – Месторасположение параметров защищаемого объекта

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Параметры объекта →			

Таблица 4.2 – Параметры защищаемого объекта для защиты генератора и двигателя

Наименование конфигурационного ключа	Диапазон значений	Заводское значение	Обозначение в меню
Номинальный первичный ток, А	20 – 5000	225	Iном
Номинальное напряжение, кВ	0,40 – 35,00	6,40	Uном
Коэффициент мощности	0,60 – 0,99	0,80	Cos Fi
Максимальный ток НП в первичных величинах, А	1,00 – 200,00	50,00	3Io max
Коэффициент трансформации ТНП	1 – 100	30	Ктт ТНП
Ктт стороны линейных выводов	5 – 4000	45	Ктт лв
Ктт стороны нейтральных выводов	5 – 4000	45	Ктт нв

4.1 Описание функций защит

Возможные варианты применения функций защит и автоматики устройства для различных типов защищаемых объектов приведены в таблице ниже.

Таблица 4.3 – Варианты применения функций защит и автоматики

Функция РЗиА	Генератор	Электрический двигатель
ДТО	V	V
ДЗТ	V	V
Небаланс	V	V
МТЗ-1	V	V
МТЗ-2	V	V
МТЗ-3	V	V
ЗП	V	V
ЗЗ по основной частоте	V	V
ЗЗ по высшим гармоникам	V	–
ЗЗ от двойных замыканий	V	V
ТЗОП	V	V

Таблица 4.3 – Варианты применения функций защит и автоматики (продолжение)

Функция РЗиА	Генератор	Электрический двигатель
ЛЗШ	V	–
ЗДЗ	V	V
КЦН	V	V
ЗМН	V	V
ЗСЧ	V	–
ЗПЧ	V	–
АУВ	V	V
АЧР	–	V
ЗОМ	V	–
ЗТП	V	V
УРОВ	V	V
АПВ	–	V
Диагностика ВВ	V	V
Контроль SF6	V	V
КС, УС	V	–

4.1.1 Дифференциальная токовая отсечка

Отсечка предназначена для резервирования дифференциальной защиты при протекании токов междуфазных КЗ большой кратности, приводящих к насыщению первичных измерительных трансформаторов тока. Данная защита действует без торможения и ее время срабатывания не превышает 20мс. Пусковые органы защиты по току объединены по схеме «**ИЛИ**».

Запуск защиты происходит при превышении дифференциальным током одной из фаз уставки срабатывания пускового органа. Через выдержку времени формируется сигнал «**ДТО**» на отключение защищаемого объекта со всех сторон.

Для срабатывания защиты в первый период протекания тока КЗ, когда происходит насыщение ТТ, отдельным ключом предусмотрен ввод работы отсечки по мгновенным значениям. Её срабатывание происходит, если мгновенное значение дифференциального тока в два раза превышает уставку по току в течение 2мс.

В защите предусмотрена возможность задания выдержки времени. Небольшое замедление токовой отсечки (порядка 40мс) может потребоваться для лучшей отстройки от внешних КЗ и при пуске (самозапуске) электродвигателей.

Для оперативного ввода/вывода защиты предусмотрено несколько способов управления (Таблица 4.1.1).

Таблица 4.1.1 – Способы ввода/вывода ДТО

Способ ввода/вывода функции	Блокировка кнопки на ПУ	Состояние ДВ «Блок ДЗ»	Состояние ДВ «Блок ДТО»
Кнопка «ДЗТ»	Нет	Не настроен	Не настроен
ДВ «Блок ДЗ»	Да	0: работа функции 1: блокировка	Не настроен
ДВ «Блок ДТО»	Нет	Не настроен	0: работа функции 1: блокировка

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.3.

Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2 – Конфигурационные ключи ДТО

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В1 – Ввод в работу ДТО	Выведена Введена	Выведена	ДТО
В2 – Ввод в работу ДТО по мгновенным значениям	Выведена Введена	Выведена	ДТО по амп.Id

Таблица 4.1.3 – Технические параметры ДТО

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по току, ое	3,00 – 20,00	0,01	6,00	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов	–	–	0,95	–
Время срабатывания, с	0,00 – 0,10	0,01	0,02	Tср

Таблица 4.1.4 – Месторасположение уставок ДТО

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	Диф. защита →	ДТО

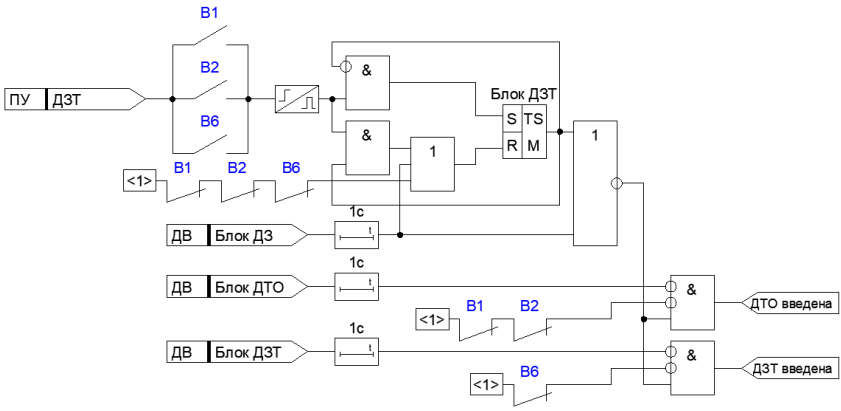


Рисунок 4.1.1 – Функциональная схема оперативного ввода/вывода в работу ДТО и ДЗТ

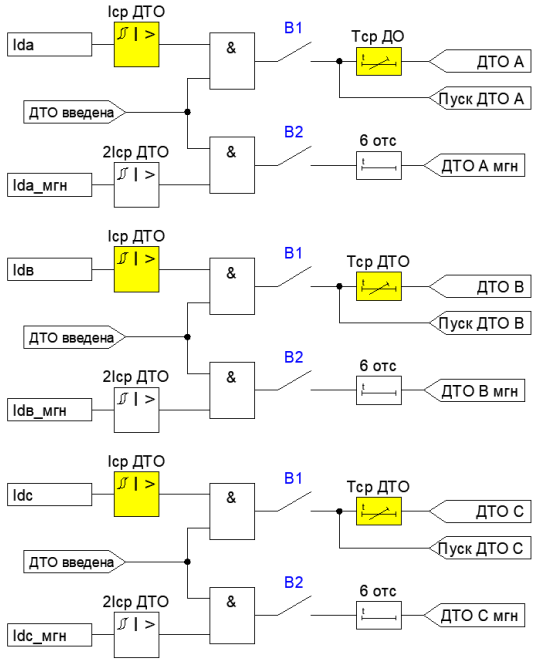


Рисунок 4.1.2 – Функциональная схема ДТО

4.1.2 Дифференциальная защита с торможением

Дифференциальная защита предназначена для селективной защиты генератора или двигателя от КЗ с малыми значениями дифференциальных токов (например, от витковых замыканий).

Дифференциальный ток защиты рассчитывается как геометрическая сумма значений приведенных фазных токов. Приведение осуществляется к стороне, у которой вторичный ток является максимальным. Значение этого тока принимается за базовое. Срабатывание защиты происходит при превышении одним из дифференциальных токов фаз уставки срабатывания пороговых органов в соответствии с характеристикой срабатывания.

Для предотвращения ложного срабатывания защиты в режиме внешних замыканий, а также в режиме с максимальными нагрузочными токами предусмотрено торможение защиты сквозными токами.

Тормозной сигнал определяется как геометрическая полуразность значений токов плеч. Зависимость тока срабатывания от тормозного сигнала представлена на Рисунке 4.1.4.

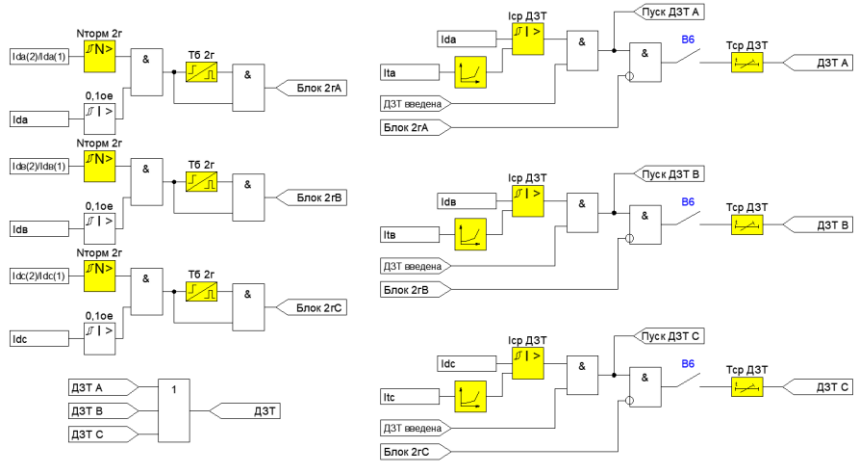


Рисунок 4.1.3 – Функциональная схема ДЗТ

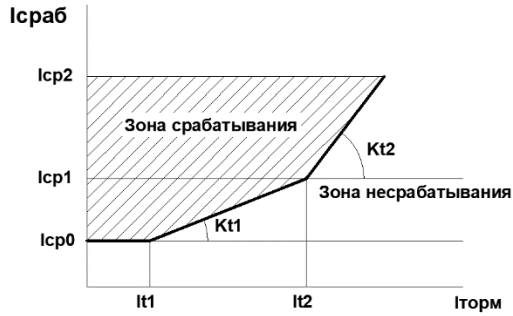


Рисунок 4.1.4 – Характеристика срабатывания ДЗТ

Характеристика ДЗТ состоит из трех участков, первый из которых всегда определяется только начальным током срабатывания, а второй и третий участки – начальными токами торможения и коэффициентами торможения. Начальный ток срабатывания дифференциальной защиты, а также начальные токи торможения задаются в относительных номинальных единицах. Уставка по второй гармонике задается в процентах. Рекомендуемое значение – 20%.

Рекомендуется производить электрическое соединение вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока в звезду. Это снижает нагрузку на ТТ и обеспечивает правильную работу устройства. При невозможности соединения вторичных цепей трансформаторов тока в звезду в настройках блока необходимо указать, что компенсация фазового сдвига производится внешним способом. В таком случае внутренних преобразований сигналов осуществляться не будет.

По Таблице 4.1.8 необходимо выбрать и задать в устройстве группы цифровой сборки токовых цепей. При вводе необходимо учитывать группу подключения вторичных цепей измерительных трансформаторов тока:

- первичные и вторичные токи сонаправлены – нулевая группа;
- первичные и вторичные токи направлены встречно – шестая группа.

Таблица 4.1.5 – Конфигурационные ключи ДЗТ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В6 – Ввод в работу ДЗТ	Выведена Введена	Выведена	ДЗТ
S19 – Сборка вторичных цепей ТТ	Программно Внешняя	Программно	Сборка втор. цепей ТТ

Таблица 4.1.6 – Номер групп ТТ и формулы для вычисления приведенных токов

Номер группы ТТ	Фаза А	Фаза В	Фаза С
0	$I'_A = I_A$	$I'_B = I_B$	$I'_C = I_C$
6	$I'_A = -I_A$	$I'_B = -I_B$	$I'_C = -I_C$

Для оперативного ввода/вывода защиты предусмотрено несколько способов управления (Таблица 4.1.7).

Таблица 4.1.7 – Способы ввода/вывода ДЗТ

Способ ввода/вывода функции	Блокировка кнопки на ПУ	Состояние ДВ «Блок ДЗ»	Состояние ДВ «Блок ДЗТ»
Кнопка «ДЗТ»	Нет	Не настроен	Не настроен
ДВ «Блок ДЗ»	Да	0: работа функции 1: блокировка	Не настроен
ДВ «Блок ДЗТ»	Нет	Не настроен	0: работа функции 1: блокировка

Таблица 4.1.8 – Группы математической сборки токовых цепей

Группа, задаваемая в настройках устройства			
Со стороны линейных выводов		Со стороны нейтральных выводов	
ТТ 0 группы	ТТ 6 группы	ТТ 0 группы	ТТ 6 группы
6	0	0	6
0	6	6	0

Таблица 4.1.9 – Месторасположение уставок ДЗТ

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	Диф. защита →	ДЗТ
Настройки блока →	Сервисные настройки →		

Таблица 4.1.10 – Технические параметры ДЗТ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Начальный ток срабатывания, ое	0,20 – 1,50	0,01	0,30	Начальный ток срабатывания
Ток торможения участка 1, ое	0,10 – 1,00	0,01	0,50	Ток торм. участок 1
Ток торможения участка 2, ое	1,00 – 2,00	0,01	1,00	Ток торм. участок 2
Коэффициент торможения на участке 1	0,20 – 0,90	0,01	0,30	Кторм участок 1
Коэффициент торможения на участке 2	0,30 – 0,90	0,01	0,50	Кторм участок 2
Коэффициент возврата пусковых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания, с	0,00 – 0,50	0,01	0,02	Время срабатывания
Уровень блокировки по второй гармоники, %	10 – 80	1	20	Ур. блок по 2 гармонике
Время блокировки по второй гармонике, с	0,00 – 2,00	0,01	0,10	Время блок. по 2 гармонике

4.1.3 Сигнализация небаланса

Функция сигнализации небаланса предназначена для предупреждения обслуживающего персонала об увеличении тока небаланса при неправильном расчете уставок или при неисправностях во вторичных цепях ТТ (Рисунок 4.1.5).

Срабатывание функции действует только на сигнализацию, отключение выключателей не производится.

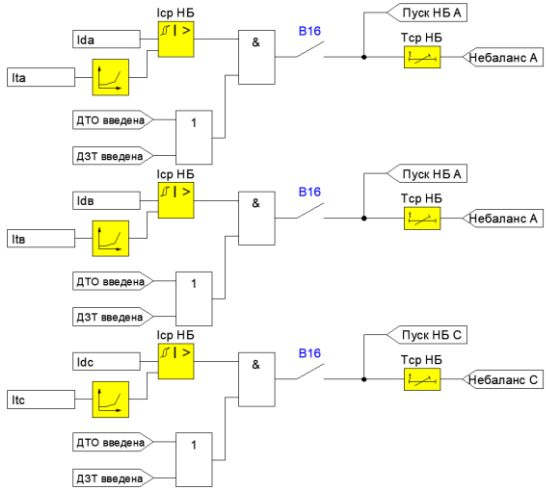


Рисунок 4.1.5 – Функциональная схема сигнализации небаланса

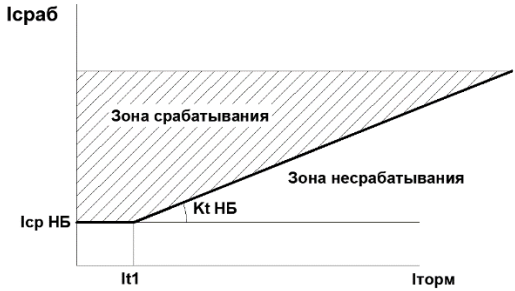


Рисунок 4.1.6 – Характеристика срабатывания функции небаланса

Таблица 4.1.11 – Конфигурационные ключи функции небаланса

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В16 – Ввод в работу функции небаланса	Выведена Введена	Выведена	Небаланс

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.12.

Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.13.

Таблица 4.1.12 – Технические параметры функции небаланса

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания, ое	0,10 – 1,00	0,01	0,50	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов	–	–	0,95	–
Коэффициент торможения	0,05 – 0,50	0,01	0,20	Кторможения
Время срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	10,00	Тср

Таблица 4.1.13 – Месторасположение уставок функции небаланса

Главное меню		Подменю 1		Подменю 2		Подменю 3
Уставки защит	→	Уставки 1 / 2	→	Диф. защита	→	Небаланс

4.1.4 Защита от симметричной перегрузки статора

Защита от перегрузки предназначена для защиты машины от длительной симметричной перегрузки. Защита имеет две ступени, первая из которых действует на сигнализацию. Вторая ступень действует на отключение выключателя.

Ступень на отключение может иметь независимую или обратнозависимую времятоковую характеристику срабатывания. Пуск зависимой ступени происходит при превышении током со стороны нейтральных выводов 1,1*Iном. Время срабатывания ступени вычисляется по формуле:

$$\text{Тср} = \frac{\text{К}_{\text{тп}}\text{"А"}}{\left(\frac{I_{\text{НВ}}}{I_{\text{ном НВ}}}\right)^2 - 1},$$

где:

- Ктп «А» - коэффициент тепловой перегрузки статора;

- Iнв – максимальный фазный ток со стороны нейтральных выводов;
- Iном нв – номинальный ток стороны нейтральных выводов.

Оперативная блокировка защиты от перегрузки может осуществляться с помощью сигнала **«Блок ЗП»**.

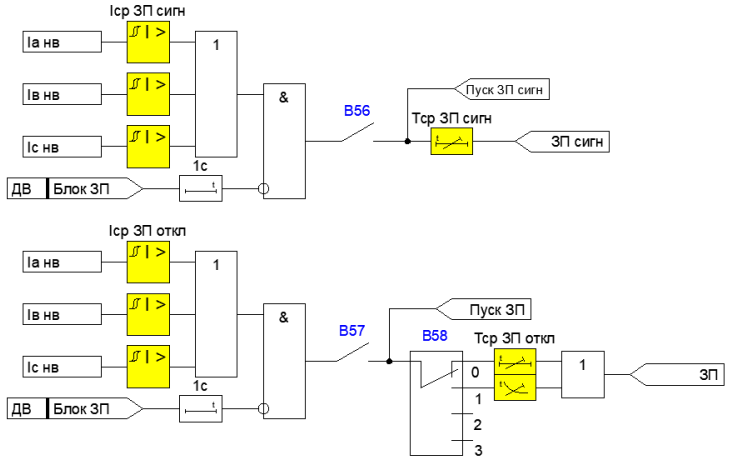


Рисунок 4.1.6 – Функциональная схема перегрузки

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.16.
Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.15.

Таблица 4.1.14 – Конфигурационные ключи функции перегрузки

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B56 - Ввод в работу защиты от перегрузки на сигнал	Выведена Введена	Выведена	ЗП на сигн
B57 – Ввод в работу защиты от перегрузки на отключение		Выведена	ЗП на откл
B58 – Тип ТХС ступени на отключение	Независимая Зависимая	Независимая	Тип ТХС

Таблица 4.1.15 – Месторасположение уставок функции перегрузки

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	ЗП →	ЗП на сигнал
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	ЗП →	ЗП на откл

Таблица 4.1.16 – Технические параметры защиты от перегрузки

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания на сигнал, А	0,50 – 200,00	0,01	10,00	Iср сигн
Ток срабатывания на отключение, А	0,50 – 200,00	0,01	10,00	Iср откл
Коэффициент возврата пусковых органов	–	–	0,95	–
Время срабатывания на сигал, с	0,00 – 500,00	0,01	10,00	Тср сигн
Время срабатывания на отключение, с	0,00 – 500,00	0,01	10,00	Тср откл
Коэффициент тепловой перегрузки статора «А»	1 – 300	1	50	Ктп «А» стат

4.1.5 Токовая защита обратной последовательности

В устройстве предусмотрены четыре независимые ступени токовой защиты обратной последовательности.

Первая ступень имеет независимую выдержку времени и действует на отключение выключателя.

Вторая ступень имеет две независимые выдержки времени. С первой выдержкой времени ступень действует на отключение секционного или шинносоединительного выключателя. Наличие СВ/ШСВ задается в настройках защищаемого объекта. Со второй выдержкой времени ступень действует на отключение генераторного выключателя.

Третья ступень имеет две выдержки времени. С первой выдержкой времени ступень действует на отключение секционного или шинносоединительного выключателя. Вторая выдержка времени на отключение генераторного выключателя может быть с независимой или зависимой характеристикой. Время срабатывания по зависимой характеристике определяется как:

$$\text{Тср} = \frac{\text{К}_{\text{тп}}\text{"А"}}{\left(\frac{I_{2\ \text{ЛВ}}}{I_{\text{ном ЛВ}}}\right)^2},$$

где:

- Ктп «А» - коэффициент тепловой перегрузки ротора;
- I2 лв – ток обратной последовательности со стороны линейных выводов;
- Iном лв – номинальный ток стороны линейных выводов.

Четвертая ступень ТЗОП действует с независимой выдержкой времени только на сигнализацию.

Для оперативного ввода/вывода защиты предусмотрено несколько способов управления (Таблица 4.1.17).

Таблица 4.1.17 – Способы ввода/вывода ТЗОП

Способ ввода/вывода функции	**Блокировка кнопки на ПУ**	**Состояние ДВ «Блок ТЗОП»**	**Состояние ДВ «Блок ТЗОП-1/2/3»**
Кнопка «ТЗОП»	Нет	Не настроен	Не настроен
ДВ «Блок ТЗОП»	Да	0: работа ТЗОП 1: блок. ТЗОП	Не настроен
ДВ «Блок ТЗОП-1»	Нет	Не настроен	0: работа ТЗОП-1 1: блок. ТЗОП-1
ДВ «Блок ТЗОП-2»	Нет	Не настроен	0: работа ТЗОП-2 1: блок. ТЗОП-2
ДВ «Блок ТЗОП-3»	Нет	Не настроен	0: работа ТЗОП-3 1: блок. ТЗОП-3

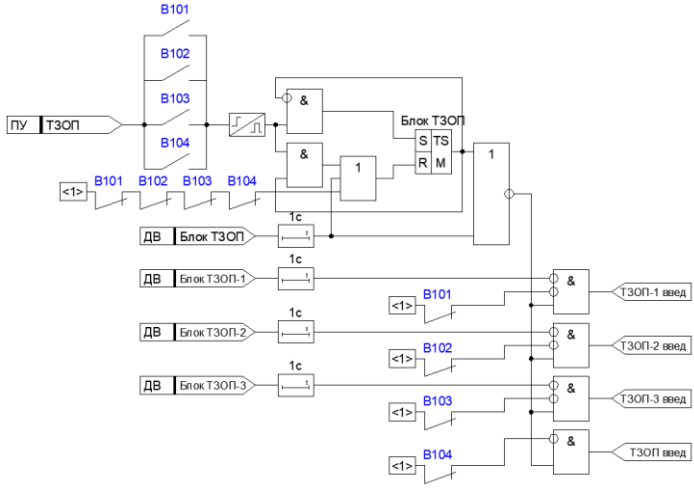


Рисунок 4.1.7 – Функциональная схема оперативного ввода/вывода в работу ТЗОП

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.20.
Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.19.

Таблица 4.1.18 – Конфигурационные ключи ТЗОП

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B101 - Ввод в работу ТЗОП-1	Выведена Введена	Выведена	ТЗОП-1
B102 - Ввод в работу ТЗОП-2		Выведена	ТЗОП-2
B103 - Ввод в работу ТЗОП-2		Выведена	ТЗОП-3
B104 - Ввод в работу ТЗОП на сигнал		Выведена	ТЗОП сигн
B105 – Тип ТХС для ТЗОП-3	Независ Зависимая	Независ	Тип ТХС
S18 – Наличие СВ/ШСВ на СШ	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Наличие СВ/ШСВ

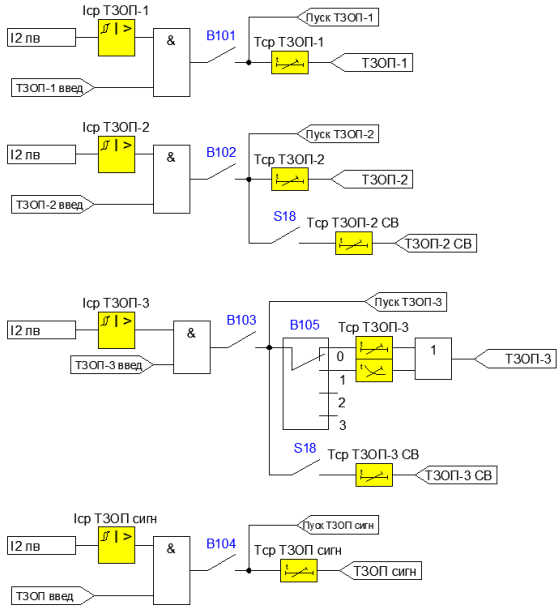


Рисунок 4.1.8 – Функциональная схема ТЗОП

Таблица 4.1.19 – Месторасположение уставок ТЗОП в меню устройства

Главное меню	**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	ТЗОП-1/2/3	
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	ТЗОП сигн	
Уставки защит →	Уставки 1 / 2 →	ТЗОП ЭД	
Уставки защит →	Параметры объекта		

Таблица 4.1.20 – Технические параметры ТЗОП

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания во вторичных величинах ТЗОП-1, А	0,20 – 50,00	0,01	5,00	Iср ТЗОП-1
Ток срабатывания во вторичных величинах ТЗОП-2, А	0,20 – 20,00	0,01	1,00	Iср ТЗОП-2
Ток срабатывания во вторичных величинах ТЗОП-3, А	0,20 – 20,00	0,01	1,00	Iср ТЗОП-3
Ток срабатывания во вторичных величинах ТЗОП сигн, А	0,20 – 20,00	0,01	1,00	Iср ТЗОП сигн
Ток срабатывания во вторичных величинах ТЗОП ЭД, А	0,20 – 50,00	0,01	5,00	Iср ТЗОП ЭД
Коэффициент возврата пусковых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания ТЗОП-1, с	0,00 – 300,00	0,01	0,50	Tср ТЗОП-1
Время срабатывания ТЗОП-2, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср ТЗОП-2
Время срабатывания ТЗОП-2 на отключение СВ, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср ТЗОП-2 СВ
Время срабатывания ТЗОП-3, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср ТЗОП-3
Время срабатывания ТЗОП-3 на отключение СВ, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср ТЗОП-3 СВ
Время срабатывания ТЗОП сигн, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср ТЗОП сигн
Время срабатывания ТЗОП ЭД, с	0,00 – 300,00	0,01	0,50	Tср ТЗОП ЭД
Коэффициент тепловой перегрузки ротора «А»	1,00 – 50,00	0,01	10,00	Кпр «А» рот

4.1.6 Максимальная токовая защита

МТЗ предназначены для защиты от междуфазных коротких замыканий, а также выполняют функции резервирования основных защит. Защиты могут быть настроены в следующих конфигурациях (Таблица 4.1.26):

- направленная защита;
- с пуском по напряжению (коррекцией по напряжению);
- с комбинированным пуском по напряжению;
- с ускорением после включения (по положению сигнала РПО).

Функциональные схемы МТЗ-1, МТЗ-2 и МТЗ-3 приведены на Рисунке 4.1.13 – 4.1.15.

Для отстройки от пусковых токов нагрузки и повышения чувствительности токовых защит некоторые ступени МТЗ могут быть дополнены пусковыми органами по напряжению (Рисунок 4.1.9). Возможен ввод пускового органа по линейным напряжениям и по напряжению обратной последовательности (комбинированный пуск).

Если устройство питается от USB или выявлена аппаратная неисправность измерительных цепей напряжения ГИД, то работа ПОН блокируется.

Для защиты генератора третья ступень МТЗ может быть выполнена с коррекцией токовых уставок по напряжению. Значение уставки будет изменяться (Рисунок 4.1.10) в зависимости от величины линейных напряжений на выводах генератора по формуле:

$$I\text{ср} = \frac{I_{\text{УСТ}} * \left(4\frac{U_{\text{ГР}}}{U_{\text{НОМ}}} - 0{,}2\right)}{3},$$

где:

- Uгр – минимальное значение из трех линейных напряжений на выводах генератора;
- Iуст – уставка по току для МТЗ-3;
- Uном – номинальное напряжение генератора.

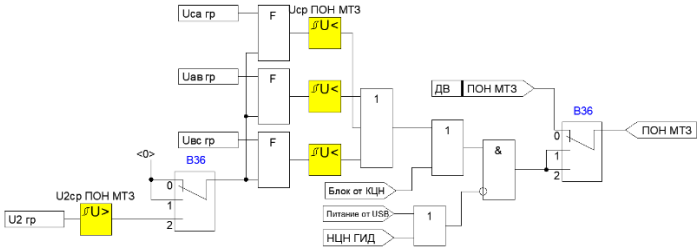


Рисунок 4.1.9 – Функциональная схема ПОН МТЗ

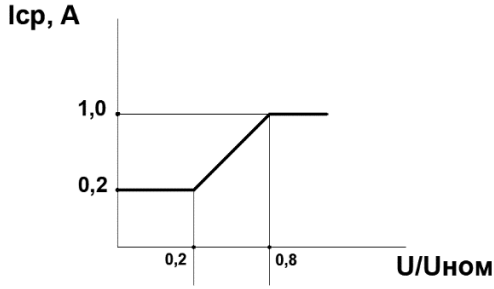


Рисунок 4.1.10 – График коррекции уставки по току для МТЗ-3

Для ускорения действия защит после оперативного включения выключателя и в циклах АПВ для МТЗ возможно ввести ускорение. УМТЗ вводится после пропадания сигнала **«РПО»** на время **«Тву»**. Выдержка времени для ускорения задается уставкой **«Тумтз»**. Время ввода ускорения и время его срабатывания задаются одинаковыми для всех ступеней.

Для определения направления мощности используется «девяностоградусная схема». Устройство определяет углы между фазным током и линейным напряжением для каждой пары сигналов (I_A^U_{BC}), (I_B^U_{CA}), (I_C^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 $ф_{МЧ}$ и величину сектора $ф_{СЕКТ}$, тогда область срабатывания будет определяться диапазоном $–(90-ф_{СЕКТ}/2)^0 ≤ ф_{МЧ} ≤ +(90-ф_{СЕКТ}/2)^0$. Схема определение направления мощности приведена на Рисунке 4.1.11. Угол максимальной чувствительности задается один для всех ступеней МТЗ.

При неисправностях в цепях напряжения происходит отказ ОНМ. В таком случае возможна или полная блокировка МТЗ или перевод ее в ненаправленный режим. Для таких случаев предусмотрен дополнительный ключ, который определяет режим работы ОНМ:

- разрешает работу ступени МТЗ при неисправности цепей напряжения (вывод пуска – МТЗ переводится в ненаправленный режим);
- блокирует работу МТЗ при неисправности цепей напряжения (МТЗ блокируется).

При близких трехфазных КЗ возможно значительное снижение напряжения. Для исключения отказа защиты в таких случаях ОНМ запоминает последние пять периодов синусоиды напряжения и восстанавливает по ним угол между током и напряжением. Определение угла между током и напряжением блокируется при Uав/Uвс/Uса ≤ 10В и Iа/Iв/Iс ≤ 1А (вторичные значения).

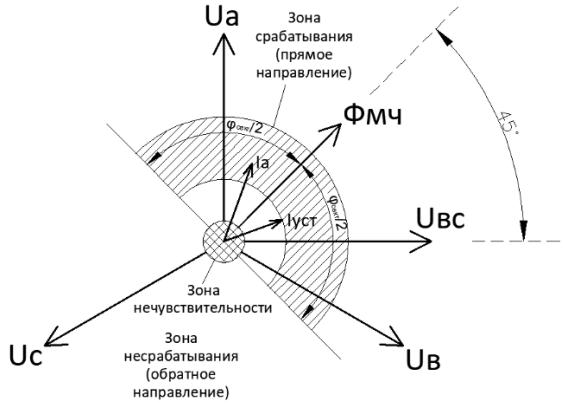


Рисунок 4.1.11 – Определение направления мощности

Для оперативного ввода/вывода защиты предусмотрено несколько способов управления (Таблица 4.1.21).

Таблица 4.1.21 – Способы ввода/вывода МТЗ

Способ ввода/вывода функции	Блокировка кнопки на ПУ	Состояние ДВ «Блок МТЗ»	Состояние ДВ «Блок МТЗ-1/2/3»
Кнопка «МТЗ»	Нет	Не настроен	Не настроен
ДВ «Блок МТЗ»	Да	0: работа МТЗ 1: блок. МТЗ	Не настроен
ДВ «Блок МТЗ -1»	Нет	Не настроен	0: работа МТЗ-1 1: блок. МТЗ-1
ДВ «Блок МТЗ -2»	Нет	Не настроен	0: работа МТЗ-2 1: блок. МТЗ-2
ДВ «Блок МТЗ -3»	Нет	Не настроен	0: работа МТЗ-3 1: блок. МТЗ-3

Таблица 4.1.22 – Технические параметры ОНМ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Угол максимальной чувствительности $\phi_{МЧ}$, град	0 – 359,9	0,1	45,0	Fмч
Угол сектора срабатывания $\phi_{сектр}$, град	40,0 – 180,0	0,1	180,0	Fсектр

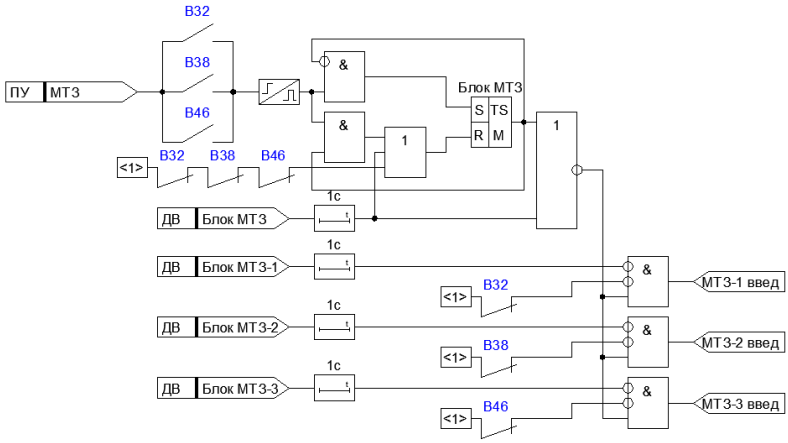


Рисунок 4.1.12 – Функциональная схема оперативного ввода/вывода в работу МТЗ

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.25.
Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.27.

Таблица 4.1.23 – Конфигурационные ключи ПОН МТЗ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В36 – Режим работы ПОН НН	ДВ Uл Uл + U2	ДВ	Режим ПОН

Таблица 4.1.24 – Технические параметры ПОН

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Напряжение срабатывания во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	50,0	Uср
Напряжение срабатывания обратной последовательности во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	20,0	U2ср
Коэффициент возврата пусковых органов по напряжению	–	–	(0,95) 1,05	–

Таблица 4.1.25 – Технические параметры МТЗ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания во вторичных величинах, А	0,10 – 200,00	0,01	50,00	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов по току	0,50 – 0,99	0,01	0,95	Квозв
Время срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	0,50	Тср
Время срабатывания на ХХ, с	0,00 – 300,00	0,01	0,50	Тср ХХ
Время срабатывания на СВ, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Тср СВ
Время возврата, с	0,00 – 2,00	0,01	0,00	Твозв
Время ввода ускорения, с	0,10 – 5,00	0,01	1,00	Тву
Время срабатывания УМТЗ, с	0,00 – 10,00	0,01	0,10	Тумтз
Уставка по коэффициенту TMS (для ТХС), с	0,10 – 10,00	0,01	1,00	TMS

Таблица 4.1.26 – Конфигурационные ключи МТЗ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В32 - Ввод в работу МТЗ-1	Выведена Введена	Выведена	МТЗ-1
В38 - Ввод в работу МТЗ-2		Выведена	МТЗ-2
В46 - Ввод в работу МТЗ-3		Выведена	МТЗ-3
В33 – ОНМ МТЗ-1	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	ОНМ
В37 – ОНМ МТЗ-2		ОТКЛ	ОНМ
В49 – ОНМ МТЗ-3		ОТКЛ	ОНМ
В34 - Пуск по напряжению МТЗ-1	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Пуск по U
В39 - Пуск по напряжению МТЗ-2		ОТКЛ	Пуск по U
В50 - Пуск по напряжению МТЗ-3 ЭД		ОТКЛ	Пуск по U
В47 - Пуск по напряжению МТЗ-3	ОТКЛ Пуск по U Коррекция U	ОТКЛ	Пуск по U

Таблица 4.1.26 – Конфигурационные ключи МТЗ (продолжение)

В40 – Ускорение МТЗ-2	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	УМТЗ
В48 – Ускорение МТЗ-3		ОТКЛ	УМТЗ
В40 – Тип ТХС МТЗ-2	Независимая ТХС на выбор	Независимая	Тип ТХС
В42 – Тип ТХС МТЗ-2 СВ		Независимая	Тип ТХС
В51 – Тип ТХС МТЗ-3 для ЭД		Независимая	Тип ТХС
В31 – работа ОНМ при НЦН	Блок Вывод пуска	Блок	Работа ОНМ при НЦН

Таблица 4.1.27 – Месторасположение уставок МТЗ в меню устройства

Главное меню	**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	Общие МТЗ	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	МТЗ-1	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	МТЗ-2	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	МТЗ-3	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ПОН МТЗ	
Уставки защит →	Параметры объекта		

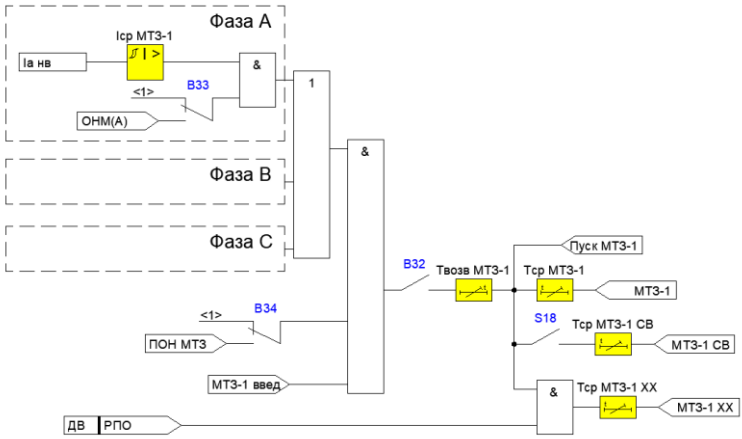


Рисунок 4.1.13 – Функциональная схема МТЗ-1

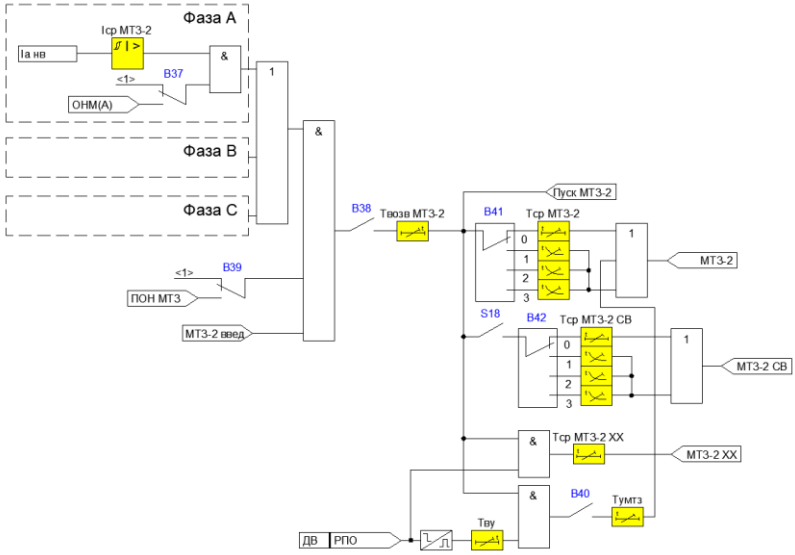


Рисунок 4.1.14 – Функциональная схема МТЗ-2

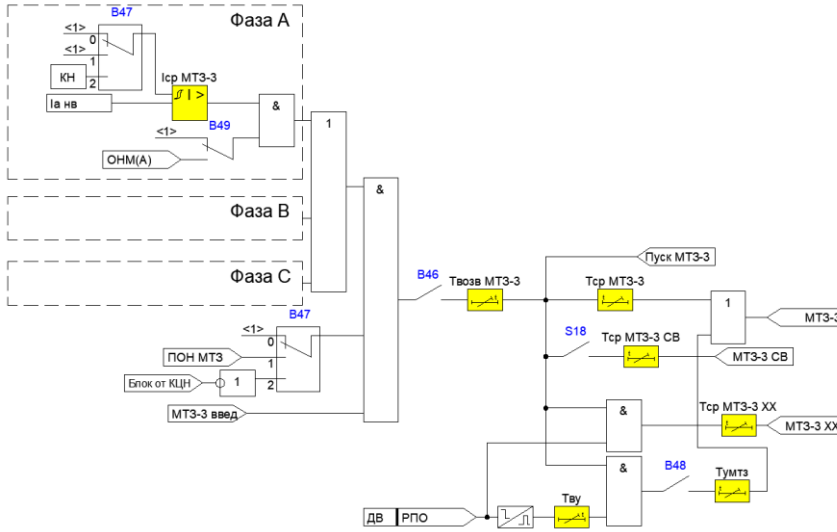


Рисунок 4.1.15 – Функциональная схема МТЗ-3

4.1.7 Защита от замыканий на землю

ЗЗ предназначена для защиты от однофазных замыканий на землю в обмотке статора. Предусмотрено три ступени от ОЗЗ.

1. Защита от ОЗЗ по основной частоте. Данная ступень может быть настроена в следующих конфигурациях (Таблица 4.1.28):

- ненаправленная защита по току;
- ненаправленная защита по току с пуском по напряжению;
- сигнализация ОЗЗ по 3Uo;
- направленная защита;
- с действием на сигнал или отключение.

2. Защита от ОЗЗ по высшим гармоникам. Данная ступень может быть настроена в следующих конфигурациях:

- ненаправленная защита по току;
- ненаправленная защита по току с пуском по напряжению.

3. Защита от двойных замыканий на землю. Пусковые органы данной защиты работают по измеряемому значению тока нулевой последовательности и расчетному значению.

Функциональные схемы ЗЗ, ЗЗ ВГ и ЗЗ ДЗ приведены на Рисунке 4.1.18 – 4.1.20.

Таблица 4.1.28 – Конфигурационные ключи ЗОЗЗ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B81 – Работа ОНМ при НЦН	Блок Вывод пуска	Блок	Работа ОНМ при НЦН
B82 - Ввод/вывод защиты из действия	Выведена Введена	Выведена	ЗЗ
B83 – Тип ЗЗ	3Io 3Io + 3Uo 3Uo Направл	3Io	Тип
B84 - Действие защиты	ОТКЛ Сигнал	ОТКЛ	Срабатывание
B85 – Сигнализация ОЗЗ в сети	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Сигнал ОЗЗ в сети
B87 - Ввод/вывод защиты из действия по высшим гармоникам	Выведена Введена	Выведена	ЗЗ ВГ
B88 – Пуск по напряжению для ЗЗ ВГ	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Пуск по U ЗЗ ВГ
B89 - Ввод/вывод защиты из действия от двойных замыканий	Выведена Введена	Выведена	ЗЗ ДЗ

Таблица 4.1.29 – Месторасположение уставок ЗОЗЗ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	Общие настройки	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗЗ по осн. частоте	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗЗ по высш. гармоникам	
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗЗ от двойных замыканий	

Для оперативного ввода/вывода защиты предусмотрено несколько способов управления (Таблица 4.1.30).

Таблица 4.1.30 – Способы ввода/вывода ЗОЗЗ

Способ ввода/вывода функции	Блокировка кнопки на ПУ	Состояние ДВ «Блок ЗОЗЗ»	Состояние ДВ «Блок ЗЗ, ЗЗ ВГ, ЗЗ ДЗ»
Кнопка «ОЗЗ»	Нет	Не настроен	Не настроен
ДВ «Блок ЗОЗЗ»	Да	0: работа ЗОЗЗ 1: блок. ЗОЗЗ	Не настроен
ДВ «Блок ЗЗ»	Нет	Не настроен	0: работа ЗЗ 1: блок. ЗЗ
ДВ «Блок ЗЗ ВГ»	Нет	Не настроен	0: работа ЗЗ ВГ 1: блок. ЗЗ ВГ
ДВ «Блок ЗЗ ДЗ»	Нет	Не настроен	0: работа ЗЗ ДЗ 1: блок. ЗЗ ДЗ

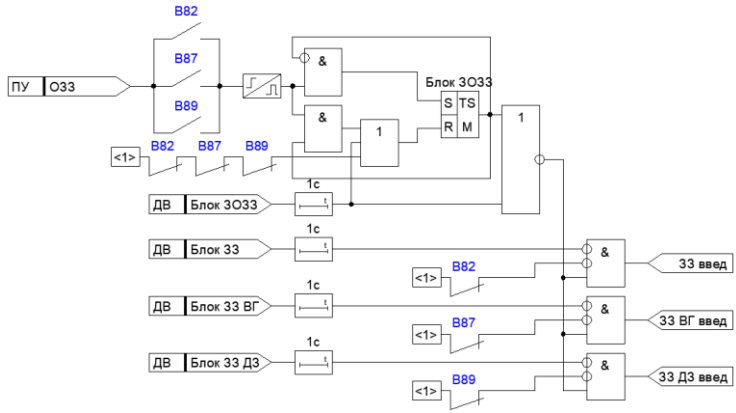


Рисунок 4.1.16 – Функциональная схема оперативного ввода/вывода в работу ЗОЗЗ

Область срабатывания направленной ОНМ задается, как и у МТЗ, углом максимальной чувствительности $\phi_{МЧ}$. Тогда область срабатывания будет определяться диапазоном $-(90-\phi_{СЕКТ}/2)^0 \le \phi_{МЧ} \le +(90-\phi_{СЕКТ}/2)^0$. Отсчет вышеупомянутых углов ведется от оси вектора 3Uo против часовой стрелки (Рисунок 4.1.17). Определение угла между током и напряжением блокируется при 3Uo ≤ 10В и 3Io ≤ 15мА (вторичные значения).

При неисправностях в цепях напряжения токовая защита с пуском по напряжению переводится в токовый режим. Направленная защита может работать в следующих режимах (определяется отдельным ключом):

- вывод пуска – ЗЗ переводится в ненаправленный режим;
- блокируется.

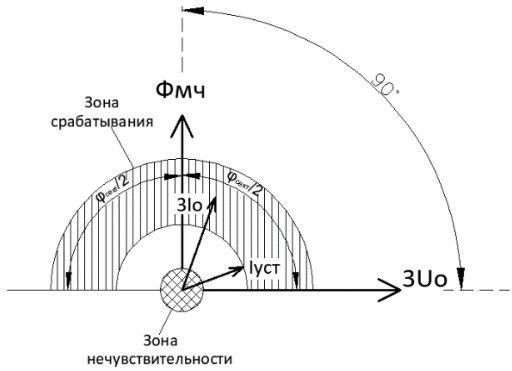


Рисунок 4.1.17 – Определение направления мощности нулевой последовательности

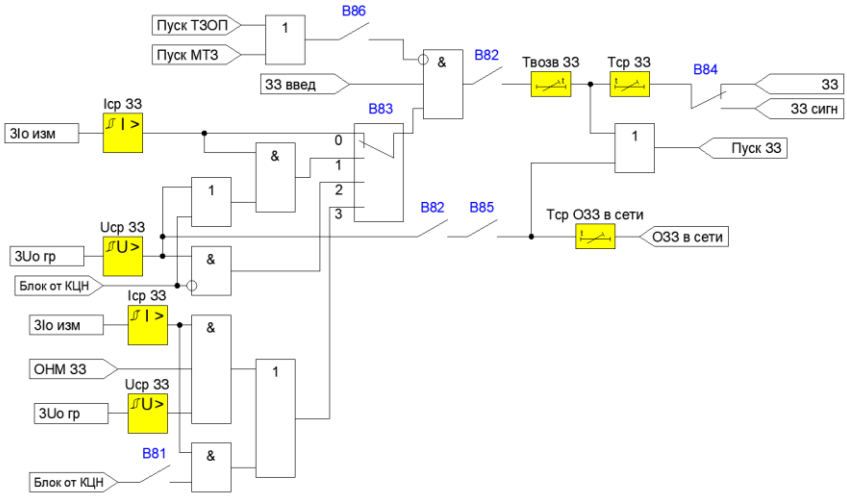


Рисунок 4.1.18 – Функциональная схема ЗЗ по основной частоте

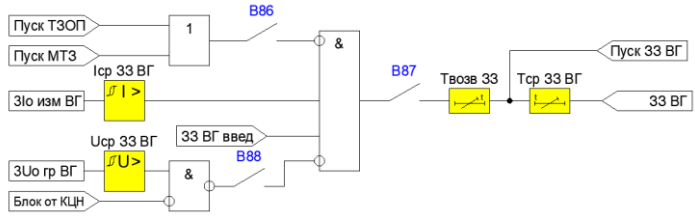


Рисунок 4.1.19 – Функциональная схема ЗЗ по высшим гармоникам

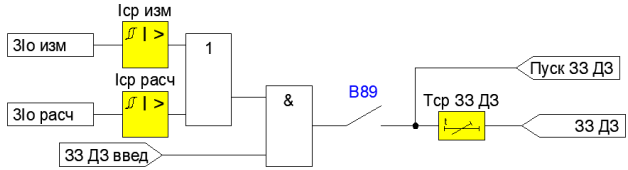


Рисунок 4.1.20 – Функциональная схема ЗЗ от двойных замыканий на землю

Таблица 4.1.31 – Технические параметры ЗОЗЗ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по измеренному току в первичных величинах, А	0,05 – 100,00	0,01	3,00	Iср изм
Уставка по расчетному току в первичных величинах, А	50 – 200	1	100	Iср расч
Коэффициент возврата пусковых органов по току	---	---	0,95	---
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Тср
Уставка по времени возврата, с	0,00 – 10,00	0,01	0,00	Твозв
Угол максимальной чувствительности $ф_{мч}$, град	0,0 – 359,9	0,1	90,0	Fмч ЗЗ
Угол сектора срабатывания $ф_{сектр}$, град	40,0 – 180,0	0,1	180,0	Fсектр
Уставка по напряжению во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	30,0	Uср
Коэффициент возврата пусковых органов по напряжению	---	---	1,05	---

4.1.8 Логическая защита шин

ЛЗШ предназначена для ликвидации КЗ на сбоных шинах без выдержки времени. Для этого сигналы от пусковых органов МТЗ нижестоящих присоединений заводятся на дискретные входы вышестоящих защит в качестве входных сигналов «**ДВ ЛЗШ**». В зависимости от типа схемы ЛЗШ данные сигналы (Рисунок 4.1.21):

- блокируют действие ЛЗШ при параллельной схеме;
- разрешают действие защиты при последовательной схеме.

Отключение выключателя происходит по истечении времени регулируемой выдержки времени «**Тср лзш**» в случае отсутствии блокировки от устройств отходящих присоединений и выполнении следующих условий:

- наличие сигнала «**Пуск МТЗ-2/3**»;
- срабатывание собственного пускового органа по току ЛЗШ.

При длительном наличии логической единицы на входе для параллельной схемы и отсутствии сигнала для последовательной схемы, формируется сигнал неисправности «**Неиспр ЛЗШ**».

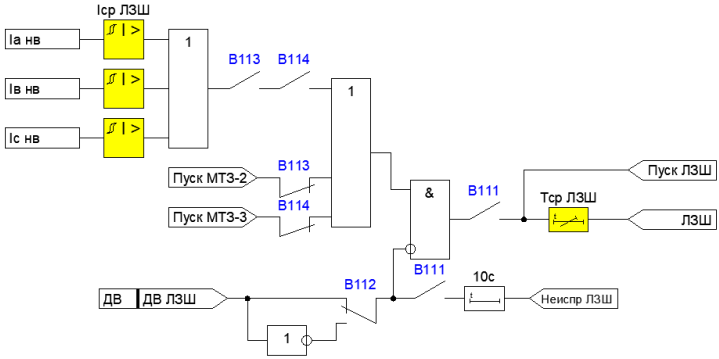


Рисунок 4.1.21 – Функциональная схема ЛЗШ

Описание конфигурационных ключей ЛЗШ приведено в Таблице 4.1.33. Технические параметры защиты приведены в Таблице 4.1.32. Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.34.

Таблица 4.1.32 – Технические параметры ЛЗШ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания во вторичных величинах, А	0,50 – 200,00	0,01	1,00	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания, с	0,00 – 10,00	0,01	0,20	Tср

Таблица 4.1.33 – Конфигурационные ключи ЛЗШ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В111 - Ввод в работу ЛЗШ	Выведена Введена	Выведена	ЛЗШ
В112 - Тип ЛЗШ	Параллельная Последов-ная	Параллельная	Тип
В113 - Пуск от МТЗ-2	ОТКЛ ВКЛ	ВКЛ	Пуск по МТЗ-2
В114 - Пуск от МТЗ-3		ВКЛ	Пуск по МТЗ-3

Таблица 4.1.34 – Месторасположение уставок ЛЗШ в меню

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1-2 →	ЛЗШ	

4.1.9 Защита минимального напряжения

ЗМН предназначена для обеспечения надежной работы ответственных потребителей при недопустимом снижении напряжения в электрической сети. Значительное снижение возможно при близких коротких замыканиях или при значительных перегрузках. В таких режимах защита производит отключение неответственных присоединений, что позволяет сохранить питание и самозапуск ответственной нагрузки.

Предусмотрено две ступени ЗМН, первая из которых действует на сигнализацию, а вторая на отключение.

Функциональные схемы ЗМН приведены на Рисунке 4.1.22.

Защита срабатывает при снижении всех линейных напряжений ниже уставки срабатывания. При неисправностях в цепях напряжения ступени ЗМН блокируются.

Технические параметры приведены в Таблице 4.1.30.
Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.31.

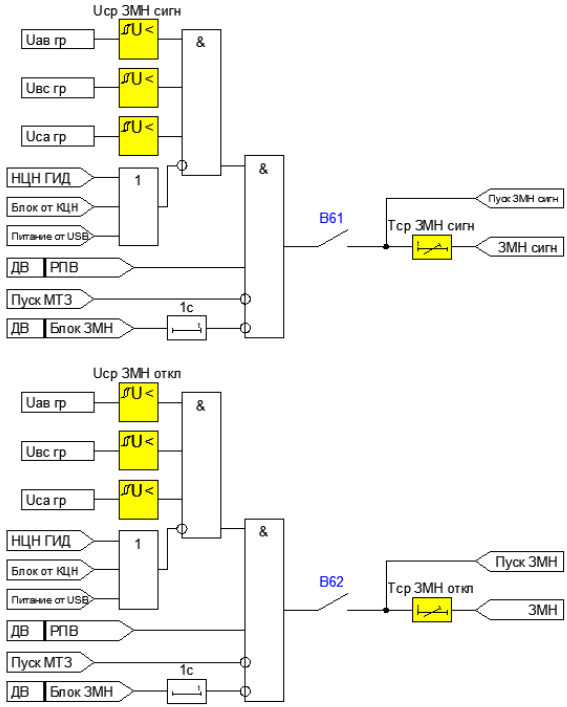


Рисунок 4.1.22 – Функциональная схема ЗМН

Таблица 4.1.35 – Конфигурационные ключи ЗМН

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B61 - Ввод в работу ЗМН на сигнал	Выведена Введена	Выведена	ЗМН сигн
B62 - Ввод в работу ЗМН на отключение	Выведена Введена	Выведена	ЗМН откл

Таблица 4.1.36 – Технические параметры ЗМН

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по напряжению во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	60,0	Uср
Коэффициент возврата пусковых органов	---	---	1,05	---
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Тср

Таблица 4.1.37 – Месторасположение уставок ЗМН в меню

Главное меню		Подменю 1		Подменю 2		Подменю 3
Уставки РЗиА	→	Уставки 1-2	→	ЗМН	→	ЗМН на сигнал
Уставки РЗиА	→	Уставки 1-2	→	ЗМН	→	ЗМН на откл

4.1.10 Защита от повышенного напряжения

Для защиты генератора от недопустимого повышения напряжения на выводах в устройстве предусмотрены три ступени ЗПН. Первая и вторая ступень работает при включенном генераторном выключателе с действием на сигнал и на отключение. При работе генератора на холостом ходе предусмотрена отдельная ступень с действием на гашение поля генератора и остановкой турбины.

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

Функциональная схема ЗПН приведена на Рисунке 4.1.23, 4.1.24. Описание конфигурационных ключей приведено в Таблице 4.1.38.

Технические параметры защиты приведены в Таблице 4.1.39.

Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.40.

Таблица 4.1.38 - Конфигурационные ключи ЗПН

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В71 - Ввод/вывод ЗПН на сигнал	Выведена Введена	Выведена	ЗПН сигн
В72 - Ввод/вывод ЗПН на отключение	Выведена Введена	Выведена	ЗПН откл
В73 - Ввод/вывод ЗПН ХХ	Выведена Введена	Выведена	ЗПН ХХ

Таблица 4.1.39 - Технические параметры ЗПН

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по напряжению во вторичных величинах, В	50,0 – 160,0	0,1	115,0	Uср
Коэффициент возврата пусковых органов	---	---	1,05	---
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср

Таблица 4.1.40 - Месторасположение уставок ЗПН в меню устройства

Главное меню		Подменю 1		Подменю 2		Подменю 3
Уставки РЗиА	→	Уставки 1 / 2	→	ЗПН	→	ЗПН на сигнал
Уставки РЗиА	→	Уставки 1 / 2	→	ЗПН	→	ЗПН на откл
Уставки РЗиА	→	Уставки 1 / 2	→	ЗПН	→	ЗПН ХХ

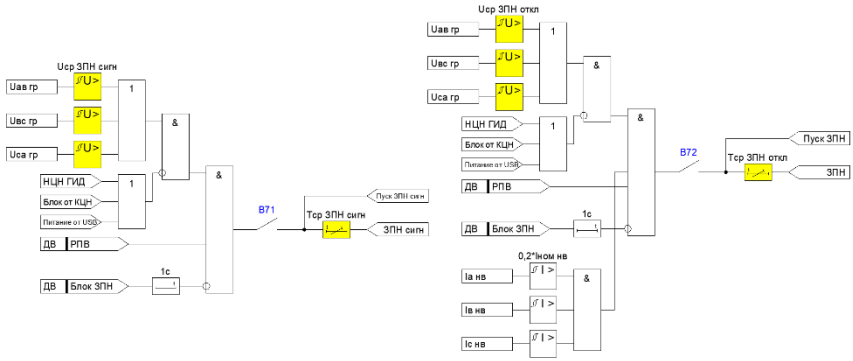


Рисунок 4.1.23 – Функциональная схема ЗПН на сигнал и отключение

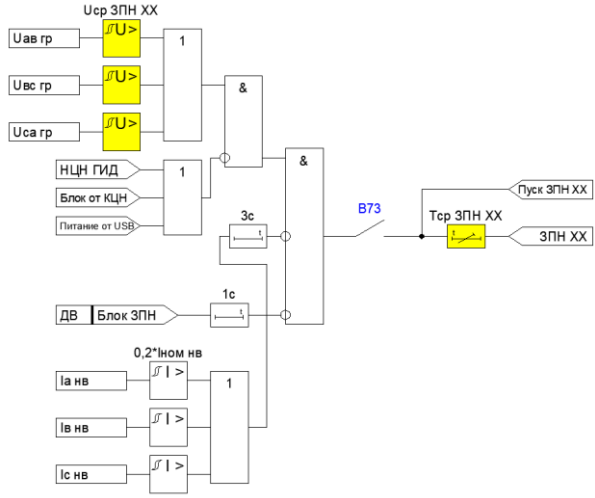


Рисунок 4.1.24 – Функциональная схема ЗПН на холостом ходе

4.1.11 Внешняя дуговая защита

Дуговая защита предназначена для выявления и ликвидации коротких замыканий в распределительных устройствах, сопровождающихся открытым горением электрической дуги.

Для этого в защите предусмотрен сигнал «**Внеш ДЗ1**» и «**Внеш ДЗ2**», на которые могут быть заведены выходные цепи от внешних устройств дуговой защиты (Рисунок 4.1.25). Для исключения неселективного отключения присоединения при ложном засвечивании датчиков внешних устройств возможен ввод дополнительного контроля по току.

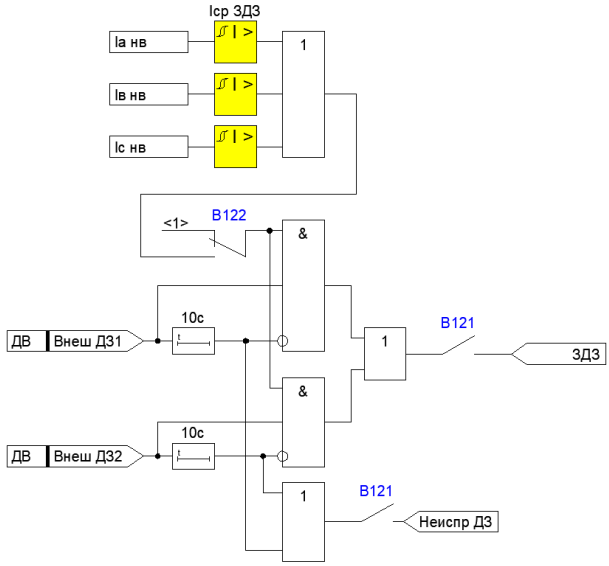


Рисунок 4.1.25 – Функциональная схема ДЗ

При постоянном наличии сигнала «**ЗДЗ**» формируется сигнал неисправности дуговой защиты «**Неиспр ДЗ**», который блокирует срабатывание защиты до момента устранения неисправности.

Описание конфигурационных ключей ЗДЗ приведено в Таблице 4.1.41. Технические параметры защиты приведены в Таблице 4.1.42. Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.1.43.

Таблица 4.1.41 - Конфигурационные ключи ЗДЗ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В121 - Ввод в работу ЗДЗ	Выведена Введена	Выведена	ЗДЗ
В122 - Пуск по току	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Пуск по току

Таблица 4.1.42 - Технические параметры ДЗ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания во вторичных величинах, А	0,10 – 200,00	0,01	5,00	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов	–	–	0,95	–

Таблица 4.1.43 - Месторасположение уставок ДЗ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗДЗ	

4.1.12 Контроль исправности цепей напряжения

Функция контроля цепей напряжения предназначена для выявления неисправностей в цепях напряжения и блокирования функций защит и автоматики, которые в таких режимах могут работать неправильно. Такими неисправностями могут быть:

- отключение автоматического выключателя (автомата) цепей напряжения;
- обрыв цепей напряжения;
- перегорание одного или нескольких предохранителей в первичных цепях измерительного ТН.

Контроль исправности осуществляется следующими способами (Таблица 4.1.44).

1) Контроль положения автомата цепей напряжения через ДВ защиты с использованием его дополнительных блок-контактов.

Отключение автоматического выключателя может произойти при КЗ в цепях напряжения вследствие ошибки обслуживающего персонала или при неисправности самого автомата. Положение автомата контролируется через дискретный вход. При появлении логического нуля на ДВ «**Авт ТН**» сигнал «**Неиспр ЦН**» формируется без выдержки времени.

2) Обрыв цепей напряжения выявляется при одновременном выполнении следующих условий (Рисунок 4.1.26):

- отсутствие всех линейных напряжений;
- отсутствие пусковых сигналов МТЗ;
- наличие токов нагрузки.

3) Перегорание одного или нескольких предохранителей в первичных цепях измерительного трансформатора напряжения приводит к срабатыванию КЦН при выполнении следующих условий:

- отсутствие тока обратной последовательности;
- наличие токов нагрузки;
- наличие напряжения обратной последовательности.

В последних двух случаях сигнал «**Неиспр ЦН**» формируется с выдержкой времени «**Тср НЦН**».

При неисправностях в цепях напряжения, выявленных системой самодиагностики устройства, функция КЦН блокируется. Расположение уставок в меню устройства для КЦН приведено в Таблице 4.1.46.

Таблица 4.1.44 – Конфигурационные ключи КЦН

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В156 – Ввод в работу контроль ЦН	Выведена Введена	Выведена	КЦН

Таблица 4.1.45 – Технические параметры КЦН

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Напряжение срабатывания во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	20,0	Uср
Напряжение срабатывания обратной последовательности во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	15,0	U2ср
Коэффициент возврата пусковых органов по напряжению	–	–	1,05	–
Максимальный рабочий ток, А	0,50 – 50,00	0,01	5,00	Iмах
Ток срабатывания обратной последовательности во вторичных величинах, А	0,50 – 20,00	0,01	1,00	I2ср
Коэффициент возврата пусковых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	5,00	Тср

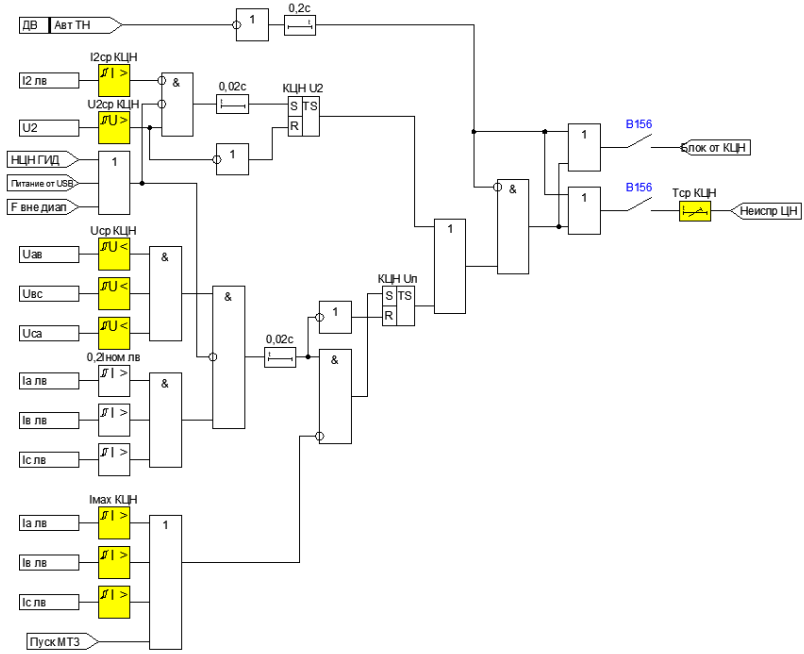


Рисунок 4.1.26 – Функциональная схема контроля ЦН

Таблица 4.1.46 – Месторасположение уставок КЦН в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	Контроль ЦН	

4.1.13 Защита от тепловой перегрузки

Для выполнения функций защиты электрических машин от перегрузки в устройстве предусмотрена интегрально-зависимая характеристика срабатывания, которая строится на основе тепловой модели (Рисунок 4.1.27).

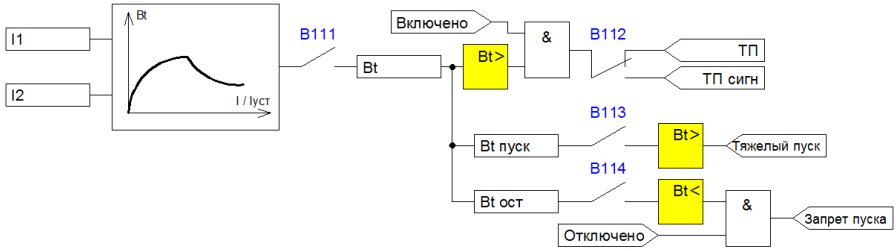


Рисунок 4.1.27 – Функциональная схема ЗТП

Программа защиты позволяет:

- контролировать тепловое состояние машины после её включения как в номинальных режимах работы, так и при перегрузках;
- имитировать охлаждение машины после устранения перегрузки или полной остановки с постоянной времени, соответствующей постоянной времени охлаждения;
- 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 машины при остаточном тепловом импульсе, превышающем контрольное значение.

Тепловое состояние машины, 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:

$$T_H \cdot \frac{dB}{dt} = K_I^2 - \tau \cdot B, \qquad (4.1)$$

где:

B – тепловой импульс, отражающий тепловое состояние машины;

T_H – постоянная времени нагрева (охлаждения) машины;

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 работающей электромашины. При отключении машины от сети коэффициент τ должен соответствовать постоянной времени охлаждения остановленного механизма.

На Рисунке 4.1.28 приведены зависимости $B_t = f(t)$ в различных режимах работы электромашины.

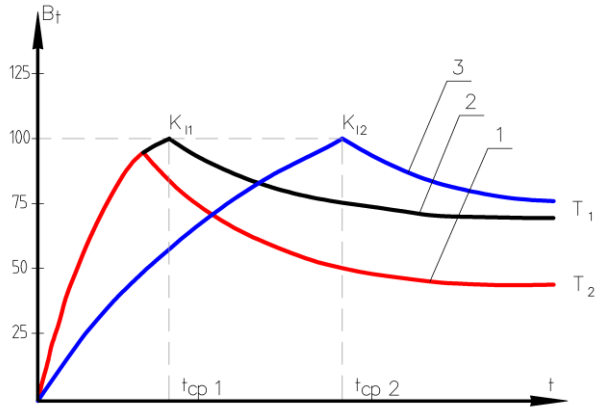


Рисунок 4.1.28 – Зависимости $B_t = f(t)$ при различных кратностях тока K_I:
1 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I1} и устранении перегрузки до момента отключения машины;
2 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I1} и отключении машины при достижении B_t = 100;
3 – зависимость $B_t = f(t)$ при кратности тока перегрузки K_{I2} и отключении машины.

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

$$I_{ЭКВ} = \sqrt{I_1^2 + K \cdot I_2^2}, \qquad (4.2)$$

где:

I_1 – вычисленный ток прямой последовательности;

I_2 – вычисленный ток обратной последовательности;

$I_{ЭКВ}$ – эквивалентный ток, по которому оценивается перегрузочная способность электромашины;

К – коэффициент, учитывающий долевое участие тока обратной последовательности в тепловой модели электромашины.

Моментом начала пуска электродвигателя считается момент превышения эквивалентного тока заданной уставки «**Iср**». Моментом окончания – момент снижения ниже заданной уставки. Данный промежуток времени является временем пуска электродвигателя, а максимальный ток за это время – пусковым током электродвигателя. Тогда время срабатывания защиты определяется по выражению:

$$t_{СР} = T \cdot \ln\left[\frac{K_I^2 - B_t}{K_I^2 - 1}\right], \qquad (4.3)$$

где:

$K_I = I_{ЭКВ} / I_{СР}$ – кратность тока перегрузки;

$T = T_Н$ – постоянная времени нагрева двигателя;

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

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

$$B_t = K_I^2 - \left(\left(K_I^2 - 1\right) \cdot e^{-t/T_Н}\right), \qquad (4.4)$$

где t – текущее значение времени до отключения машины.

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

$$B_t = K_I^2 \left(1 - e^{-t/T}\right), \qquad (4.5)$$

где:

$T = T_H$ – для работающей машины;

$T = T_O$ – для остановленной машины.

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

При введении интегрально-зависимой характеристики может осуществляться диагностика условий пуска (Таблица 4.1.47). Сигнал «**Тяжелый пуск**» будет сформирован, если приращение теплового импульса за время пуска превысит заданное уставкой значение:

$$\Delta B_{t_пуск} = B_{t_пуск} - B_{ост} > B_{t_контр}, \qquad (4.6)$$

где:

$B_{t_пуск}$ – значение теплового импульса на момент окончания пуска, когда ток снизился менее уставки ТП;

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

$B_{t_контр}$ – уставка по тепловому импульсу, определенная из условий нормального пуска.

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

$$B_t > 100 - B_{t_контр}. \qquad (4.7)$$

При перерыве в питании устройства тепловое состояние машины сохраняется в энергонезависимой памяти, но не пересчитывается после его восстановления.

Рекомендации по выбору уставок и характеристики срабатывания ТП ЭД представлены в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

Таблица 4.1.47 – Конфигурационные ключи ЗТП

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B126 - Ввод/вывод защиты из действия	Выведена Введена	Выведена	ЗТП
B127 - Действие защиты	ОТКЛ Сигнал	ОТКЛ	Срабатывание
B128 - Тяжелый пуск	Выведен Введен	Выведен	Тяжелый пуск
B129 - Запрет пуска		Выведен	Запрет пуска

Таблица 4.1.48 – Технические параметры ЗТП

Наименование параметра	Диапазон значений	Дискретность задания	Заводское значение	Обозначение в меню
Уставка по току во вторичных величинах, А	0,5 – 200,00	0,01	5,00	Iср
Коэффициент возврата пусковых органов по уровню пульсаций	---	---	0,95	---
Постоянная времени нагрева, с	50 – – 30000	1	900	Тнагр
Постоянная времени охлаждения, с	50 – – 30000	1	1500	Тохл
Коэффициент участия тока обратной последовательности	1,0 – 5,0	0,1	3,0	KI2
Контрольный тепловой импульс, %	0,5 – 90,0	0,1	40,0	Bt_контр

Таблица 4.1.49 – Месторасположение уставок ЗТП в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗТП	

4.1.14 Защита от снижения частоты

Защита от снижения частоты предназначена для отключения генерирующих присоединений с целью предотвращения недопустимого понижения частоты в энергосистеме. Для этого предусмотрено две ступени ЗСЧ, которые действуют на сигнал и на отключение выключателя (Рисунок 4.1.29).

Таблица 4.1.50 – Конфигурационные ключи ЗСЧ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
B131 – Ввод ЗСЧ на сигнал в работу	Выведена Введена	Выведена	Защита
B132 – Ввод ЗСЧ на отключение в работу			

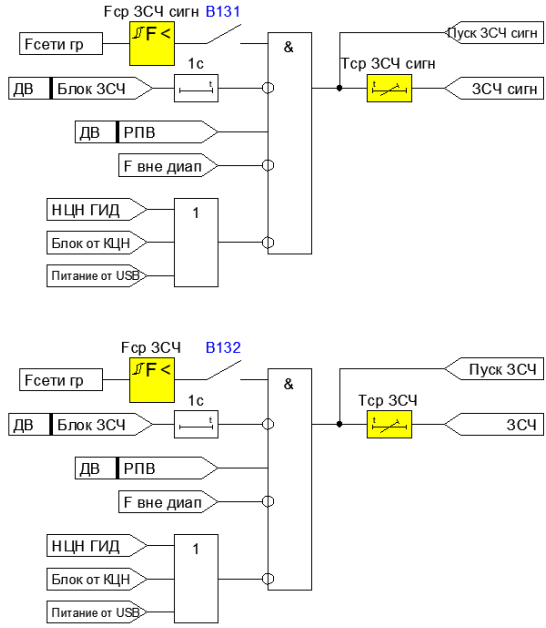


Рисунок 4.1.29 – Функциональная схема ЗСЧ

Таблица 4.1.51 – Технические параметры ЗСЧ

Наименование параметра	Диапазон значений	Дискретность задания	Заводское значение	Обозначение в меню
Уставка срабатывания по частоте, Гц	45,00 – 50,00	0,01	51,00	Fср
Коэффициент возврата пусковых органов по частоте	---	---	Fуст+0,1Гц	---
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср

Таблица 4.1.52 – Месторасположение уставок ЗСЧ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗСЧ →	ЗСЧ на сигнал
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗСЧ →	ЗСЧ на откл

4.1.15 Защита от повышения частоты

Защита от повышения частоты предназначена для отключения генерирующих присоединений с целью предотвращения недопустимого повышения частоты в энергосистеме (Рисунок 4.1.30).

Таблица 4.1.53 – Конфигурационные ключи ЗПЧ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В161 – Ввод ЗПЧ в работу	Выведена Введена	Выведена	Защита
В162 - Действие защиты	ОТКЛ Сигнал	ОТКЛ	Срабатывание

Таблица 4.1.54 – Технические параметры ЗПЧ

Наименование параметра	Диапазон значений	Дискретность задания	Заводское значение	Обозначение в меню
Уставка срабатывания по частоте, Гц	50,00 – 55,00	0,01	51,00	Fср
Коэффициент возврата пусковых органов по частоте	---	---	Fуст-0,1Гц	---
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср

Таблица 4.1.55 – Месторасположение уставок ЗПЧ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗПЧ	

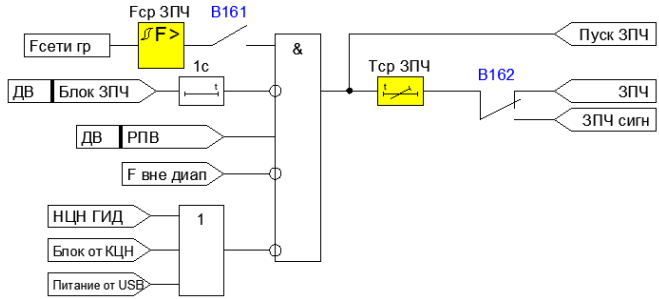


Рисунок 4.1.30 – Функциональная схема ЗПЧ

4.1.16 Защита от обратной мощности

Защита от обратной мощности предназначена для выявления режима, при котором генератор, оставаясь включённым в сеть, потребляет из неё активную мощность и работает как синхронный двигатель. Защита действует на отключение генератора от сети.

Такой режим возникает при прекращении подачи энергоносителя на турбину: закрытии стопорных или регулирующих клапанов турбины, прекращении подачи топлива, отказе регулятора (Рисунок 4.1.31).

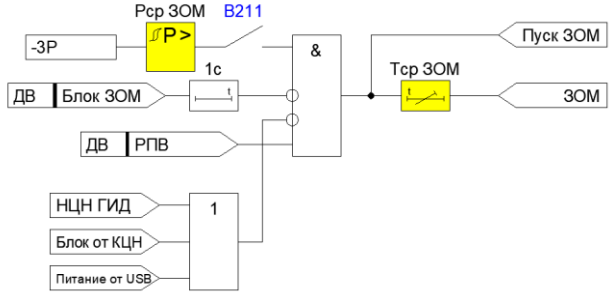


Рисунок 4.1.31 – Функциональная схема ЗОМ

Таблица 4.1.56 – Конфигурационные ключи ЗОМ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В211 – Ввод ЗОМ в работу	Выведена Введена	Выведена	Защита

Таблица 4.1.57 – Технические параметры ЗОМ

Наименование параметра	Диапазон значений	Дискретность задания	Заводское значение	Обозначение в меню
Мощность срабатывания, МВт	0,20 – 30,00	0,01	2,00	Рср
Коэффициент возврата пусковых органов по мощности	0,50 – 0,95	0,01	0,95	Квозв
Уставка по времени срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	30,00	Тср

Таблица 4.1.58 – Месторасположение уставок ЗОМ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	ЗОМ	

4.2 Описание функций автоматики

4.2.1 Отключение от внешних защит

Для выполнения команд отключения от внешних устройств предусмотрено четыре сигнала внешнего отключения (Рисунок 4.2.1), которые могут быть настроены:

- с инверсией сигнала от дискретного входа;
- с действием на сигнал или на отключение (Таблица 4.2.1).

Технические параметры защиты приведены в Таблице 4.2.2.

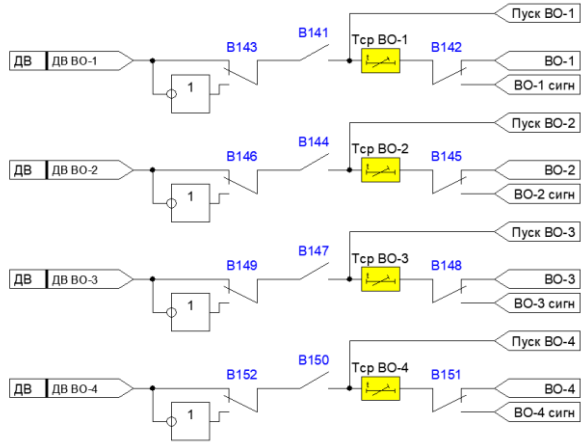


Рисунок 4.2.1 – Функциональная схема отключения от внешних защит

Таблица 4.2.1 – Конфигурационные ключи отключения от внешних защит

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В141 – Ввод в работу ВО-1	Выведена Введена	Выведена	ВО-1
В144 – Ввод в работу ВО-2		Выведена	ВО-2
В147 – Ввод в работу ВО-3		Выведена	ВО-3
В150 – Ввод в работу ВО-4		Выведена	ВО-4

Таблица 4.2.1 – Конфигурационные ключи отключения от внешних защит (продолжение)

В143 – Инверсия входа ДВ ВО-1	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Инверсия ДВ
В146 – Инверсия входа ДВ ВО-2		ОТКЛ	Инверсия ДВ
В149 – Инверсия входа ДВ ВО-3		ОТКЛ	Инверсия ДВ
В152 – Инверсия входа ДВ ВО-4		ОТКЛ	Инверсия ДВ
В142 – Действие защиты ВО-1	ОТКЛ Сигнал	ОТКЛ	Тип срабат-ия
В145 – Действие защиты ВО-2		ОТКЛ	Тип срабат-ия
В148 – Действие защиты ВО-3		ОТКЛ	Тип срабат-ия
В151 – Действие защиты ВО-4		ОТКЛ	Тип срабат-ия

Таблица 4.2.2 – Технические параметры отключения от внешних защит

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Время срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	0,10	Tср

Таблица 4.2.3 – Месторасположение уставок ВО в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1-2 →	Внешнее ОТКЛ	

4.2.2 Автоматическое повторное включение

Устройство позволяет автоматически включать выключатель после его отключения какой-либо из защит до двух раз (двухкратное АПВ). Управляющими сигналами для АПВ являются:

1) «**Запрет АПВ**».

Данный сигнал запрещает действие АПВ по выбранным защитам, при отсутствии разрешающего сигнала от ключа управления (сигнал «**Разр АПВ**»), при неисправностях выключателя и цепей управления, при неисправностях устройства защиты, при выведенном внутреннем программном ключе (Рисунок 4.2.2).

2) «**Готов АПВ**».

Появление данного сигнала разрешает действие АПВ после набора времени готовности, а также сбрасывает АПВ в исходное состояние после успешного включения. Готовность АПВ к работе сбрасывается при перерыве в питании устройства, при квитировании, при отключенном выключателе и при появлении сигнала «**Запрет АПВ**».

3)«**Пуск АПВ**».

Сигнал пуска АПВ запускает работу автоматики повторного включения, если выполнены следующие условия:

- после включения ВВ набрана выдержка времени готовности, появился сигнал готовности и выключатель продолжает оставаться включенным (Рисунок 4.2.3);
- отсутствуют сигналы квитирования и запрета пуска;
- ВВ готов к коммутации;
- выключатель успешно отключился с возвратом сработавшей защиты.

При отсутствии возврата сработавших защит в течение времени «**Тсбр АПВ**» фиксируется неуспешное АПВ, которое запрещает дальнейшую работу автоматики повторного включения.

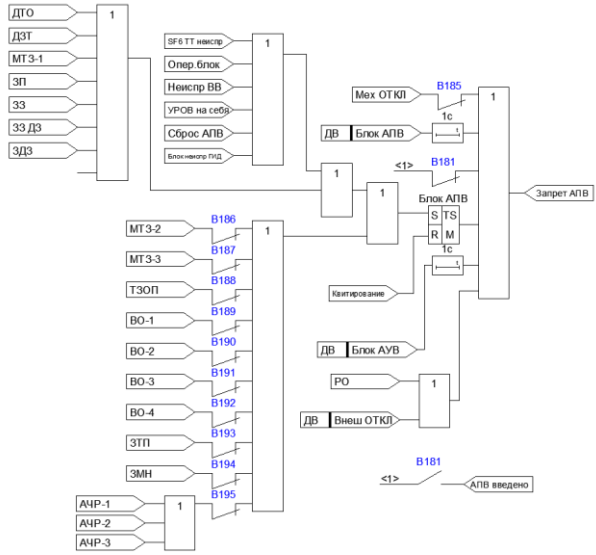


Рисунок 4.2.2 – Функциональная схема формирования сигнала запрета АПВ

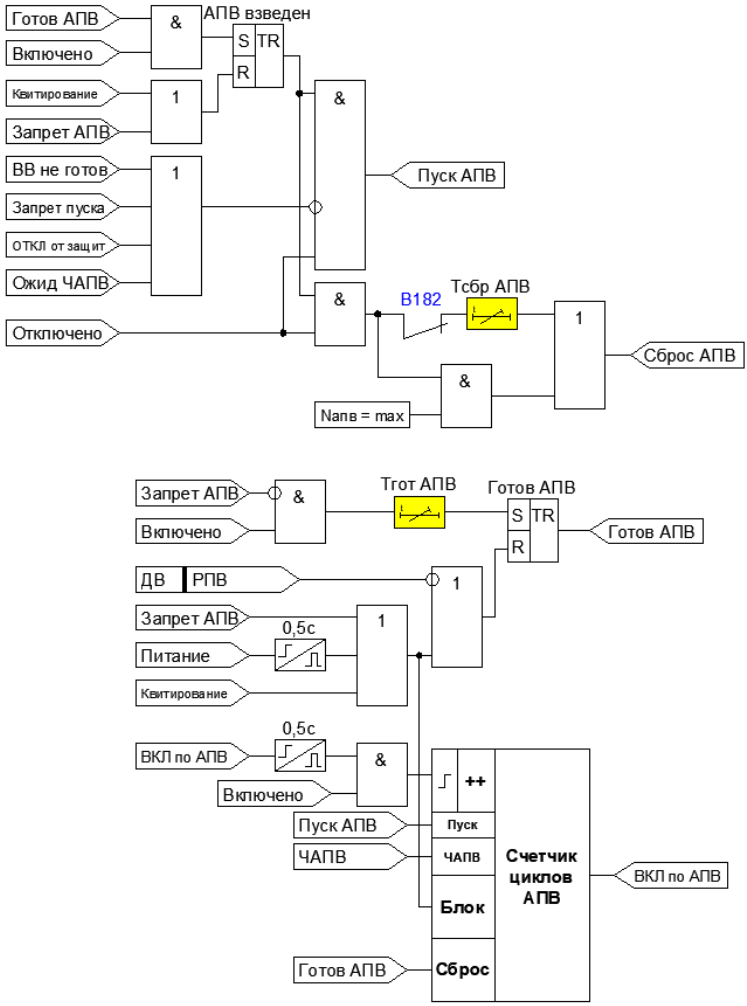


Рисунок 4.2.3 – Функциональная схема АПВ

Технические параметры АПВ приведены в Таблице 4.2.5. Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.2.6.

Таблица 4.2.4 – Конфигурационные ключи АПВ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В181 – Ввод в работу АПВ	Выведена Введена	Выведена	АПВ
В182 – Сброс АПВ	ОТКЛ ВКЛ	ВКЛ	Сброс АПВ
В187 – В200 - Запрет АПВ от действия защит	ОТКЛ ВКЛ	ВКЛ	Название защиты

Таблица 4.2.5 – Технические параметры АПВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Количество циклов АПВ	1 – 2	1	1	Количество циклов
Временя готовности, с	0,00 – 300,00	0,01	30,00	Тгот
Время сброса, с	0,00 – 300,00	0,01	120,00	Тсбр
Время срабатывания АПВ-1, с	0,00 – 300,00	0,01	0,50	Тср АПВ-1
Время срабатывания АПВ-2, с	0,00 – 300,00	0,01	10,00	Тср АПВ-2

Таблица 4.2.6 – Месторасположение уставок АПВ в меню устройства

Главное меню		Подменю 1		Подменю 2		Подменю 3
Уставки РЗиА	→	Уставки 1 / 2	→	АПВ	→	Параметры
Уставки РЗиА	→	Уставки 1 / 2	→	АПВ	→	Запрет АПВ

4.2.3 УРОВ

УРОВ формирует сигнал на отключение выключателя основного и резервного питания при отказе выключателя собственного присоединения при срабатывании защит. В алгоритме пуска УРОВ некоторые защиты закреплены «жестко», необходимость ввода других сигналов защит определяется обслуживающим персоналом с помощью программируемых ключей (Рисунок 4.2.4).

При срабатывании защит устанавливается триггер **«УРОВ»**, который сбрасывается только при успешном отключении выключателя. Об отказе выключателе будет

свидетельствовать наличие сигнала «**Пуск УРОВ по I**», который появляется при протекании тока через выключатель присоединения. При необходимости пуска УРОВ при отсутствии сигнала **«РПО»** предусмотрен отдельный программный ключ **В169.**

Для реализации УРОВ с автоматической проверкой исправности выключателя предусмотрен сигнал **«Внеш УРОВ»**. При появлении данного сигнала с выдержкой времени **«Тср УРОВ на себя»** производится формирование сигнала **«УРОВ на себя»**, который действует на отключение резервируемого выключателя и позволяет, в том числе, проверить исправность других цепей отключения выключателя.

С помощью ключа **В168** вводится режим с дублированным пуском, который предотвращает излишний пуск УРОВ от внешней защиты в случае вывода ее цепей отключения на время проверки. В таком режиме предотвращается возможность излишнего срабатывания УРОВ, например, при проверке внешней защиты с действием на отключение.

Отдельным программным ключом **В170** при аварийном снижении давлении элегаза выключателя может быть введено ускорение действия УРОВ при блокировке выключателя.

Технические параметры УРОВ приведены в Таблице 4.2.9. Расположение уставок в меню устройства приведено в Таблице 4.2.8.

Таблица 4.2.7 – Конфигурационные ключи УРОВ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В166 – Ввод в работу УРОВ	Выведена Введена	Выведена	УРОВ
В167 – Контроль по току для УРОВ на себя	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Пуск по I на себя
В168 – Дублированный пуск	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Дублир. пуск
В169 – Способ пуска	По току / по РПО	По току	Способ пуска
В170 – Пуск при срабатывании функции контроля SF6	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Пуск по SF6
В171 – В174 – Пуск УРОВ от защит	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Название защиты

Таблица 4.2.8 – Месторасположение уставок УРОВ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1-2 →	УРОВ	

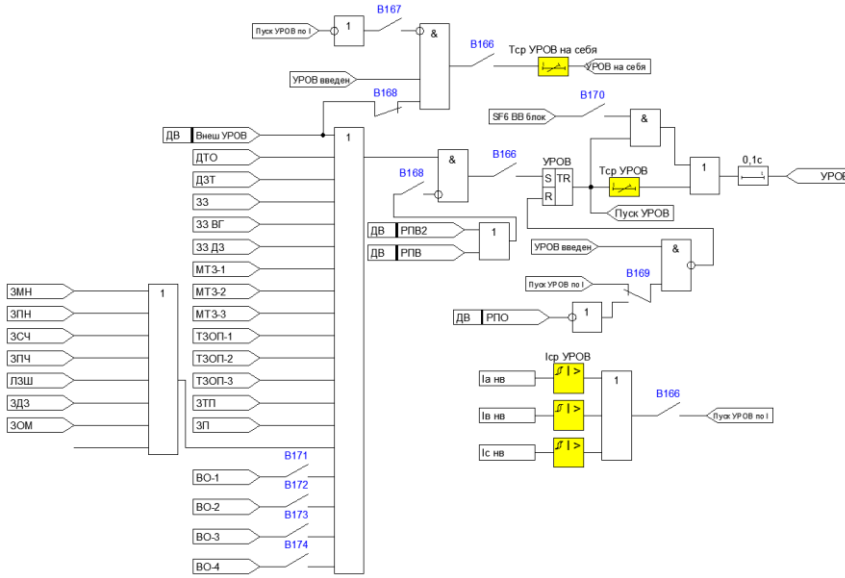


Рисунок 4.2.4 – Функциональная схема УРОВ

Таблица 4.2.9 – Технические параметры УРОВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по току во вторичных величинах, А	0,50 – 200,00	0,01	1,00	Iср
Коэффициент возврата пуско-вых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания, с	0,00 – 300,00	0,01	1,00	Tср
Время срабатывания на себя, с	0,00 – 10,0	0,01	0,50	Tср на себя

4.2.4 АЧР

Автоматическая частотная разгрузка предназначена для отключения части неответственных электродвигателей при возникновении дефицита активной мощности в энергосистеме.

Предусмотрено три ступени АЧР:

- АЧР-1 - автоматическая частотная разгрузка без выдержки времени с возможностью блокировки по скорости снижения частоты;
- АЧР-2 - автоматическая частотная разгрузка с выдержкой времени;
- АЧР-3 - автоматическая частотная разгрузка по скорости снижения частоты.

Первая ступень применяется в качестве быстродействующей АЧР для прекращения процесса снижения частоты. Вторая ступень применяется или для подъема частоты после действия АЧР-1, или при медленном снижении частоты. Третья ступень применяется при дефицитах активной мощности, которые сопровождаются большой скоростью снижения частоты.

Работа ступеней АЧР разрешается при отсутствии сигнала на дискретном входе **«Блок АЧР»** и включенном положении выключателя (наличие сигнала **«РПВ»**). При выявлении неисправности в цепях напряжения (сигнал **«Блок от КЦН»**) работа автоматики АЧР блокируется (Рисунки 4.2.5).

При использовании блокировки (разрешения) по скорости снижения частоты не рекомендуется уставки по времени менее 0,3с.

Для работы автоматики повторного включения после АЧР (частотное АПВ, рисунок 4.2.3) необходимо ввести соответствующие настройки АПВ и разрешить работу АПВ после АЧР (ключ **«В195»**).

Технические параметры АЧР и ЧАПВ приведены в Таблице 4.2.11.

Таблица 4.2.10 – Конфигурационные ключи АЧР и ЧАПВ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
В201 - Ввод/вывод АЧР-1	Выведена Введена	Выведена	Ввод АЧР-1
В202 - Блокировка АЧР-1 по dF	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Блок по dF
В203 - Ввод/вывод АЧР-2	Выведена Введена	Выведена	Ввод АЧР-2
В204 - Ввод/вывод АЧР-3	Выведена Введена	Выведена	Ввод АЧР-3

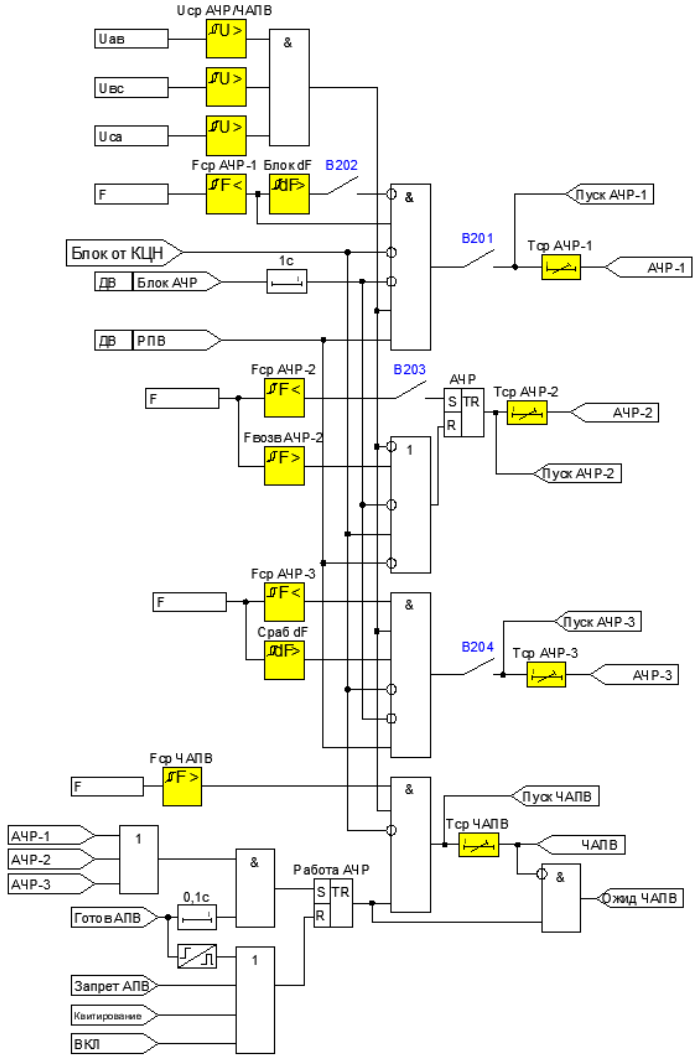


Рисунок 4.2.5 – Функциональная схема АЧР и ЧАПВ

Таблица 4.2.11 – Технические параметры АЧР и ЧАПВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка срабатывания по напряжению во вторичных величинах, В	5,0 – 100,0	0,1	50,0	Uср
Коэффициент возврата пусковых органов	---	---	0,95	---
Уставка срабатывания по частоте АЧР-1, Гц	45,00 – 55,00	0,01	49,20	Fср АЧР-1
Уставка по времени срабатывания АЧР-1, с	0,00 – 300,00	0,01	0,30	Tср АЧР-1
Уставка блокировки по скорости снижения частоты, Гц/с	1,0 – 20,0	0,1	10,0	dF блок
Уставка срабатывания по частоте АЧР-2, Гц	45,00 – 55,00	0,01	49,30	Fср АЧР-2
Уставка возврата по частоте АЧР-2, Гц	45,00 – 55,00	0,01	49,50	Fвозв АЧР-2
Уставка по времени срабатывания АЧР-2, с	0,00 – 300,00	0,01	2,00	Tср АЧР-2
Уставка срабатывания по частоте АЧР-3, Гц	45,00 – 55,00	0,01	49,00	Fср АЧР-3
Уставка срабатывания по скорости снижения частоты, Гц/с	1,0 – 20,0	0,1	5,0	dF сраб
Уставка по времени срабатывания АЧР-3, с	0,00 – 300,00	0,01	0,30	Tср АЧР-3
Уставка срабатывания ЧАПВ, Гц	45,00 – 55,00	0,01	49,90	Fср ЧАПВ
Уставка по времени срабатывания ЧАПВ, с	0,00 – 300,00	0,01	5,00	Tср ЧАПВ
Коэффициент возврата пусковых органов по частоте	---	---	Fуст+0,1Гц	---

Таблица 4.2.12 – Месторасположение уставок АЧР/ЧАПВ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	АЧР →	Общие настройки
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	АЧР →	АЧР-1
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	АЧР →	АЧР-2
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	АЧР →	АЧР-3
Уставки РЗиА →	Уставки 1 / 2 →	АЧР →	ЧАПВ

4.3 Функции управления выключателем

1) Определение положения выключателя.

Функция отслеживания положения выключателя предназначена для корректной работы автоматики, срабатывания и возврата защит. Контроль положения ВВ осуществляется по сигналам «**РПО**» и «**РПВ**».

Положение выключателя (Рисунок 4.3.1) отображается сигналами «**Включено**» и «**Отключено**». Включенному положению ВВ соответствует комбинация: «**РПО**» – логический «0», «**РПВ**» – логическая «1». Отключенному положению: «**РПО**» – логическая «1», «**РПВ**» – логический «0». При введенном программном ключе **S24** может осуществляется дополнительный контроль положения ВВ по состоянию сигнала **«РПВ2»**.

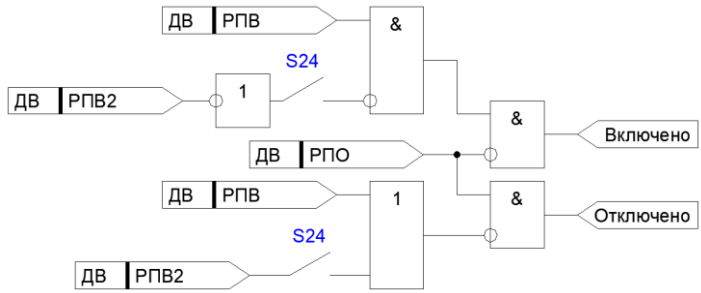


Рисунок 4.3.1 – Функциональная схема определения положения ВВ

Таблица 4.3.1 – Конфигурационный определения положения ВВ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S24 – Контроль второго ЭМ отключения	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Контроль ЭМО2

Таблица 4.3.2 – Месторасположение уставок определения положения ВВ

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель →	Диагностика		

2) Квитирование.

Функция квитирования предназначена для сброса сработавших защит, возврата автоматики в исходное состояние и съема светодиодной сигнализации.

Квитирование может производиться вручную кнопкой с пульта управления (сигнал «**Сброс ПУ**»), командной квитирования через USB (сигнал «**Сброс USB**»), командой квитирования системы АСУ ТП (сигнал «**Сброс ТУ**»), командой от ключа управления по дискретному входу «**ОТКЛ**» при отключенном выключателе (Рисунок 4.3.2) или по дискретному входу **«Сброс сигнализации»**.

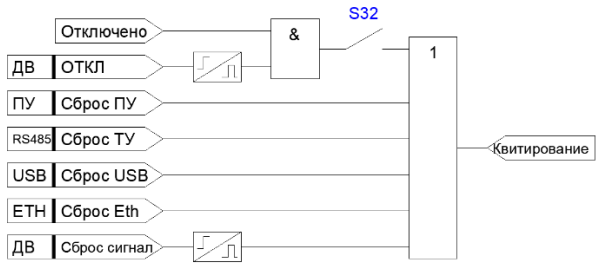


Рисунок 4.3.2 – Функциональная схема квитирования

Таблица 4.3.3 – Конфигурационные ключи настроек квитирования

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S32 – Сброс по команде РО	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Сброс при РО

Таблица 4.3.4 – Месторасположение настроек квитирования

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Настройки блока →	Сервисные настройки		

3) Ручное управление выключателем.

Ручное управление выключателем осуществляется сигналами «**РО**» и «**РВ**». Данные команды могут быть сформированы местно и по телеуправлению. Телеуправление осуществляется через интерфейсы RS485 и Ethernet с помощью АСУ ТП или ПК. В свою очередь местное управление может осуществляться следующими способами (Рисунок 4.3.3):

- от дискретных входов устройства;
- через интерфейс USB с помощью ПК.

В зависимости от настроек дискретного входа «**ТУ**» выполнение команд ручного управления может быть организовано несколькими способами.

а) Вход «**ТУ**» настроен как «Всегда 0».

В таком режиме переключение между режимами управления осуществляется только с помощью кнопки управления на ПУ.

б) Вход «**ТУ**» настроен на дискретный вход.

В таком режиме переключение между режимами управления осуществляется с помощью изменения состояния дискретного входа. Управление с кнопки на ПУ заблокировано.

При введенном программном ключе **S34** команда ручного отключения ВВ может осуществляться независимо от режима управления. При введённой блокировке АУВ прохождение команд ручного управления блокируется.

Таблица 4.3.5 – Конфигурационные ключи настроек ручного управления

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S34 – РО без контроля режима управления	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	РО без ТУ/МУ

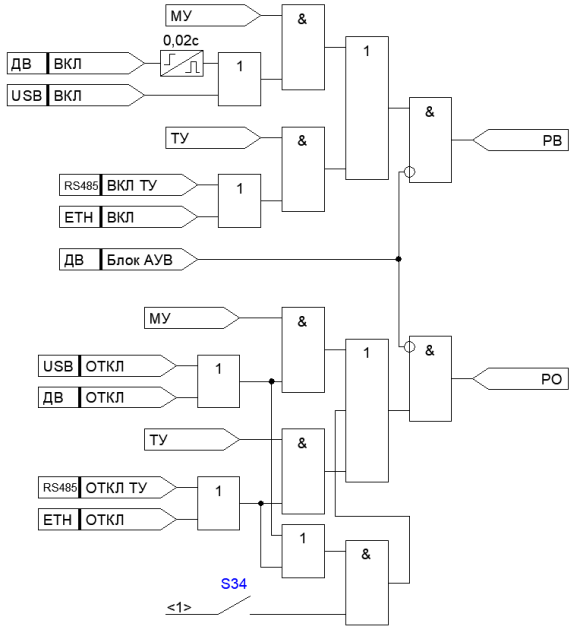


Рисунок 4.3.3 – Функциональная схема ручного управления ВВ

Таблица 4.3.6 – Месторасположение настроек ручного управления

Главное меню	**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Выключатель →	Управление		

4) Оперативная блокировка ВВ.

Назначаемый на ДВ сигнал «**ДВ ОБ**» предназначен для блокировки любых команд на включение выключателя. При включенном программном ключе (Таблица 4.3.7) появление сигнала «**ДВ ОБ**» будет приводить к принудительному отключению ВВ и его последующей блокировке включения (сигнал «**ОТКЛ от ОБ**»).

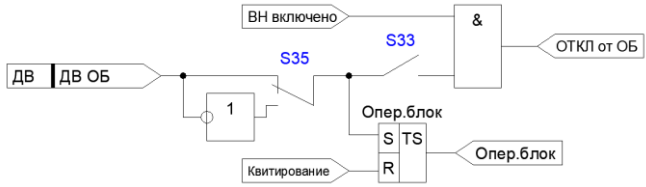


Рисунок 4.3.4 – Функциональная схема внешней блокировки ВВ

Таблица 4.3.7 – Конфигурационный ключ отключения от блокировки

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S33 - Отключение ВВ от оперативной блокировки	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ от ОБ
S35 - Инверсия ДВ ОБ		ОТКЛ	Инверсия ДВ ОБ

Таблица 4.3.8 – Месторасположение уставок для настроек управления ВВ

Главное меню		Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Настройки блока	→	Сервисные настройки		
Выключатель	→	Управление		

5) Блокировка включения выключателя от защит.

При срабатывании защит на отключение устанавливается триггер «**Блок от защит**», который блокирует дальнейшее ручное включение ВВ до момента квитирования (Рисунок 4.3.5, Рисунок 4.3.6).

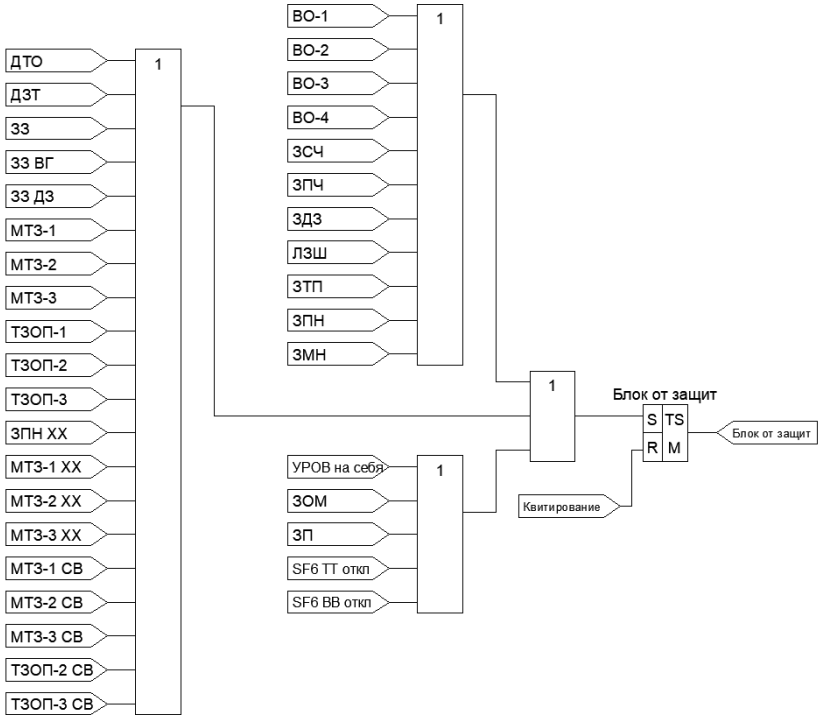


Рисунок 4.3.5 – Функциональная схема формирования сигнала блокировки от защит

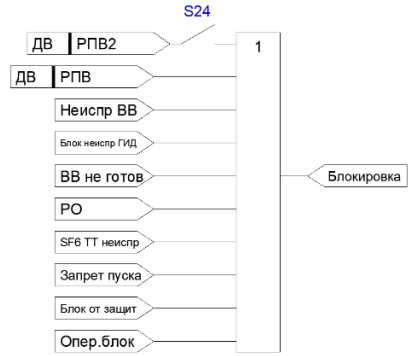


Рисунок 4.3.6 – Функциональная схема формирования сигнала блокировки ручного включения

6) Отключение выключателя.

Сигнал «**ОТКЛ**» формируется при срабатывании триггера в случае отключения выключателя (Рисунок 4.3.7, Рисунок 4.3.8):

- от защит;
- при ручном отключении;
- при отключении от внешней блокировки или внешнего сигнала.

Управление выходными реле включения и выключения может осуществляться в двух режимах:

- через триггер;
- импульсно.

В первом режиме команда на отключение/включение будет формироваться до момента размыкания силовых контактов выключателя (появляется сигнал «**Отключено**») и отсутствия сигналов от датчиков тока ЭМО. После этого триггер возвращается в исходное состояние, снимая команду «**ОТКЛ**». Принудительное снятие сигнала отключения возможно с помощью сигнала «**Квитирование**».

В импульсном режиме команда на отключение/включение будет формироваться с заданной пользователем длительностью.

Отключение ВВ будет блокировано, если появится сигнал **«SF6 ВВ блок»** от функции контроля снижения элегаза в отсеке выключателя.

При введённой блокировке АУВ управление выключателем блокируется.

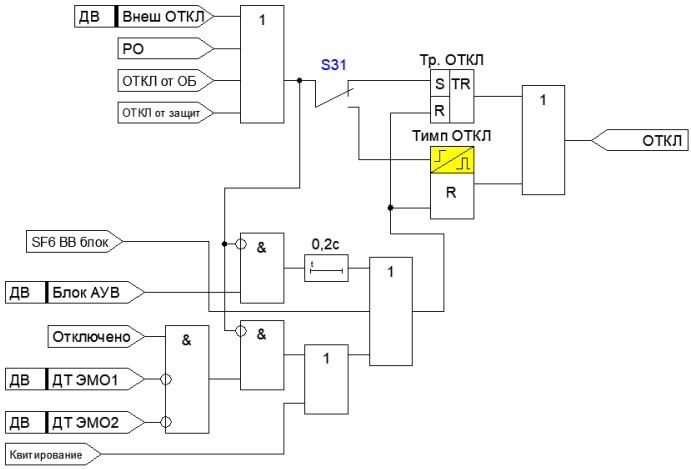


Рисунок 4.3.7 – Функциональная схема формирования сигнала отключения ВВ

Таблица 4.3.9 – Конфигурационные ключи настроек управления ВВ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S31 – Режим импульсного управления ВВ	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	Импульс.упр. ВВ

Таблица 4.3.10 – Месторасположение уставок настройки ручного включения ВВ

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель → Управление			

Таблица 4.3.11 – Технические параметры управления ВВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Время импульса включения ВВ, с	0,00 – 30,00	0,01	1,00	Тимп ВКЛ ВВ
Время импульса отключения ВВ, с	0,00 – 30,00	0,01	0,25	Тимп ОТКЛ ВВ

7) Включение выключателя.

Включение выключателя (сигнал «**ВКЛ**») может осуществляться при появлении следующих сигналов (Рисунок 4.3.9):

- в цикле АПВ (сигнал «**ВКЛ по АПВ**»);
- при подаче сигнала от внешнего устройства (сигнал «**Внеш ВКЛ»**);
- при включении с контролем синхронизма (сигнал **«Синхр ВКЛ»**);
- по ручному включению (сигнал «**РВ**»).

Для исключения неправильных действий обслуживающего персонала предусмотрена блокировка ручного включения. Сброс триггера в цепи включения выключателя осуществляется при появлении сигнала «**РПВ**», свидетельствующем об успешном включении, и при отсутствии сигнала от датчика тока ЭМВ.

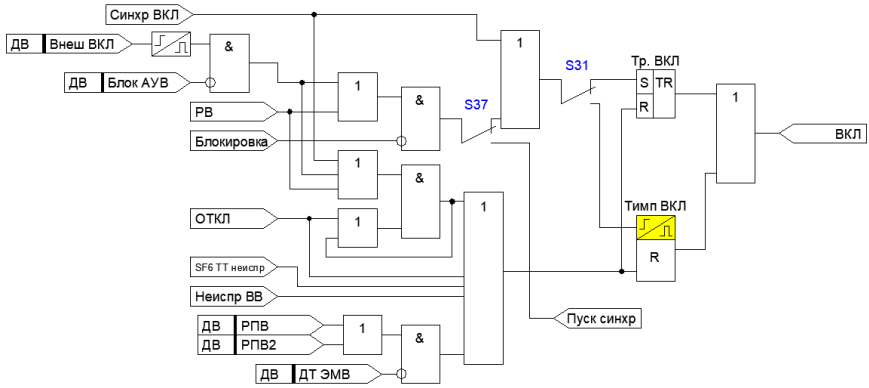


Рисунок 4.3.9 – Функциональная схема формирования сигнала включения ВВ

Для предотвращения многократных включений выключателя на устойчивое короткое замыкание предусмотрен логический элемент «И» в цепи сброса триггера, на который поступают сигналы «**РВ**» и «**ОТКЛ**». При ручном включении в условиях отсутствия блокировки сигнал «**РВ**» поступает на первый вход элемента «И» и устанавливает триггер в сработанное состояние (появляется сигнал «**ВКЛ**»). Если включение произошло на КЗ, сигнал «**ОТКЛ**» будет сформирован при отключении выключателя от защит («**ОТКЛ от защит**») и подан на второй вход элемента «И», тем самым образуя сигнал на сброс триггера в цепи включения выключателя. Сформированный сигнал по обратной связи становится на самоподхват и будет существо-

вать до тех пор, пока не исчезнет сигнал «**РВ**». Таким образом обеспечивается однократность включения выключателя на установившееся КЗ при одновременном наличии сигналов «**РВ**» и «**ОТКЛ**».

При введённой блокировке АУВ управление выключателем блокируется.

8) Сигнализация положения выключателя.

Алгоритм формирования сигналов положения ВВ приведен на Рисунках 4.3.10 и 4.3.11.

Сигнал **«ВВ включен»** формируется постоянно при оперативном включении блока или выключателя, либо с частотой 1Гц при:

- включении выключателя от сигнала **«ВКЛ по АПВ»**;
- включении выключателя от дискретного входа **«Внеш ВКЛ»**.

Сброс режима мигания сигнала **«ВВ включен»** осуществляется квитированием, при оперативном включении выключателя или при вводе блокировки АУВ.

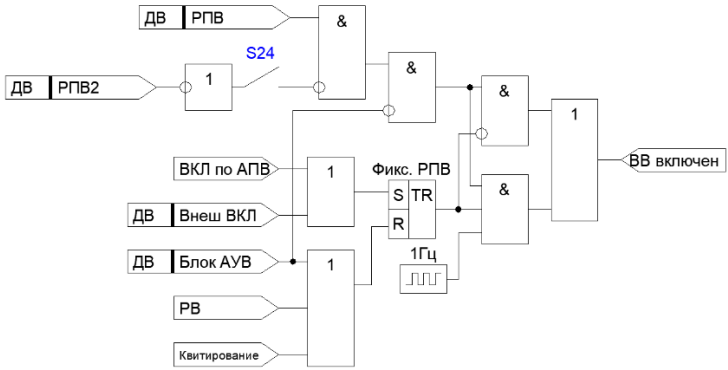


Рисунок 4.3.10 – Алгоритм формирования сигнала «ВВ включен»

Сигнал **«ВВ отключен»** формируется постоянно при оперативном отключении блока или выключателя, либо с частотой 1 Гц при:

- отключении выключателя от функций защит и автоматики;
- при работе УРОВ на себя;
- отключении выключателя от дискретного входа **«Внеш ОТКЛ»**.

Сброс режима мигания сигнала **«ВВ отключен»** осуществляется квитированием, при оперативном отключении выключателя или при вводе блокировки АУВ.

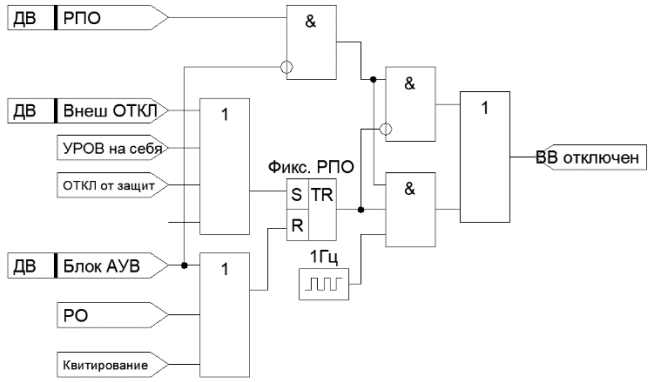


Рисунок 4.3.11 – Алгоритм формирования сигнала «ВВ отключен»

4.4 Функции диагностики выключателя

1) Несоответствие цепей управления и готовность ВВ.

Несоответствие цепей управления устройство фиксирует в случае совпадения сигналов «**РПО**» и «**РПВ**» по истечении выдержки времени «**Тнцу**» (Рисунок 4.4.1).

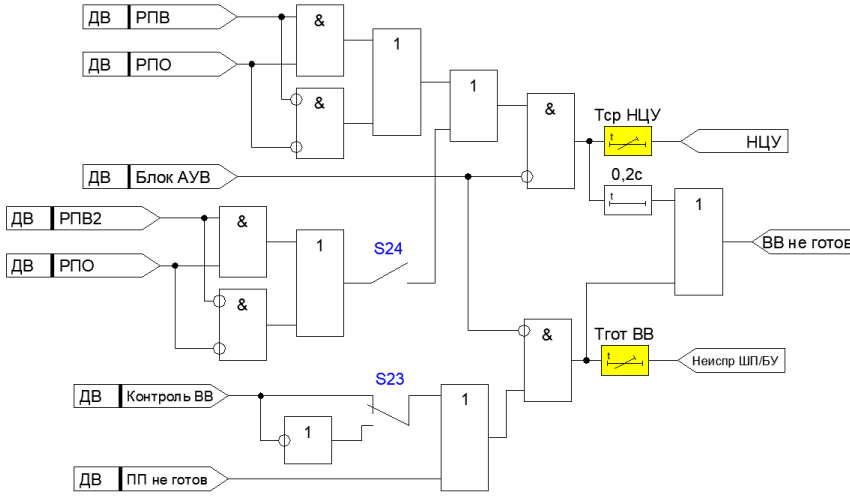


Рисунок 4.4.1 – Функциональная схема формирования сигналов «НЦУ», «Неиспр ШП/БУ» и «ВВ не готов»

Таблица 4.4.1 – Технические параметры НЦУ и готовности ВВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Уставка по времени срабатывания, с	0,50 – 30,00	0,01	10,00	Тср НЦУ
Время готовности ВВ, с	0,00 – 30,00	0,01	15,00	Тгот ВВ

Таблица 4.4.2 – Месторасположение уставок НЦУ и готовности ВВ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель →	Диагностика		
Выключатель →	Управление		

Таблица 4.4.3 – Конфигурационные ключи функции «Неиспр ШП/БУ»

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S23 – Инверсия входа контроля ВВ	прямой инверсный	прямой	Контроль ВВ

В устройстве предусмотрен контроль наличия напряжения на шинках питания электромагнитного или электромоторного привода выключателя (сигнал «**Контроль ВВ**»). При использовании выключателя с блоком управления, на вход «**Контроль ВВ**» рекомендуется завести выход исправности блока управления.

В случае пропадания напряжения на шинках питания устройство формирует сигнал «**Неиспр ШП/БУ**» с выдержкой времени **«Тгот вв»** (Рисунок 4.4.1).

Активное состояние дискретного входа может быть изменено с логического нуля на логическую единицу с помощью программного ключа (Таблица 4.4.3).

2) Отказ выключателя.

В случае продолжительности импульса команды на включение (сигнал «**ВКЛ**») или на отключение (сигнал «**ОТКЛ**») более 1 секунды устройство сформирует сигнал «**Отказ ВВ**», который свидетельствует об отказе выполнения выключателем соответствующей команды. При работе выходных реле в импульсном режиме контроль прохождения команд осуществляется по отрицательному фронту команды включения и отключения.

При наличии на дискретных входах сигналов от токовых реле катушек ЭМ формируется сигнал «**Защита ЭМ**», который при необходимости конфигурируется на

выходное реле устройства и действует на независимый расцепитель отключения автоматического выключателя, питающего оперативные цепи ВВ, с целью защиты электромагнитов включения/отключения ВВ и выходных контактов включения/отключения защиты от залипания (Рисунок 4.4.2).

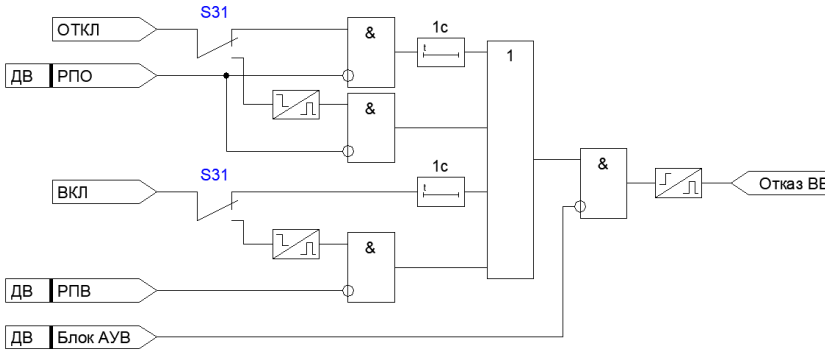


Рисунок 4.4.2 – Функциональная схема формирования сигнала «Отказ ВВ»

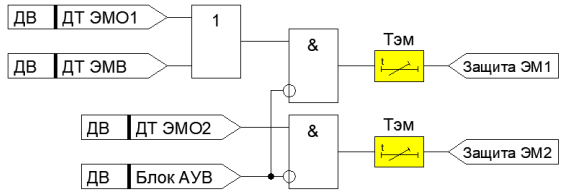


Рисунок 4.4.3 – Функциональная схема формирования сигналов защиты ЭМ

3) Самопроизвольное отключение выключателя.

Самопроизвольным отключением ВВ (сигнал «**СП ОТКЛ**») считается отключение выключателя в обход устройству. Сработанный триггер в логической цепочке «**СП 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 0,2с устройство сформирует сигнал «**СП ОТКЛ**».

При выведенной функции самопроизвольного отключения аварийный протокол не формируется, а в протоколах отключения ВВ будет сформирован протокол механического отключения.

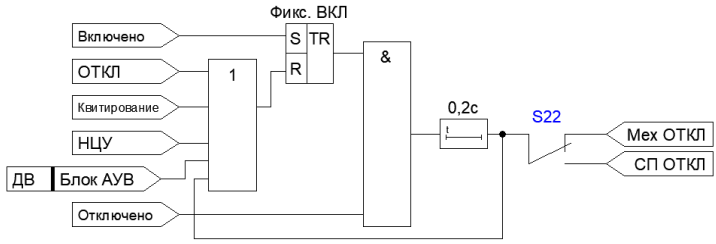


Рисунок 4.4.4 – Функциональная схема формирования сигнала отказа ВВ

Таблица 4.4.4 – Конфигурационные ключи функции СП ОТКЛ

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S22 - Ввод функции СП ОТКЛ	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	СП ОТКЛ

Таблица 4.4.5 – Месторасположение уставок СП ОТКЛ в меню устройства

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель →	Диагностика		

4) Неисправность ВВ.

Сигнал **«Неиспр ВВ»** появляется при выявлении устройством любой из вышеуказанных неисправностей. При появлении данного сигнала осуществляется блокировка ручного включения ВВ и блокировка работы функций автоматики до момента их устранения и сброса защиты.

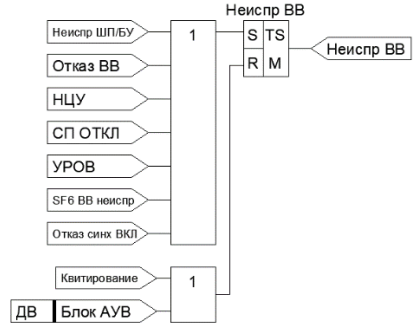


Рисунок 4.4.5 – Функциональная схема формирования сигнала неисправности выключателя

5) Контроль давления элегаза.

Функция защиты элегазового оборудования обеспечивает прием и обработку предупредительных и аварийных сигналов снижения давления элегаза отсека ВВ и отсека трансформаторов тока (Рисунок 4.4.6).

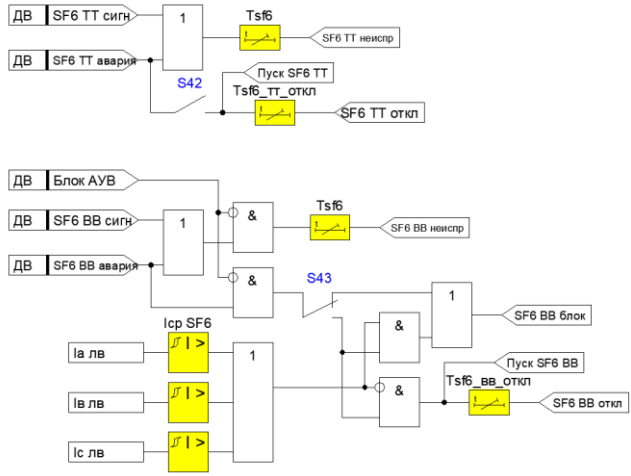


Рисунок 4.4.6 – Функциональная схема функции контроля давления элегаза

При срабатывании предупредительного датчика давления элегаза отсека ТТ или отсека ВВ производится блокирование операции включения ВВ. При введенном ключе **S42** и срабатывании аварийного датчика производится отключения выключателя.

При срабатывании аварийного датчика давления элегаза отсека ВВ блокируется операция включения ВВ. При введенном ключе **S43** в таком режиме производится отключение выключателя, если ток нагрузки ниже уставки блокировки отключения ВВ (Таблица 4.4.6).

Таблица 4.4.6 – Технические параметры функции контроля элегаза

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Ток срабатывания блокировки отключения во вторичных величинах, А	1,00 – 50,00	0,01	5,00	Iср SF6
Коэффициент возврата пусковых органов по току	–	–	0,95	–
Время срабатывания контроля SF6, с	0,00 – 10,00	0,01	1,00	Tср SF6
Время срабатывания SF6 ТТ на отключение, с	0,00 – 10,00	0,01	1,00	Tср SF6 ТТ на ОТКЛ
Время срабатывания SF6 ВВ на отключение, с	0,00 – 10,00	0,01	1,00	Tср SF6 ВВ на ОТКЛ

Таблица 4.4.7 – Месторасположение настроек контроля элегаза

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель →	Контроль SF6		

Таблица 4.4.8 – Конфигурационные ключи настроек контроля элегаза

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
S41 – Контроль давления элегаза	Выведен Введен	Выведен	Контроль SF6
S42 – Отключение ВВ при снижении SF6 ТТ	ОТКЛ ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ от SF6 ТТ
S43 – Отключение ВВ при снижении SF6 ВВ		ОТКЛ	ОТКЛ от SF6 ВВ

4.5 Функции сигнализации

Формирование сигналов сигнализации «**Авария**», «**ОТКЛ от защит**», «**Вызов**», «**Неиспр**» можно проследить по функциональной схеме, представленной на Рисунке 4.5.1.

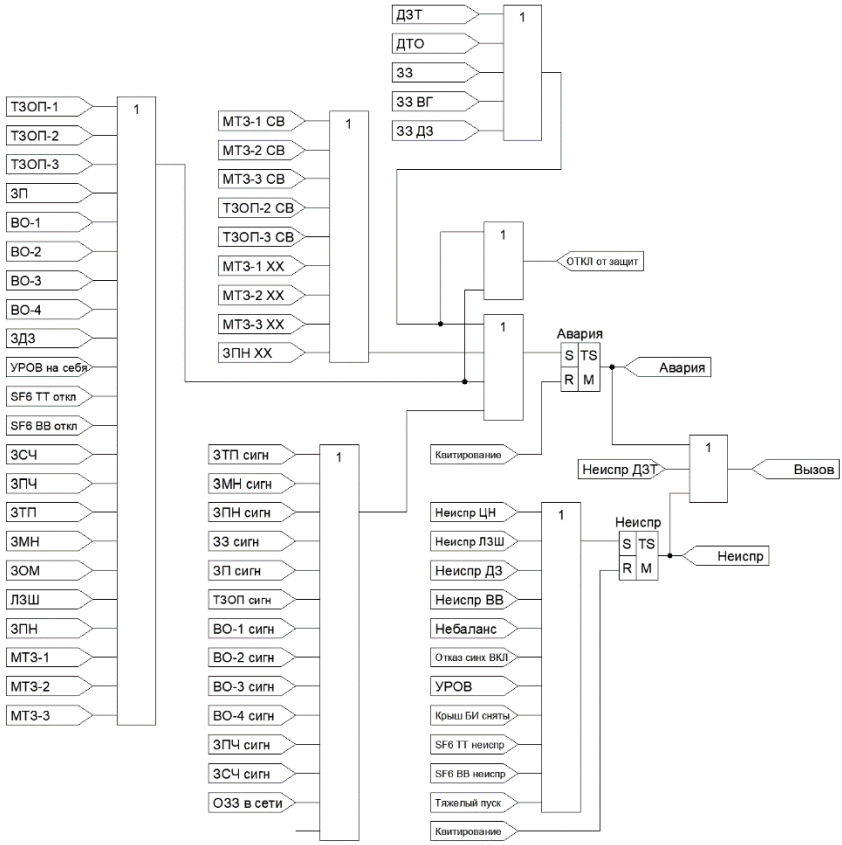


Рисунок 4.5.1 – Функциональная схема формирования сигналов сигнализации

4.6 Контроль условий синхронизма при включении

Блок выполняет функцию КС при включении между напряжениями на выводах генератора и на сборных шинах. Контроль синхронизма осуществляется при:

- ручном включении выключателя;
- внешнем включении с помощью ДВ (сигнал **«Внеш ВКЛ»**).

Для обеспечения синхронизма проверяется выполнение следующих условий (Рисунок 4.6.1).

1. Параметры напряжений в норме – формируется сигнал **«U в норме»:**

- присутствует напряжение на выводах генератора и его параметры находятся в заданном диапазоне;
- присутствует напряжение на сборных шинах и его параметры находятся в заданном диапазоне;
- отсутствуют сигналы неисправностей цепей напряжения **«Блок от КЦН»**

2. Разность действующих значений напряжений Uав1 и Uав2 находится в допустимых пределах – формируется сигнал **«dU в норме».**

3. Разность частот напряжений Uав1 и Uав2 находится в допустимых пределах – формируется сигнал **«dF в норме».**

4. Модуль угла между векторами напряжений Uав1 и Uав2 находится в допустимом пределе – формируется сигнал **«dL в норме».**

После формирования команды на включение с КС запускается выдержка времени **«Тсинхр»**, в течение которой проверяются условия включения. Если условия не выполнены, то формируется сигнал неуспешного включения **«Отказ синхронного включения»**, дальнейшее включение ВВ блокируется до момента квитирования защиты (Рисунок 4.6.2). При выполнении условий формируется сигнал **«Синхр ВКЛ»**, который приводит к выдаче команды на включение выключателя.

В устройстве предусмотрена возможность задания времени собственного включения ВВ. Если данная уставка отлична от нуля, то КС будет осуществляться с улавливанием синхронизма, то есть команда на включение ВВ будет выдаваться с упреждением на время включения выключателя.

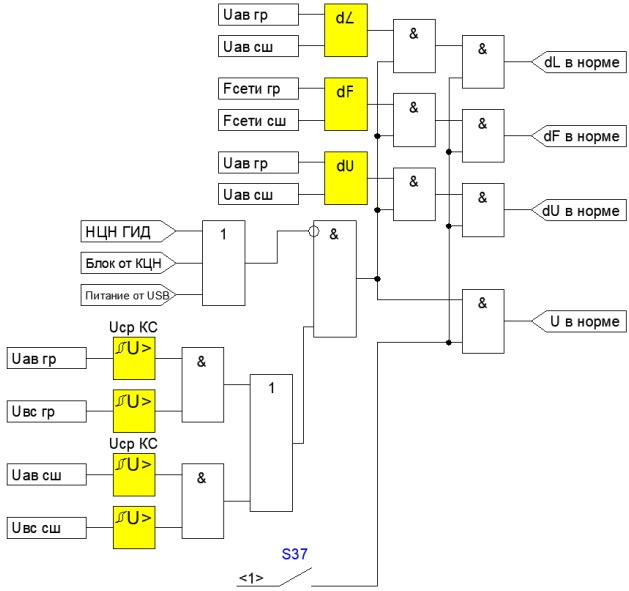


Рисунок 4.6.1 – Функциональная схема контроля условий синхронного включения

Таблица 4.6.1 – Технические параметры функции КС

Наименование параметра	Диапазон значений	Дискретность задания	Заводское значение	Обозначение в меню
Уставка по времени собств. включения, с	0 – 1,00	0,01	0	Тсобств ВКЛ
Уставка по времени синхронизации, с	0 – 10,00	0,01	5	Тсинхр
Допускаемая разница частот напряжений, Гц	0,10 – 2,00	0,01	0,10	Допуск по F
Допускаемая разница угла между напряжениями, град	0,5 – 90,0	0,1	5	Допуск по L
Допускаемая разница между уровнями напряжений, В	5,0 – 50,0	0,1	10	Допуск по U
Напряжение срабатывания функции КС, В	30,0 – 100,0	0,1	60	Uср

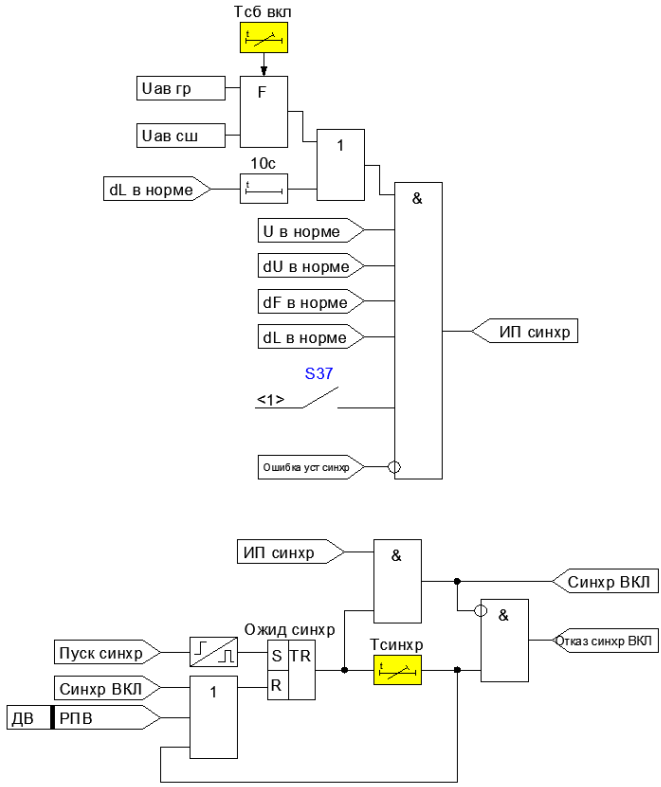


Рисунок 4.6.2 – Функциональная схема формирования сигналов синхронного включения

Таблица 4.6.2 – Месторасположение уставок КС при включении

Главное меню	**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Выключатель →	Настройки КС		

4.7 Логика свободно программируемых реле

Выходные реле могут быть настроены несколькими способами:

- с помощью выбранных стандартных шаблонов;
- с помощью ручного программирования.

Для настройки первым способом пользователю доступны следующие стандартные шаблоны (Таблица 4.7.1).

Для дискретных выходов с нормально открытыми контактами появление какого-либо признака приводит к срабатыванию реле и замыканию его контактов. Для шаблона «Неиспр ГИД» условие срабатывания является инверсным, то есть при появлении признака дискретный выход возвращается в исходное состояние.

В режиме ручного программирования устройство позволяет гибко настраивать выходные реле (Рисунок 4.7.1). В зависимости от конфигурации программных ключей выход может работать в импульсном режиме, в режиме без фиксации и с фиксацией. Для этого для каждого реле предусмотрен набор программных ключей и уставок по времени срабатывания (Таблица 4.7.3).

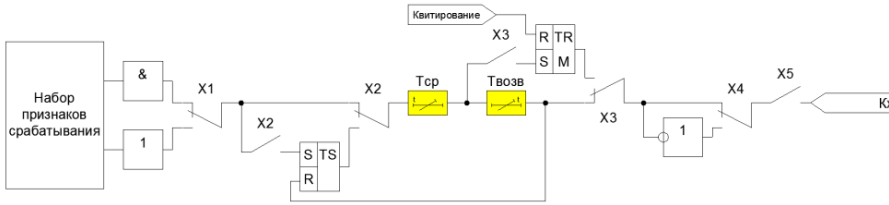


Рисунок 4.7.1 – Функциональная схема логики свободно программируемого реле

Таблица 4.7.1 – Стандартные шаблоны для настройки выходных реле

Название шаблона	Набор признаков срабатывания	Режим работы выхода
ОТКЛ	ОТКЛ	Без фиксации
ВКЛ	ВКЛ	Без фиксации
ОТКЛ СВ	ОТКЛ СВ	Без фиксации
Останов турб.	Останов турб.	Без фиксации
Гаш. поля	Гаш. поля	Без фиксации
Авария	Авария	Без фиксации
Вызов	Вызов	Без фиксации
Неиспр	Неиспр	Без фиксации
Пуск МТЗ	Пуск МТЗ	Без фиксации
ЗДЗ	ЗДЗ	Без фиксации
ОЗЗ	ОЗЗ в сети || ЗЗ || ЗЗ ВГ || ЗЗ ДЗ	Без фиксации
АПВ введено	АПВ введено	Без фиксации
УРОВ на себя	УРОВ на себя	Без фиксации
УРОВ	УРОВ	Без фиксации
Защита ЭМ	Защита ЭМ1 || Защита ЭМ2	Без фиксации
ВВ включен	ВВ отключен	Без фиксации
ВВ отключен	ВВ включен	Без фиксации
Неиспр ГИД	Неиспр ГИД	Без фиксации
Защита ЭМО/ЭМВ	Защита ЭМ1	Без фиксации
Защита ЭМО2	Защита ЭМ2	Без фиксации

Таблица 4.7.2 – Настройки конфигурационных ключей для разных режимов работы выходных реле

Способ срабатывания	Положение ключа		
	X2	X3	X5
Без фиксации	ОТКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
Импульсный	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
С фиксацией	ОТКЛ	ВКЛ	ВКЛ

Таблица 4.7.3 – Настройки выходных реле

Настройка	Возможные значения	Примечание
Тип логической схемы (ключ X1)	«И» / «ИЛИ»	Данная настройка определяет способ срабатывания выходного реле: 1. «И» - реле срабатывает при появлении всех заданных признаков; 2. «ИЛИ» - реле срабатывает при появлении любого из заданных признаков
Тип логической схемы (ключ X2)	ВКЛ / ОТКЛ	Срабатывание выходного реле по фронту
Выход через триггер (ключ X3)	ВКЛ / ОТКЛ	Работа выходного реле через триггер с памятью. Возврат реле будет происходить при квитировании
Инверсия выхода (ключ X4)	ВКЛ / ОТКЛ	Инверсия состояния выходного реле
Ввод/вывод реле (ключ X5)	Введено Выведено	Ввод/вывод реле из действия
Тср	0 – 300с	Задержка на срабатывание выходного реле
Твозв	0 – 300с	Задержка на возврат выходного реле
Определение битов неинверсных	Набор признаков срабатывания	Задание **неинверсных** признаков (активное состояние признака «**1**»)
Определение битов инверсных	Набор признаков срабатывания	Задание **инверсных** признаков. (активное состояние признака «**0**»)

Для задания определенного режима работы выходного реле необходимо соответствующим образом сконфигурировать ключи, представленные в Таблице 4.7.2.

Выдержки времени на срабатывание и возврат определяются на усмотрение пользователя.

Таблица 4.7.4 – Месторасположение настроек выходных реле в меню устройства

Главное меню		Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Дискретные выходы	→	Состояние		
Дискретные выходы	→	Настройка		
Дискретные выходы	→	Ручное программ-ие		

4.8 Группы уставок

Изменение конфигурации сети обычно приводит к изменению ее параметров, которые, в свою очередь, будут определять уставки защиты и автоматики. Для оперативного изменения текущих уставок в таких случаях в устройстве предусмотрена возможность задания двух независимых групп уставок по всем защитам и функциям автоматики.

По умолчанию в устройстве установлена первая группа уставок. Пользователь может перейти на вторую группу уставок следующими способами (в зависимости от состояния уставки **«Способ выбора гр.уставок»**):

- через дискретные входы;
- через команды по ТУ.

Переход осуществляется через выдержку времени, задаваемую пользователем, при этом должны отсутствовать наборы выдержек времени срабатывания любой из защит и автоматики. Если в момент набора выдержки времени **«Тзад гр.уст»** происходит пуск защиты, то набранное значение выдержки обнуляется. После возврата всех защит происходит повторный набор времени.

Каждая группа уставок отображается на лицевой панели соответствующим светодиодом «**Уставки 2**».

Таблица 4.8.1 – Настройки для задания текущей группы уставок

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
---	Выведен МУ ТУ МУ + ТУ	Выведен	Способ выбора групп уставок

Таблица 4.8.2 – Технические параметры задания группы уставок

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Задержка на смену группы уставок, с	0,10 – 5,00	0,01	2,00	Тзад гр.уст

Таблица 4.8.3 – Месторасположение настроек для групп уставок

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Присоединение →			

4.9 Счетчики

В устройстве предусмотрены следующие счетчики:

- количество срабатываний защит;
- количество включений коммутационного аппарата;
- количество аварийных отключений коммутационного аппарата;
- общее потребление электроэнергии;
- общее время работы объекта;
- общее время работы ЭСТРА-ГИД.

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.

4.10 Регистратор событий и 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 Таблице 4.10.1.

Выбор пускающего сигнала осуществляется в «Маске осциллограмм» через ПО верхнего уровня «UPROG» во вкладке «Осциллограммы» или через ПУ в меню настройки осциллографа. В случае выбора более одного пускающего сигнала устройство будет производить запись осциллограмм при появлении любого из событий.

Длительность осциллограммы фиксированная и составляет порядка 18 секунд. Общее количество возможных записанных осциллограмм составляет 100 штук и не меняется.

Скачивание осциллограмм может осуществляться через терминал по последовательному интерфейсу RS485, Ethernet или через разъем USB. При необходимости, в режиме скачивания, можно в любой момент остановить этот процесс. Уже полученная информация будет сохранена на ПК и доступна для просмотра.

Предусмотрена возможность принудительного пуска записи осциллограммы через терминал на ПК. Пользователь может также указать способ записи состояния дискретных входов – физическое состояние или логическое.

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

Внимание!

Для продления срока службы памяти осциллограмм не рекомендуется настраивать осциллограф на работу по защитам, которые могут работать в режиме частых пусков и возвратов. Постоянная запись данных в память в таком режиме приводит к быстрому снижению ресурса циклов перезаписи микросхемы памяти.

Рекомендуется хотя бы раз в год вручную производить полную очистку памяти осциллограмм.

Таблица 4.10.1 – Настройки осциллографа

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
---	Физ-ое сост. / Лог-ое сост-ие	Физ-ое состояние	Способ осц ДВ
---	Набор используемых защит	---	Маска осциллограмм

Таблица 4.10.2 – Месторасположение настроек осциллографа

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Настройки →	Осциллографа		

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:

- аварий (срабатывание защит);
- событий;
- изменения уставок;
- коммутаций ВВ;
- изменения ресурса ВВ.

Из-за технических ограничений на отображение информации через панель управления возможен просмотр только аварийных протоколов и протоколов коммутаций ВВ.

Для скачивания и анализа всех протоколов необходимо подключение персонального компьютера к устройству через интерфейс USB, Ethernet или через RS485 с помощью преобразователя USB/RS485.

При заполнении памяти устройство производит запись нового события на место самого раннего. Принудительной очистки пользователем данных регистратора не предусмотрено.

1) Аварийные протоколы (срабатывание защит).

Протокол защит формируется в момент фиксации устройством аварийного признака.

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

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) Протоколы коммутаций ВВ.

Протокол формируется при любом включении и отключении ВВ с фиксацией причины, по которой произошла коммутация. В протоколе также фиксируется время коммутации выключателя, измеренного устройством защиты.

4.11 Регистратор параметров нагрузки

Для измерения и архивирование данных электрической сети в устройстве предусмотрен регистратор параметров нагрузки. Все измеряемые параметры сохраняются во внутреннюю память устройства, что позволяет в дальнейшем производить анализ стационарных процессов, а также судить об отклонениях в электрической сети.

Запись параметров производится с шагом в одну секунду, позволяя сохранять в устройстве общий объем данных за интервал примерно в 160 часов. В набор регистрируемых сигналов входят:

- фазные токи Ia1, Iв1, Ic1, Ia2, Iв2, Ic2, 3Io;
- токи прямой, обратной и нулевой последовательности I1, I2;
- линейные напряжения Uав1, Uвс1, Uса1, Uав2, Uвс2, Uса2;
- напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности U1, U2, 3Uo;
- частота сети f;
- текущее состояние выключателя, команды на включение и отключение выключателя, наличие сигналов аварии или неисправности.

Для скачивания и анализа сохраненной информации необходимо подключение персонального компьютера к устройству через интерфейс USB, Ethernet или через RS485 с помощью преобразователя USB/RS485.

При заполнении памяти устройство производит запись новых данных на место самых ранних. Принудительной очистки пользователем данных регистратора не предусмотрено.

4.12 Часы реального времени и синхронизация

В устройстве находятся энергонезависимые часы реального времени. Для их питания используется конденсатор большой емкости (ионистор), который заряжается при наличии питания на блоке. Полная зарядка осуществляется за несколько часов. При пропадании оперативного напряжения ход часов сохраняется в течение не менее 300 часов. При работе устройства в отрицательных температурах срок работы часов сокращается.

Задание или синхронизация времени в блок может быть осуществлена с помощью:

1. интерфейса USB через ПО верхнего уровня «UPROG»;

2. интерфейса RS485 с помощью широковещательной команды «0x10» по адресу «0»;

3. интерфейса RS485, настроенного на прием синхросигнала точного времени (порт «PPS»);

4. интерфейса Ethernet по протоколу точного времени «NTP» или через ПО верхнего уровня «UPROG».

4.13 Функций телеуправления, телеизмерения и телесигнализации

Устройство может быть интегрировано в локальные системы АСУ ТП как подсистема нижнего уровня через интерфейсы RS485 или Ethernet 10/100 BASE-TX. Устройство позволяет передавать текущие параметры сети, дискретные сигналы, протоколы данных, осциллограммы, информацию о состоянии блока и управлять коммутационным аппаратом.

Таблица 4.13.1 – Настройки интерфейса RS485

Назначение ключа	Диапазон	Завод. значение	Обозначение в меню
Тип протокола по RS485	Modbus RTU	Modbus RTU	Протокол RS485
Скорость работы RS485	115200 57600 38400 19200 9600	38400	Скорость работы RS485
Адрес в сети RS485	1 – 247	1	Адрес в сети RS485
Количество стоповых битов RS485	0,5 бита 1 бит 1,5 бита 2 бита	1 бит	Кол-во стоп бит RS485
Бит четности RS485	Выкл Четный Нечетный	Выкл	Бит четности RS485

Таблица 4.13.2 – Настройки интерфейса Ethernet

Название	Диапазон значений	Заводское значение
Ethernet состояние	ВКЛ / ОТКЛ	ВКЛ
DHCP состояние	ВКЛ / ОТКЛ	ОТКЛ
IP адрес устройства	xxx.xxx.xxx.xxx	192.168.0.91
Маска подсети	xxx.xxx.xxx.xxx	255.255.255.0
Основной шлюз	xxx.xxx.xxx.xxx	192.168.0.1
MAC адрес устройства	xx:xx:xx:xx:xx:xx	70:4D:7B:00:06:0A

Таблица 4.13.3 – Возможности управления и настройки

Вид воздействия	ПУ	Дискретные входы/выходы	ПО «UProg»	АСУ ТП
Включить / отключить ВВ	+	+	+	+
Ввод / вывод защит и автоматики	+	+	+	+
Изменение группы уставок	+	+	+	+
Ввод / вывод режимов телеуправления	+	+	+	+
Смена даты и времени	+	–	+	+
Ввод уставок защит	+	–	+	+
Изменение настроек блока	+	–	+	+
Изменение настроек осциллографа	+	–	+	–
Изменение настроек счетчика ресурса ВВ	+	–	+	–
Изменение настроек регистратора нагрузки	+	–	+	–
Обнуление счетчиков защит	+	–	+	–
Обнуление счетчиков энергии	+	–	+	–
Обнуление счетчиков коммутаций ВВ	+	–	+	–
Обновление прошивки	–	–	+	–

Таблица 4.13.4 – Возможности передачи данных и индикации

Вид воздействия	ПУ	Дискретные входы/выходы	ПО «UProg»	АСУ ТП
Телесигнализация	+	–	+	+
Измерения	+	–	+	+
Счетчики	+	–	+	+
Уставки РЗиА и настройки блока	+	–	+	+
Протоколы аварий	+	–	+	+
Протоколы событий	–	–	+	+
Протоколы изменения уставок	–	–	+	+
Протоколы коммутаций ВВ	+	–	+	+
Протоколы изменения ресурса ВВ	–	–	+	+
Регистратор параметров нагрузки	–	–	+	–

Для связи с блоком защиты через ПК может использоваться интерфейс USB, установленный на лицевой панели пульта. Подключение осуществляется с помощью кабеля «Type-A/Type-B». Настройка всех параметров передачи данных осуществляется через ПО верхнего уровня «UPROG» после подключения к устройству через USB. Через данный порт, в том числе, производится обновление прошивки устройства.

Интерфейс передачи данных RS485 имеет гальваническую развязку и обеспечивает обмен данными по протоколу «Modbus RTU». Связь устроена по принципу «Master-Slave». Блок не инициирует передачу и работает в режиме «Slave» - отвечает только на запросы ведущего устройства.

Для подключения необходимо применять экранированную витую пару. Например, кабель марки «КГПЭфВм 1х2х0,78» или аналогичный сходный по характеристикам. Максимальная длина канала связи при использовании RS485 определяется характеристиками витой пары и скоростью передачи данных. При организации сети на устройствах, расположенных на концах, необходима установка согласующих резисторов 120 Ом.

Для подключения к блоку защиты с помощью компьютера по порту RS485 необходим преобразователь USB/RS485. Перед началом подключения необходимо проверить, что преобразователь подключен к ПК, определен в его операционной системе и ему назначен COM порт. При использовании преобразователей с возможностью переключения режимов RS485/RS422 необходимо проверить, что преобразователь работает именно в режиме RS485.

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

Подключение по интерфейсу Ethernet осуществляется по проводной линии связи с четырьмя витыми парами и соединителем «RJ-45». Связь устроена по принципу «Client-Server». Блок защиты является сервером. IP-адрес, маска подсети и шлюз настраивается через «UPROG».

При использовании интерфейса Ethernet устройством поддерживаются следующие протоколы передачи данных:

1. Modbus TCP (RTU over TCP);
2. МЭК 60870-5-104.

Описание форматов передачи и возможностей модуля МЭК 60870-5-104 можно скачать в текстовом формате на ПК из вкладки его настроек.

После введения любых настроек протоколов передачи данных проведение повторных испытаний функций релейной защиты и автоматики не требуется.

При реализации удаленного доступа к устройству возможно применение «ЭСТРА-РОУТЕР». Данное устройство является 4G-роутером и обеспечивает передачу данных в режиме реального времени на диспетчерские пункты через беспроводную сеть.

Поддерживаются протоколы передачи данных как «Modbus RTU», так и «МЭК-60870-5-104» благодаря программному конвертеру, встроенному в роутер TELEOFIS RTU1068 V4. Конвертер позволяет реализовать совместимость устройства защиты с диспетчерскими системами (например, СКД, SCADA).

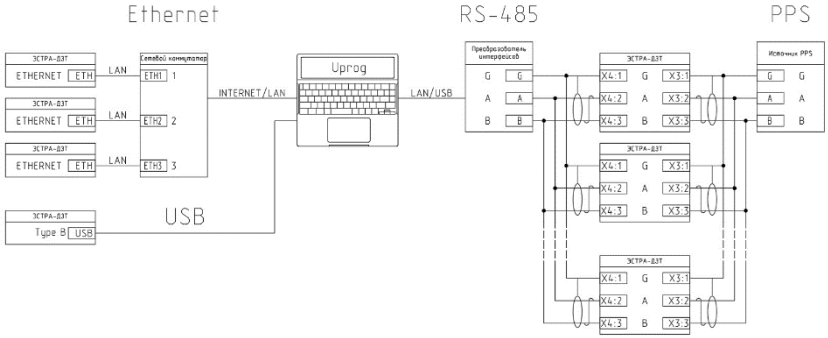


Рисунок 4.13 – Способы подключения устройств ЭСТРА-ГИД
в системы передачи данных

4.14 Учет ресурса выключателя

В устройстве предусмотрена функция учета остаточного ресурса высоковольтного выключателя по каждой фазе.

Сработанный ресурс отражает степень износа деталей и узлов конкретной единицы оборудования. При этом под сработанным коммутационным ресурсом выключателя понимают степень износа дугогасительной камеры, а механический ресурс характеризуется числом циклов включение - пауза - отключение, выполняемых без тока в главной цепи. Под остаточным ресурсом понимают остаток ресурса выключателя после определенного периода эксплуатации и числа операций по отключению и включению нагрузочных токов и токов КЗ.

Механический ресурс задается в паспортных данных на выключатель, и, так как его величина характеризует работу выключателя без токовой нагрузки, то нет необходимости учитывать его значение.

Коммутационный ресурс задается в паспортных данных в виде кривых зависимости допустимого числа отключений от величины тока (Рисунок 4.14.1).

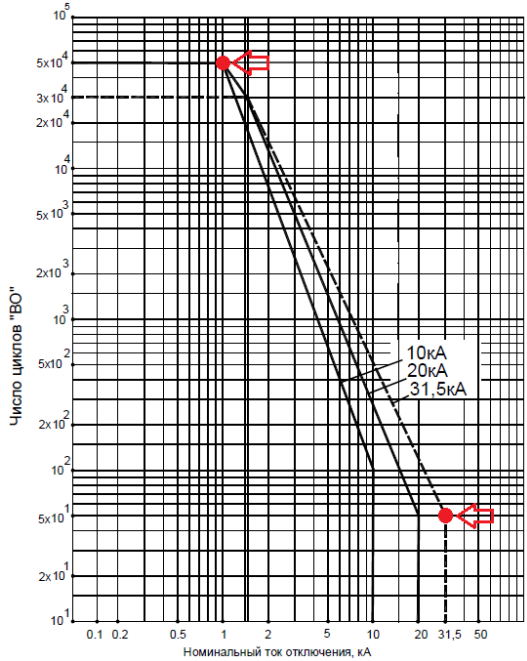


Рисунок 4.14.1 – График зависимости ресурса по коммутационной стойкости (число циклов «В-О») от коммутационного тока выключателя ВВТЭ-М-10

Тогда остаточный ресурс выключателя или критерий вывода в ремонт можно определить по следующему выражению:

$$R_{\text{ост}} = 100\% - \sum_{\text{i=1}}^{\text{N}} \Delta R_i, \qquad (14.1)$$

где:

$R_{ОСТ}$ – остаточный ресурс выключателя;

ΔR_i – расход ресурса за одно отключение;

i – количество отключений.

Для корректной оценки остаточного ресурса необходимо ввести в блок защиты данные о узловых точках характеристики, по которым защита моделирует зависимость ресурса от коммутационного тока (отмечены стрелками на графике). При каждом отключении выключателя защита фиксирует ток отключения, вычисляет расход ресурса по заданной характеристике и формирует протокол ресурса.

В протоколе отображаются:

- дата и время отключения;
- причина отключения;
- ток отключения по каждой фазе;
- расход ресурса по каждой фазе;
- остаточный ресурс выключателя по каждой фазе;
- общий расход ресурса по каждой фазе.

Скачивание протоколов производится с помощью кнопки «Скачать все» в соответствующей области терминала.

Для исключения создания протоколов неинформативного характера, то есть когда отключения выключателя с током нагрузки не приводит к существенному изменению ресурса (сотые и тысячные доли процента), необходимо ввести уставку «**Ток срабатывания протокола ресурса ВВ**». При токе отключения ниже, чем данная уставка, протокол ресурса формироваться не будет. Рекомендуется задавать данную уставку в районе 20% от номинального тока отключения.

Таблица 4.14.1 - Настройки счетчика ресурса ВВ

Наименование параметра	Диапазон	Шаг	Завод. значение	Обозначение в меню
Номинальный ток отключения ВВ в первичных величинах, А	100 – – 30000	1	20000	НТО
Ресурс по коммутационной стойкости ВВ при НТО	1 – 10000	1	100	Ресурс при НТО
Номинальный ток ВВ в первичных величинах, А	100 – – 3000	1	650	Ном. ток ВВ
Механический ресурс ВВ (в тысячах)	1 – 10000	1	50	Мех. ресурс ВВ
Ток формирования протокола ресурса ВВ в первичных величинах, А	100 – – 20000	1	650	Ток форм. прот.

Таблица 4.14.2 - Месторасположение настроек счетчика ресурса ВВ

Главное меню	Подменю 1	Подменю 2	Подменю 3
Выключатель →	Ресурс ВВ		

4.15 Функции доступа и самодиагностики

1) Уровни доступа (УД).

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 двадцати минут.

Внимание!

При работе с устройством через программу на ПК запись уставок и ввод их в работу производится автоматически, буферной записи не предусмотрено. При вводе уставок на рабочем объекте будьте особенно внимательны, так как при вводе неправильной уставки или настройки возможно неселективное отключение выключателя!

Возможности оператора с первым уровнем доступа минимальны:

- задание и изменение уставок защит;
- очистка протоколов защит;
- установка и изменение даты и времени;
- управление выключателем с ПУ.

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

- изменение сервисных настроек;
- изменение настроек осциллографа;
- изменение параметров присоединения;
- изменение настроек дискретных входов и выходов;
- изменение настроек управления выключателем.

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

Заводские пароли по умолчанию:

- УД1 – «0001»;
- УД2 – «0002»;
- УД3 (сервисный пароль доступа) – «1234».

Таблица 4.15.1 - Месторасположение настроек паролей доступа

Главное меню	**Подменю 1**	**Подменю 2**	**Подменю 3**
Настройки →	Пароли доступа		

2) Функция самодиагностики.

В процессе работы устройство постоянно выполняет внутреннюю самодиагностику с целью преждевременного выявления ошибок в аппаратной или программной части. В зависимости от внутренней неисправности могут блокироваться алгоритмы устройства и выходные реле.

Внутренняя ошибка отображается в статусе блока, просмотр которого осуществляется в разделе «Самодиагностика» ПУ или во вкладке «Аппаратное состояние» ПО «UPROG».

Кроме внутренних ошибок в статусе ЭСТРА-ГИД отображаются информационные биты данных, то есть несущие только информационную нагрузку.

Таблица 4.15.2 - Статусные биты блока ЭСТРА-ГИД

№	Наименование	Расшифровка	Последствия	Порядок действий при появлении
1	Ошибка даты / времени	Ошибка формата даты и времени	Неверная дата/время. Фиксация всех событий с ошибочной датой и временем	Задать дату и время
2	Ионистор разряжен	Внутренний источник, необходимый для работы часов, разряжен	При снятии питания время и дата сбрасываются	Выдать на устройство питание и дождаться заряда источника
3	Неисправность FRAM	Неисправность микросхемы памяти	Отказ устройства	Сообщить производителю для замены или ремонта устройства
4	Неисправность NAND	Неисправность микросхемы памяти	Невозможно скачивание и запись осциллограмм и протоколов	
5	Неисправность клавиатуры	Неисправность модуля клавиатуры	Кнопки на клавиатуре управления могут не работать	
6	Неисправность ЦН	Неисправность каналов измерения цепей напряжения	Блокировка защит по напряжению и автоматики	
7	Неисправность АЦП	Неисправность каналов измерения устройства	Неисправность каналов измерения, возможна некорректная работа защит	
8	Неисправность выходов	Неисправность каналов управления выходными реле	Выходные реле могут не работать	
9	Неисправность CRC блока «Уставок»	Ошибка контрольной суммы блоков уставок	Возможна некорректная работа защит	Проверить уставки защит и перезадать их в случае необходимости

5 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ, МАРКИРОВКА, УПАКОВКА

5.1 Комплект поставки

Наименование	Количество
Микропроцессорное устройство защиты генератора и двигателя ЭСТРА-ГИД	1 шт
Ответные части разъемов	1 комплект
USB кабель	1 шт
Паспорт	1 экземпляр
Руководство по эксплуатации	По запросу
Программное обеспечение	По запросу

5.2 Маркировка

1) Маркировка блока выполнена на задней стороне корпуса в соответствии с ГОСТ 18620-86. На маркировке указаны основные данные блока:

- обозначение изделия;
- дата изготовления;
- заводской номер;
- напряжение и частота питающей сети;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- нумерация разъемов и назначение контактов блока;
- обозначение вывода защитного заземления.

2) Маркировка транспортной тары наносится транспортной компанией и содержит основные, дополнительные и информационные надписи, и манипуляционные знаки согласно ГОСТ 14192-96.

5.3 Упаковка

1) Устройство упаковано в коробку, в ней осуществляется транспортирование.

2) Снятие транспортной тары должно производиться с соблюдением манипуляционных знаков.

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

6.1 Эксплуатационные ограничения

1) Климатические условия эксплуатации устройства указаны в разделе 2 настоящего РЭ, эксплуатационные технические характеристики не должны превышать значений, приведенных в разделе 2.

2) Эксплуатация устройства блока осуществляется в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» и настоящим «Руководством по эксплуатации».

3) Возможность работы устройства в условиях, отличных от указанных в настоящем «Руководстве по эксплуатации», должна согласовываться с предприятием-изготовителем.

6.2 Подготовка устройства к использованию

6.2.1 Меры безопасности при подготовке устройства к использованию

1) При эксплуатации устройства следует руководствоваться «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок, электрических станций и подстанций», а также настоящим «Руководством по эксплуатации».

2) К эксплуатации и обслуживанию устройства допускаются лица, изучившие настоящее РЭ, паспорт и прошедшие специальную подготовку в области микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики.

3) Опасным фактором при эксплуатации устройства является напряжение оперативного питания 220В. Все работы на зажимах устройства следует производить в обесточенном состоянии.

4) Заземление и защитные меры безопасности должны выполняться в соответствии с требованиями действующих "Правил устройства электроустановок". Для заземления устройства на корпусе блока защиты предусмотрен специальный заземляющий винт, который используется для подключения к заземляющему контуру.

5) Запрещается эксплуатировать устройства в условиях и режимах, отличных от требований настоящих РЭ и ТУ.

6) Запрещается производить смену деталей под напряжением во время ремонта.

7) Лица, допущенные к работе с устройством, должны проходить ежегодную проверку знаний по технике безопасности.

6.2.2 Размещение и монтаж

1) Внешний вид блока защиты, габаритные и установочные размеры приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

2) Объем и последовательность монтажа устройства:

- снять упаковку, проверить блок на наличие механических повреждений;
- установить блок защиты в релейный отсек присоединения;
- подключить к блоку внешние цепи, проверить соответствие собранной схемы технической документации на устройство;
- проверить надежность затяжки болтовых соединений.

3) Все работы по монтажу, демонтажу и эксплуатации блока должны выполняться в соответствии с действующими «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок», а также действующими ведомственными инструкциями.

6.3 Текущий ремонт

1) Устройство является восстанавливаемым и ремонтопригодным. Ремонтопригодность устройства обеспечивается:

- модульной конструкцией, позволяющей быстро заменить неисправный блок на исправный на месте установки;
- внутренней самодиагностикой, позволяющей быстро выявлять факт неисправности и определять неисправный элемент;

2) Ремонт устройства в период гарантийной эксплуатации производится заводом-изготовителем. В последующие годы эксплуатации ремонт производится по договору с заводом-изготовителем квалифицированными специалистами, аттестованными на право ремонта микропроцессорных устройств.

6.4 Хранение

1) Устройство до введения в эксплуатацию хранится на складе в упаковке предприятия – изготовителя, условия хранения – 2(С) по ГОСТ 15150. Изделие без упаковки хранится при температуре окружающей среды 0 до 40°С и относительной влажности не более 80% (при температуре 25°С).

2) В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

3) Срок хранения устройства в упаковке изготовителя 12 месяцев.

4) При снятии блока с хранения в условиях пониженной температуры необходимо выдержать его в упаковке не менее двух часов при комнатной температуре.

6.5 Транспортирование

1) Изделие транспортируется в крытых железнодорожных вагонах, перевозится автомобильным транспортом с защитой от дождя и снега, а также транспортируется в герметизированных отапливаемых отсеках самолетов. При перевозке в железнодорожных вагонах вид отправки - мелкий, малотоннажный.

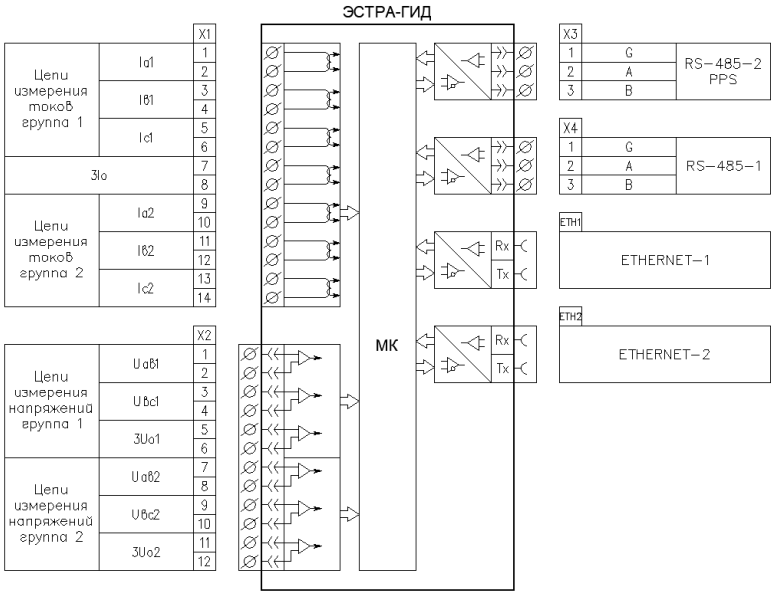
2) Климатические условия транспортирования блока являются такими же, как при хранении.

6.6 Утилизация

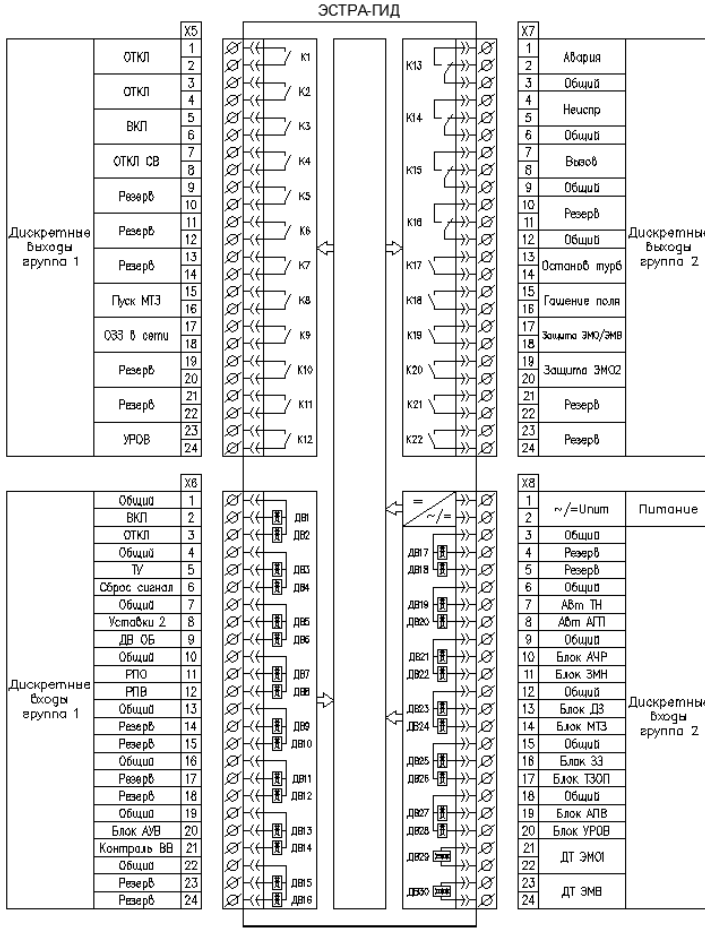
Устройство не содержит веществ и компонентов, вредно влияющих на окружающую среду и здоровье человека, поэтому особых мер по защите при утилизации не требуется.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Внешние цепи ЭСТРА-ГИД (аналоговые входы, интерфейсы связи)



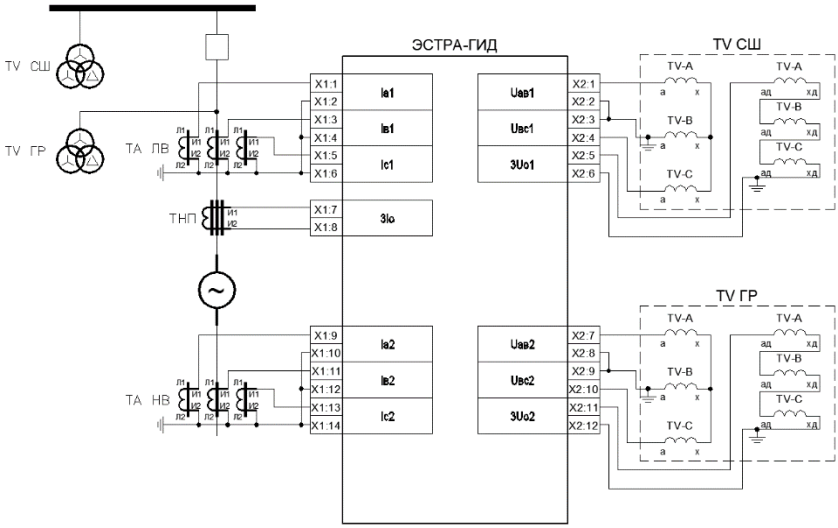
Внешние цепи ЭСТРА-ГИД (дискретные входы/выходы, питание)



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

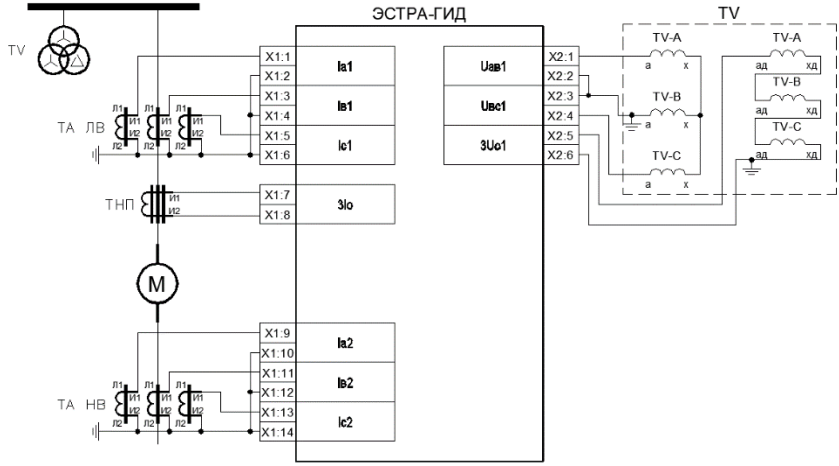
Подключение измерительных цепей к блоку ЭСТРА-ГИД

Защита генератора



Подключение измерительных цепей к блоку ЭСТРА-ГИД

Защита двигателя



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Список внутренних сигналов, назначаемых на дискретные входы

Наименование сигнала, группа 1	Расшифровка сигнала
Блок ДТО	Блокировка дифференциальной токовой отсечки
Блок ДЗТ	Блокировка дифференциальной защиты с торможением
Блок ДЗ	Блокировка ДТО и ДЗТ
Блок МТЗ	Блокировка всех МТЗ
Блок МТЗ-1	Блокировка МТЗ-1
Блок МТЗ-2	Блокировка МТЗ-2
Блок МТЗ-3	Блокировка МТЗ-3
Блок ЗП	Блокировка защиты от перегрузки
Блок ТЗОП	Блокировка всех ступеней токовой защиты обратной последовательности
Блок ТЗОП-1	Блокировка ТЗОП-1
Блок ТЗОП-2	Блокировка ТЗОП-2
Блок ТЗОП-3	Блокировка ТЗОП-3
Блок ЗПР	Блокировка защиты от перегрузки ротора
Блок УРОВ	Блокировка УРОВ
Блок АПВ	Блокировка АПВ
Блок АУВ	Блокировка автоматики управления выключателем

Наименование сигнала, группа 2	Расшифровка сигнала
ВКЛ	Прием сигнала включения выключателя
ОТКЛ	Прием сигнала отключения выключателя
РПО	Сигнал РПО выключателя
РПВ	Сигнал РПВ выключателя
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв
РПВ2	Сигнал РПВ2 выключателя
ДТ ЭМВ	Датчик тока электромагнита включения
ДТ ЭМО1	Датчик тока электромагнита отключения 1
ДТ ЭМО2	Датчик тока электромагнита отключения 2
SF6 ВВ сигнал	Датчик элегаза отсека ВВ на сигнал
SF6 ВВ авария	Датчик элегаза отсека ВВ на отключение
SF6 ТТ сигнал	Датчик элегаза отсека ТТ на сигнал
SF6 ТТ авария	Датчик элегаза отсека ТТ на отключение

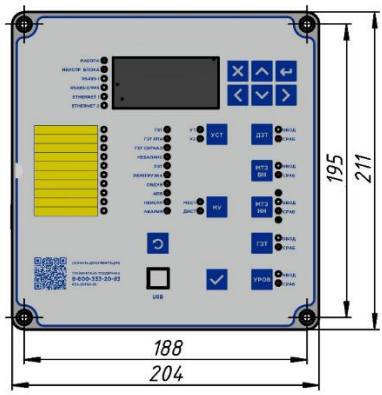
Наименование сигнала, группа 3	Расшифровка сигнала
Блок ЗОЗЗ	Блокировка всех защит от ОЗЗ
Блок ЗЗ	Блокировка защиты от ОЗЗ по основной частоте
Блок ЗЗ ВГ	Блокировка защиты от ОЗЗ по высшим гармоникам
Блок ЗЗ ДЗ	Блокировка защиты от двойных ОЗЗ
Блок ЗМН	Блокировка защиты минимального напряжения
Блок ЗСЧ	Блокировка защиты от снижения частоты
Блок ЗПЧ	Блокировка защиты от повышения частоты
Блок АЧР	Блокировка ступеней АЧР
Блок ЗОМ	Блокировка защиты обратной мощности
Блок ЗПН	Блокировка защиты от повышения напряжения
Блок ЗПВ	Блокировка защиты от перегрузки ротора
Блок ЗАР	Блокировка защиты от асинхронного режима
	Резерв
	Резерв
	Резерв
Внеш УРОВ	Вход внешнего отключения от УРОВ

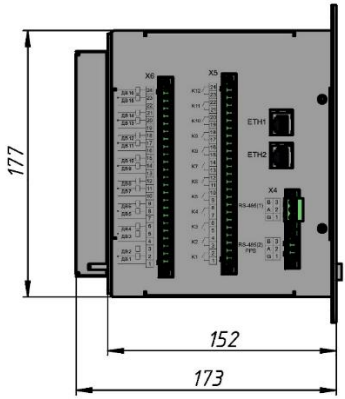
Наименование сигнала, группа 4	Расшифровка сигнала
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв
Авт АГП	Вход автомата гашения поля
ДВ ВО-1	Вход внешнего отключения 1
ДВ ВО-2	Вход внешнего отключения 2
ДВ ВО-3	Вход внешнего отключения 3
ДВ ВО-4	Вход внешнего отключения 4
ДВ ЛЗШ	Вход блокировки ЛЗШ
ПОН МТЗ	Вход пуска по напряжению для МТЗ
Авт ТН	Автомат цепей напряжения стороны генер.выводов
Внеш ОТКЛ	Вход внешнего отключения ВВ
Внеш ВКЛ	Вход внешнего включения ВВ

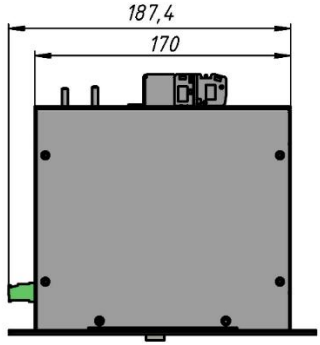
Наименование сигнала, группа 5	Расшифровка сигнала
ДВ ОБ	Вход оперативной блокировки включения ВВ
ТУ	Выбор режима ТУ
Уставки 1	Выбор группы уставок 1
Уставки 2	Выбор группы уставок 2
Сброс сигнал	Сброс сигнализации
Контроль ВВ	Контроль исправности выключателя
Внеш Д31	Вход отключения от внешней Д31
Внеш Д32	Вход отключения от внешней Д31
ПП не готов	Контроль взвода пружин привода выключателя
Контроль БИ	Контроль положения крышек БИ
Вывод терм	Вывод терминал из работы
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв
	Резерв

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

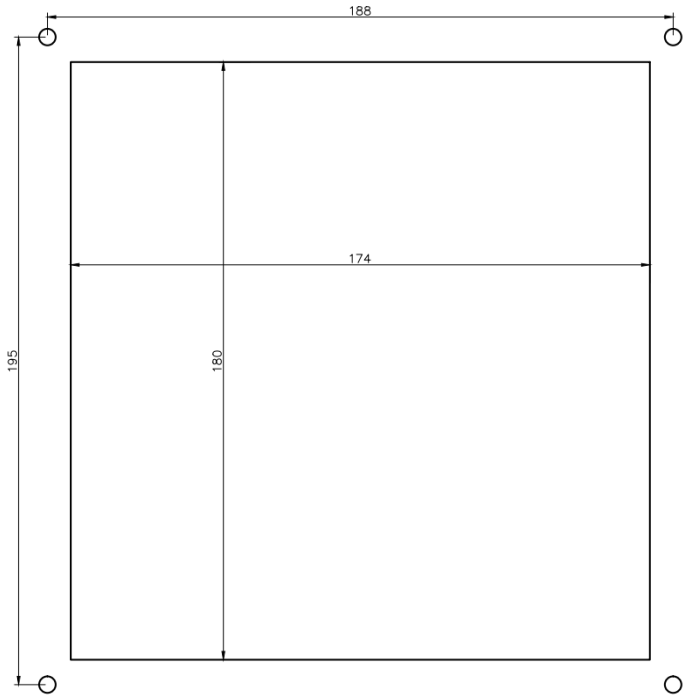
Габаритный чертеж корпуса блоков ЭСТРА-ГИД



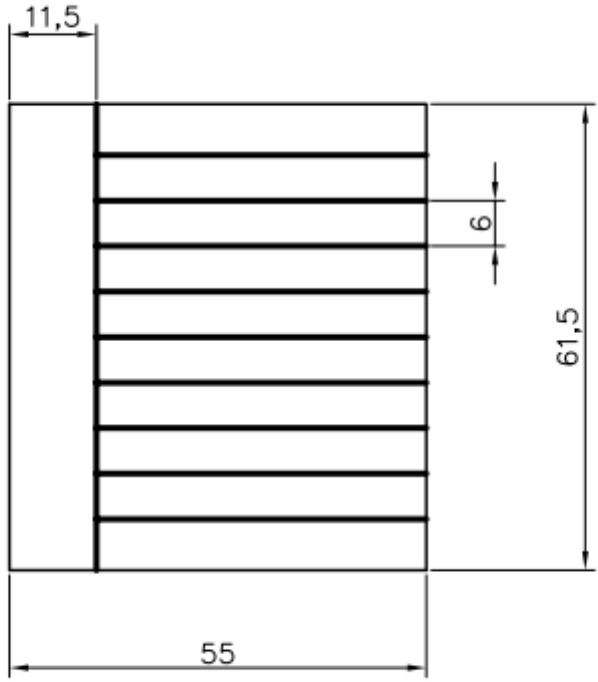




Размеры выреза под корпус блока защиты



Размеры вкладыша лицевой панели (масштаб 1:1)



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Рекомендации по выбору параметров настройки защиты от тепловой перегрузки

В зависимости от типа электромашины и характеристик рабочего механизма необходимо подобрать характеристику срабатывания защиты от перегрузки. Основным параметром этой характеристики является постоянная времени нагрева машины. Если этот параметр задан заводом-изготовителем электромашины, 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 машины (ненулевом значении теплового импульса).

1) Для выбора постоянной времени нагрева электродвигателя необходимо знать продолжительность пуска двигателя $t_П$ и кратность пускового тока $К_П$. 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 ое. после первого пуска. Тогда:

$$B_t = K_I^2 \left(1 - e^{-t/T}\right) = 0{,}45, \qquad (Д.1)$$

Принимая $К_I = К_П$, $t = t_П$, из этого выражения можно определить постоянную времени нагрева, при которой тепловой импульс достигнет за время первого пуска значения 0,45:

$$T_Н = \frac{t_П}{\ln\left(\frac{K_I^2}{K_I^2 - 0{,}45}\right)}. \qquad (Д.2)$$

Например, при кратности пускового тока $К_П$ = 6,5 и времени пуска $t_П$ = 10с из выражения (Д.2) получим значение постоянной времени $T_Н$ = 934с.

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 (Д.3) можно определить время срабатывания защиты после повторного пуска с кратностью тока $К_П$ = 6,5 и остаточном значении теплового импульса B_t = 0,45:

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

То есть запас по времени при повторном пуске составит $t_{СР} - t_П = 12{,}3 - 10{,}0 = 2{,}3$ 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 (Д.1) определяется значение теплового импульса в установившемся режиме при максимальном значении $K_I = I_{РАБМАКС}/I_{НОМ}$:

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

Из выражения

$$t_П = T_Н \cdot \ln\left(\frac{K_I^2 - B_t}{K_I^2 - 1}\right), \qquad (Д.3)$$

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:

$$T_Н = \frac{t_П \cdot K_{зап}}{\ln\left(\frac{K_I^2 - B_\infty}{K_I^2 - 1}\right)}.$$

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: $T_Н = 1266$ секунд. Из рассчитанных по двум условиям значений $T_Н$ выбирается большее.

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

3) Коэффициент К, учитывающий долевое участие тока обратной последовательности в тепловой модели машины, должен быть равен отношению сопротивления ротора обратной последовательности к сопротивлению ротора прямой последовательности при номинальной частоте вращения. Когда коэффициент К 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 защищаемой электромашины. 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 1,1$I_{НОМ}$ тепловая перегрузка составит 21%.

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

$$T_0 = (1{,}5 \div 2)T_Н.$$

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

$$B_{t_контр} = 1{,}1B_{t_пуск},$$

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

$$B_{t_пуск} = K_П^2\left(1 - e^{-t_П/T_Н}\right),$$

где $T_Н$ – 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 $\Delta B_t > B_{t_контр}$.

При отключении перегруженной электромашины формируется команда «**Запрет пуска**», если текущее значение теплового импульса превышает величину (100 – $B_{t_контр}$), то есть «запрет пуска» снимется при выполнении условия:

$$B_t < (100 - B_{t_контр}).$$

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

$$t_{СР} = 0{,}0062T_Н = 5{,}58с.$$

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

$$T_Н = 10/0{,}0062 = 1613с.$$

Таблица В.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 В.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