

---

(код продукции)

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ  
РС83-А3 (v4)

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЕАБР.656122.042 РЭ

(РЕДАКЦИЯ 4.01)

## Оглавление

	Стр.
1 Описание и работа устройства.....	9
1.1 Назначение устройства.....	9
1.2 Технические характеристики устройства.....	13
2 Подготовка устройства к работе.....	20
2.1 Распаковка.....	20
2.2 Подготовка к работе.....	20
2.3 Требования по монтажу.....	20
2.4 Внешние подключения устройства.....	21
3 Состав устройства.....	22
3.1 Описание и работа составных частей устройства.....	26
3.1.1 Цифровой индикатор.....	26
3.1.2 Кнопки управления.....	27
3.1.3 Модуль <i>PW-RL</i> .....	30
3.1.5 Модуль <i>DR2</i> .....	32
3.1.6 Модуль <i>D11 (DI2)</i> .....	33
3.1.7 Модуль <i>D1A</i> .....	35
3.1.8 Модуль <i>D2A</i> .....	36
3.1.9 Оптические датчики дуги.....	37
3.1.10 Модуль <i>CPU</i> .....	39
3.1.11 Модуль <i>AI-A3</i> .....	43
3.1.12 Модуль <i>AD-M</i> .....	45
3.1.13 Модуль <i>COM</i> .....	47
4 Использование по назначению и реализация основных функций.....	49
4.1 Максимальная токовая защита (МТЗ).....	49
4.2 Защита от замыкания на землю (ЗНЗ).....	53
4.2.1 Режим работы ЗНЗ по расчетному току нулевой последовательности.....	56
4.2.2 Режим работы ЗНЗ по измеренному току нулевой последовательности.....	59
4.2.3 Режим работы ЗНЗ по напряжению нулевой последовательности.....	60
4.2.4 Режим работы ЗНЗ по сопротивлению нулевой последовательности.....	62
4.3 Защита от замыкания на землю по сумме высших гармоник ЗНЗ ВГ.....	63
4.4 Защита по току обратной последовательности ОБР.....	67
4.5 Логическая защита шин (ЛЗШ).....	71
4.6 Функция резервирования отказа выключателя (УРОВ).....	73
4.7 Определение неисправности цепей тока (НЦТ).....	76

4.8 Автоматическая частотная разгрузка и автоматическое частотное АПВ по дискретному входу (АЧР/ЧАПВ) .....	77
4.9 Автоматическое повторное включение (АПВ) .....	81
4.10 Функция определения места повреждения линии электропередач (ОМП).....	87
4.11 Защита от дуговых замыканий (ДГЗ).....	89
4.12 Функция автоматического ввода резерва (АВР).....	91
4.13 Функция восстановления нормального режима (ВНР) .....	93
4.14 Дополнительные функции (ДФ) .....	95
4.15 Функция определения неисправности цепей электромагнита включения и отключения (НЦЭВО).....	97
4.16 Функция автоматики управления выключателем (АУВ).....	97
4.17 Функция контроля ресурса выключателя (КРВ).....	100
4.18 Осциллографирование .....	101
4.19 Функция квитирования.....	102
4.20 Непрерывный контроль исправности терминала.....	103
4.21 Работа дискретных входов .....	104
4.22 Работа выходных реле .....	104
4.23 Работа устройства при питании от тока.....	109
4.24 Работа светодиодной индикации .....	110
4.25 Журнал аварий.....	113
4.26 Журнал событий.....	114
4.27 Программное обеспечение (ПО).....	115
4.28 Коммуникационные интерфейсы и протоколы.....	115
4.28.1 Настройки <i>RS-485</i> .....	116
4.28.2 Настройки <i>Ethernet</i> .....	118
4.28.3 Настройки синхронизации времени .....	124
5 Техническое обслуживание .....	127
5.1 Общие указания.....	127
5.2 Меры безопасности .....	127
5.3 Порядок технического обслуживания.....	127
5.4 Рекомендации по выполнению проверок при первом включении.....	128
5.4.1 Проверка работоспособности изделия .....	128
5.4.2 Внешний осмотр .....	128
5.4.3 Проверка электрического сопротивления изоляции.....	128
5.4.4 Проверка светодиодов.....	129
5.4.5 Проверка цифрового индикатора.....	129

5.4.6 Проверка кнопок управления .....	129
5.4.7 Проверка дискретных входов .....	129
5.4.8 Проверка аналоговых входов .....	129
5.5 Замена батареи резервного питания .....	129
6 Текущий ремонт .....	131
7 Средства измерения, инструменты .....	132
8 Маркировка и пломбирование .....	133
9 Упаковка .....	134
10 Хранение .....	135
11 Транспортирование .....	136
12 Утилизация .....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	150



## ДАнные О РЕДАКЦИЯХ ДОКУМЕНТА

Версия документа	Дата выпуска	Данные
4.00	12.08.2022	Выпуск документа
4.01	18.10.2022	Редактирование

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с возможностями, принципами работы, конструкцией, правилами монтажа, ввода в эксплуатацию, обслуживания, хранения, транспортирования и утилизации микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики РС83-А3.

При эксплуатации устройства, кроме требований данного руководства по эксплуатации, необходимо соблюдать общие требования, устанавливаемые действующими инструкциями и правилами эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики.



К эксплуатации микропроцессорного устройства защиты РС83-А3 допускаются лица, изучившие настоящее РЭ и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и технической эксплуатации электроустановок. Перед установкой устройства рекомендуется произвести проверку его технических характеристик в лабораторных условиях.



Микропроцессорное устройство защиты РС83-А3 должно устанавливаться на заземленных металлических панелях шкафов или щитов. При этом винт заземления устройства должен быть соединен с контуром заземления объекта медным проводом сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

**ВНИМАНИЕ!**

1. Надежность работы и срок службы устройства зависит от правильной его эксплуатации, поэтому перед монтажом и включением необходимо внимательно ознакомиться с настоящим документом.
2. Перед включением оперативного тока устройство необходимо заземлить.
3. При проверке сопротивления изоляции мегомметром заземление необходимо отключить.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

- АВР – автоматический ввод резерва;
- АПВ – автоматическое повторное включение;
- АЧР – автоматическая частотная разгрузка;
- БНТ – блокировка от броска намагничивающего тока;
- ВВ – высоковольтный выключатель;
- ДГЗ – защита от дуговых замыканий;
- ДФ – дополнительные функции;
- ЖА – журнал аварий;
- ЖС – журнал событий;
- ЗМН – защита минимального напряжения;
- ЗНЗ – защита от замыканий на землю;
- БНН – защита от обрыва цепей напряжения (аналог КРБ-12);
- ЗПН – защита от повышения напряжения;
- КЗ – короткое замыкание;
- КРУ – комплектное распределительное устройство;
- КРУН – комплектное распределительное устройство наружной установки;
- КСО – камеры с односторонним обслуживанием;
- ЛЗШ – логическая защита шин;
- МТЗ – максимально-токовая защита;
- НЦЭВО – неисправность цепей электромагнитов включения отключения;
- ОБР – защита по току обратной последовательности;
- ОМП – определение места повреждения;
- ОНМ – орган направления мощности;
- ОРУ – открытые распределительные устройства;
- ПО – программное обеспечение;
- РПВ – реле положения ВВ включено;
- РПО – реле положения ВВ отключено;
- УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
- ЧАПВ – частотное АПВ;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное значение напряжения;

$I_{\text{ном}}$  – номинальное значение тока;

$3I_0$  – значение тока нулевой последовательности;

$DI$  – дискретные входы;

$KL$  – выходные реле;

$VD$  – светодиоды индикации;

## 1 Описание и работа устройства

### 1.1 Назначение устройства

Устройство РС83-А3 (далее – устройство) предназначено для использования в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики линий напряжением 6...35 кВ, а также может быть использовано на присоединениях других классов напряжений.

Устройство может устанавливаться в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и на пультах управления, а также в релейных шкафах наружной установки на ОРУ.

Устройство может применяться как самостоятельное устройство, так и совместно с другими устройствами РЗА.

РС83-А3 – многофункциональное цифровое устройство, собранное на современной элементной базе и объединяющее различные функции защиты, контроля, управления и сигнализации.

Общий вид устройства показан на (Рисунок 1)

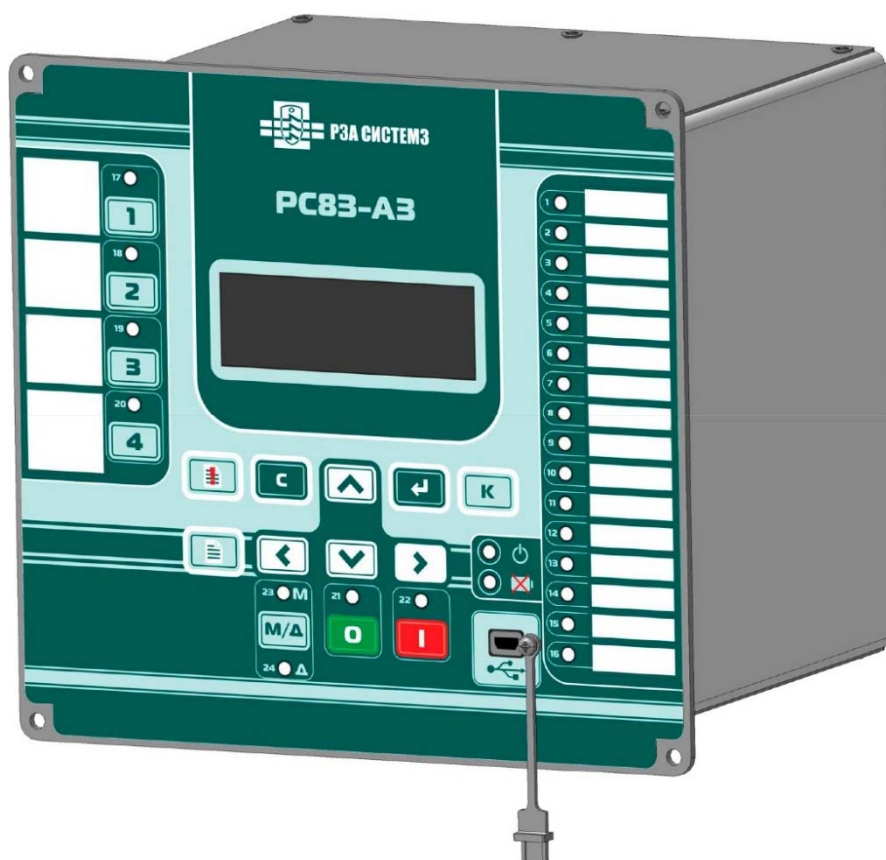


Рисунок 1 – Общий вид устройства РС83-А3

Устройство обеспечивает следующие эксплуатационные возможности:

- выполнение функций защит, автоматики управления и сигнализации;
- локальное (местное) и дистанционное задание внутренней конфигурации (ввод защит и автоматики, выбор защитных характеристик, количества ступеней защиты, настройка аварийного осциллографа, функций светодиодов и др.) и ее хранение;
- дистанционное переключение наборов уставок;
- сигнализацию срабатывания защит и автоматики, положения коммутационных аппаратов, неисправности устройства с помощью реле и назначаемых светодиодов, а также по каналу АСУ;
- регистрацию и хранение осциллограмм;
- возможность подключения к одной из выбранных точек функциональной логической схемы с помощью программируемых реле;
- контроль и индикацию положения выключателя, а также исправности его цепей управления, местное и дистанционное управление выключателем, переключение режима управления, диагностику выключателя;
- измерение текущих значений электрических параметров защищаемого объекта;
- определение вида аварии;
- непрерывный оперативный контроль работоспособности (самодиагностику) в течение всего времени работы;
- гальваническую развязку входов и выходов, включая питание, для обеспечения высокой помехозащищенности;
- высокое сопротивление и прочность изоляции входов и выходов относительно корпуса и между собой для повышения устойчивости устройства к перенапряжениям, возникающим во вторичных цепях КРУ;

В устройстве предусмотрены календарь и часы астрономического времени с энергонезависимым питанием с индикацией года, месяца, дня месяца, часа, минуты и секунды с возможностью синхронизации хода часов по АСУ.

Устройство обеспечивает синхронизацию внутренних часов от внешнего устройства.

Перечень функций, выполняемых устройством, приведены в (Таблица 1)

Таблица 1 – Перечень функций, выполняемых устройством

№п/п	Функция	Количество ступеней защиты	Код ANSI
1	МТЗ с зависимыми и независимыми характеристиками	5	50/51
2	Защита от замыкания на землю (ЗНЗ) по току $3I_0$ или сопротивлению $Z_0$ , направленная с возможностью вывода направленности, с пуском по $3U_0$ или без пуска, с зависимыми и независимыми характеристиками	4	67N, 50/51N, 21N
3	Защита от замыкания на землю с зависимыми характеристиками от суммы высших гармоник $3I_0$	2	-
4	Защита по току обратной последовательности ОБР ( $I_2, I_2/I_1$ )	2	46
5	Логическая защита шин (ЛЗШ)	2	
6	Оптическая дуговая защита	3	
7	Логика АЧР-ЧАПВ по дискретному входу	1	
8	УРОВ	2	50BF
9	АПВ	1	79
10	АВР-ВНР	+	
11	Определение места повреждения (ОМП) по току КЗ	+	
12	Управление выключателем (АУВ)	+	
13	Контроль цепей тока	+	
14	Контроль ресурса выключателя	+	
15	Измерение, расчет, отображение на дисплее и передача по сети всех аналоговых величин, с которыми работает устройство	+	

Устройство не срабатывает ложно и не повреждается:

- при снятии и подаче оперативного тока, а также при перерывах питания любой длительности с последующим восстановлением;
- при подаче напряжения оперативного постоянного тока обратной полярности;
- при замыкании на землю цепей оперативного тока.

Устройство обеспечивает хранение параметров настройки и конфигурации защит и автоматики (уставок) в течение всего срока службы вне зависимости от наличия напряжения питания.

Для обеспечения хода часов и хранения в памяти зафиксированных данных (данные журналов аварий, событий, нагрузок и осциллограф) при пропадании оперативного питания используется сменный элемент питания (батарейка типа *ER10450*, *3.6 В*, *800 мА\*ч*). Новая батарейка в устройстве без оперативного питания обеспечивает хранение информации в среднем в течение 5 лет. Расчетный срок службы батарейки при условии присутствия на реле напряжения в течение 90 % времени – 10 лет.

Для работы с устройством, его проверки и наладки рекомендуется пользоваться прикладными программами «*BURZA*», «*ComTradeViewer*», актуальные версии которых вместе с инструкциями пользователя можно загрузить с сайта компании «РЗА СИСТЕМЗ».



## 1.2 Технические характеристики устройства

Основные технические характеристики устройства приведены в (Таблица 2)

Таблица 2 – Основные параметры устройства РС83-А3

Наименование параметра	Значение
<b>Параметры надежности</b>	
Полный средний срок службы	не менее 25 лет. ** ** при условии своевременного проведения регламентных работ по техническому обслуживанию
Средняя наработка на отказ	не менее 100 000 ч.
<b>Условия эксплуатации</b>	
Рабочая температура	от минус 40 до +70 °С
Относительная влажность	не более 98 % при 25 °С
Климатическое исполнение	УХЛ3.1 по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1 с расширенным диапазоном температуры окружающего воздуха при эксплуатации
Высота над уровнем моря	не более 2000 м (атмосферное давление – от 550 до 800 мм рт. ст.), при использовании на большей высоте необходимо использовать поправочный коэффициент относительной электрической прочности воздушных промежутков, учитывающий снижение изоляции, согласно ГОСТ 15150.
Окружающая среда	невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных паров и газов, разрушающих изоляцию и металлы
Место установки	должно быть защищено от попадания брызг, воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации
Вибрационные нагрузки	с максимальным ускорением до 0,5g в диапазоне частот 0,5...100 Гц
Многократные ударные нагрузки	продолжительностью от 2 до 20 мс с максимальным ускорением 3g
Степень защиты оболочки	- по лицевой панели – IP54; - по корпусу, кроме внешних соединителей и зажимов – IP40; - по зажимам токовых цепей – IP00; - по соединителям остальных цепей – IP20.
<b>Оперативное питание</b>	
Номинальное напряжение питания	220 В AC/DC, 110 В AC/DC
Диапазон питающего напряжения	80...264 В
Тип питающего напряжения	Постоянное, переменное

Наименование параметра	Значение
Частота сети	50 Гц
Устойчивость к кратковременному повышению напряжения до 420 В действующего значения	не более 5 минут
Максимальное напряжение дискретных входов <i>DI</i> - для номинального напряжения 220 В - для номинального напряжения 110 В	264 В 132 В
Допустимое время однократной подачи напряжения 420 В действующего значения на дискретные входы <i>DI</i>	не более 1 с
Коэффициент гармоник	не более 12 %
Время готовности устройства к работе после подачи напряжения оперативного питания	не более 0,2 с
Время работоспособности при кратковременных перерывах питания длительностью	до 0,5 с
Потребляемая мощность (без срабатывания выходных реле)	не более 10 Вт
Мощность, дополнительно потребляемая на каждое сработавшее выходное реле	не более 0,25 Вт
Величина тока при котором сохраняется работоспособность устройства при отсутствии питания по цепям напряжения	не менее 80 % от номинального * (* при отсутствии тока указанной величины в доаварийном режиме, время срабатывания защит может возрасти не более, чем на 0,15 с)
Термическая устойчивость токовых цепей питания устройства (цепи тока и дешунтирования, которые расположены в модуле <i>AD-M</i> )	150 А в течение 1 с 10 А - длительно
Мощность, потребляемая по цепям токового питания устройства при прохождении по ним тока номинальной величины	не более 10 Вт на фазу

**Измерительные цепи тока**

Токи фаз <i>A, B, C</i>	Номинальное значение	5,0 А	
	Диапазон измерений	0,1...125 А	
	Относительная погрешность в диапазоне:	(0,1...0,3) А	±15 %
		(0,3...1,3) А	±5 %
(1,3...125) А		±2 %	

Наименование параметра		Значение
	Абсолютная погрешность по углу в диапазоне: (0,1...0,3) А (0,3...1,3) А (1,3...125) А	$\pm 10^\circ$ $\pm 5^\circ$ $\pm 3^\circ$
Ток $3I_0$	Номинальное значение	1,0 А
	Диапазон измерений	0,004...5,0 А
	Относительная погрешность по амплитуде в диапазоне: (0,004...0,2) А (0,2...5,0) А	$\pm 15 \%$ $\pm 3 \%$
	Абсолютная погрешность по углу в диапазоне: (0,004...0,2) А (0,2...5,0) А	$\pm 10^\circ$ $\pm 3^\circ$
Термическая устойчивость измерительных цепей тока (цепи тока, которые расположены в модуле А1-А3)		$80I_{\text{НОМ}}$ в течение 1 с; $2I_{\text{НОМ}}$ - длительно;
Потребляемая мощность при номинальном токе		0,3 ВА/фазу
Номинальная частота		50 Гц
Дополнительная погрешность при отклонении значения частоты аналоговых величин в диапазоне $\pm 10 \%$ от номинального значения на каждый 1 % отклонения		не более 0,5 %
<b>Измерительные цепи напряжения</b>		
Диапазон измерений напряжения $3U_0$		1,0...120 В
Относительная погрешность $3U_0$ в диапазоне: 1,0...5,0 В 5,0...25 В 25...120 В		$\pm 10 \%$ $\pm 5 \%$ $\pm 2 \%$
Погрешность по углу $3U_0$ в диапазоне: 1,0...5,0 В 5,0...25 В 25...120 В		$\pm 15^\circ$ $\pm 7^\circ$ $\pm 2^\circ$
Термическая устойчивость цепей напряжения		$2U_{\text{Н}}$ в течение 2 с; $1,5U_{\text{Н}}$ - длительно
Дополнительная погрешность при отклонении значения частоты аналоговых величин в диапазоне $\pm 10 \%$ от		не более 0,5 %

Наименование параметра	Значение
номинального значения на каждый 1 % отклонения	
<b>Входы оптической дуговой защиты</b>	
Количество входов	3, 6
Тип дискретных входов	Оптический
Тип датчика	1) Петлевой (оптоволоконно <i>HRC-EGC1.0/2.2</i> или аналогичное ( $d = 1$ мм)) 2) Оптический точечный сенсор <i>AFBR-S10PS010Z</i>
<b>Дискретные входы</b>	
Количество дискретных входов (по исполнениям)	15/20/26/31/37
Номинальное напряжение дискретных входов	220, 110 В
Тип дискретных входов	Опто-развязка
Время демпфирования (назначается для каждого входа отдельно)	0...25 с, с шагом 0,001 с
Собственное время срабатывания	не более 0,035 с
Пороговые уровни напряжения переключения дискретных входов переменное напряжение, постоянное напряжение,	«1» - выше $0,6U_H$ / «0» – ниже $0,55U_H$ ; «1» - выше $0,7U_H$ / «0» – ниже $0,65U_H$
Максимально допустимое напряжение	$1,2U_H$
Величина импульса тока при включении	20 мА
Потребляемая мощность	1,5 Вт на вход
<b>Выходные реле</b>	
Количество выходных реле	9, 14, 19
Максимальный коммутируемый (пиковый) ток	15 А
Максимальное напряжение на контактах: переменное постоянное	400 В 250 В
Долговременная токовая нагрузка контакта	8 А
Электрический ресурс при номинальной нагрузке $ACI$ , не менее	$10^5$
Максимальная способность коммутации резистивной нагрузки по переменному току по постоянному току	8 А/250 В 8 А/48 В; 1 А/50 В; 0,4 А/250 В
Механический ресурс, не менее	$2 \times 10^7$

Наименование параметра	Значение
Тип контакта реле	Определяется исполнением (Приложение Б)
Тип контакта <i>WD</i> (реле исправности)	1 нормально закрытый контакт
<b><u>Уставки защит</u></b>	
Количество групп уставок защит	2
Варианты переключения групп уставок: 1) из меню 2) по дискретным входам 3) по ДУ	Если в меню выбрана 1-я или 2-я, то устройство работает по выбранной группе уставок Устройство определяет группу уставок по состоянию дискретного входа, назначенного на переключение группы уставок: а) «логический 0» – устройство работает по первой группе уставок; б) «логическая 1» – устройство работает по второй группе уставок.
<b><u>Порты и линии связи</u></b>	
<b><u>Порт <i>USB</i></u></b>	
Функциональное назначение	для пусконаладочных работ
Количество	1
Расположение	передняя панель
Протокол	<i>Modbus-RTU</i>
Адрес в сети	1
<b><u>Интерфейс <i>RS-485</i></u></b>	
Функциональное назначение	для организации локальной информационной сети
Количество	0 – 2 (1 <i>RS-485</i> , 2 <i>RS-485</i> )
Расположение	- модуль <i>CPU-LS</i> , <i>CPU-LJ</i> , <i>CPU-LO</i> (порты <i>RS-485</i> , расположенные на <i>CPU</i> автоматически отключаются при наличии модуля <i>COM</i> ); - модуль <i>COM</i>
Протокол передачи данных	<i>Modbus-RTU</i> , МЭК60870-5-103
Скорость передачи	4800...115200 бод (программируется)
Адрес в сети	1...247

Наименование параметра	Значение
Бит четности	<i>parity none</i> (нет), <i>odd parity</i> (бит нечетности), <i>even parity</i> (бит четности)
Стоп бит	1, 2 бита
<b><u>Интерфейс Ethernet</u></b>	
Функциональное назначение	для организации локальной информационной сети
Количество	0 – 1 (1 Eth)
Расположение	Порт на задней панели реле: - RJ-45, витая пара - SC, оптоволокно многомод
Протокол передачи данных	Modbus-TCP, МЭК60870-5-104
IP адрес	Адрес IPv4
Маска сети	Маска IPv4
Шлюз	Шлюз IPv4
<b><u>Электромагнитная совместимость</u></b>	
Устойчивость к электростатическим разрядам по ГОСТ 51317.4.2, СЖЗ - контактный - воздушный	±6 кВ ±8 кВ
Устойчивость к радиочастотному полю по ГОСТ 51317.4.3. СЖЗ	10 В/М, 80...1000 МГц
Устойчивость к наносекундным импульсным помехам по ГОСТ 51317.4.4, СЖ4	4 кВ, частота повторения 2,5 кГц
Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии по ГОСТ 51317.4.5 - по схеме «провод-провод» СЖЗ - по схеме «провод-земля» СЖ4	2 кВ 4 кВ
Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями по ГОСТ 51317.4.6, СЖЗ	10 В
Устойчивость к колебательным затухающим помехам по ГОСТ 51317.4.12. СЖЗ, амплитуда повторяющихся КЗП - по схеме «провод-провод» - по схеме «провод-земля»	1 кВ, 1 МГц 2,5 кВ, 1 МГц

Наименование параметра	Значение
<b>Изоляционные свойства</b>	
Сопротивление изоляции между цепями устройства, при температуре окружающего воздуха $20\pm 5$ °С	не менее 50 МОм
Устойчивость электрической изоляции к действию испытательного напряжения синусоидальной формы частотой 45...65 Гц между цепями устройства при температуре окружающего воздуха $20\pm 5$ °С	в течение 1 мин

## 2 Подготовка устройства к работе

### 2.1 Распаковка

Устройство после приобретения необходимо освободить от упаковки, визуально убедиться в отсутствии внешних повреждений. Если такие повреждения имеют место, следует обратиться к поставщику и/или перевозчику.

В комплекте с устройством поставляется кабель *mini-USB*, *CD*-диск и комплект крепежа для монтажа.



Перед монтажом и началом ввода устройства в эксплуатацию, проверьте данные нанесенные на табличку (техническая информация) на кожухе устройства на соответствие параметров и коду заказа.

### 2.2 Подготовка к работе

Перед вводом устройства в работу производится настройка (проверка) конфигурации параметров защиты и автоматики, задание числовых значений уставок локально, при помощи клавиатуры устройства или с помощью персонального компьютера (ноутбука) через порты связи *USB* и *RS-485*.

Для конфигурирования устройства с помощью персонального компьютера (ноутбука) используется специальное программное обеспечение ПО «*BURZA*».

Назначение функций защиты задается в режиме задания уставок. Вводимые в устройство уставки не зависят от наличия питающего напряжения и сохраняются в течение всего срока службы устройства.

### 2.3 Требования по монтажу

При монтаже устройства следует соблюдать требования действующих «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок», норм и правил по охране труда.

К монтажу устройства допускается персонал, изучивший настоящее РЭ и прошедший проверку знания указанных правил.

Устройство должно устанавливаться на заземленных металлических конструкциях, при этом необходимо обеспечить надежный электрический контакт между ними и элементами крепления устройства.





Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено!

Соединение точки заземления устройства с контуром заземления должно выполняться медным проводником сечением не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Габаритные и установочные размеры устройства, разметка крепежных отверстий и выреза в панели, а также виды монтажа приведены в Приложении А.

## 2.4 Внешние подключения устройства

Устройство подключается:

- к цепям измерения:
  - тока фаз  $A, B, C$ ;
  - тока нулевой последовательности  $3I_0$ ;
  - напряжения нулевой последовательности  $3U_0$ .
- к цепям питания с номинальным напряжением 220, 110 постоянного/переменного тока;
- к контрольным цепям формирования сигналов на дискретных входах и цепям, коммутируемым выходными реле устройства;
- к локальной сети обмена информации через интерфейсы *RS-485*, *Ethernet* и порту *USB* компьютера (последнее – при выполнении контрольных и наладочных операций).

Подключение токовых цепей к контактам клеммников устройства должно выполняться медными проводниками сечением не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ . Конструкция клемм позволяет выполнять подключение проводников сечением до  $4 \text{ мм}^2$ . Подключение остальных цепей вторичной коммутации должно выполняться к разъемам устройства медными проводниками сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ . Конструкция разъемов позволяет подключение к каждой клемме одного проводника сечением до  $2,5 \text{ мм}^2$ , или двух многожильных проводников сечением до  $2,5 \text{ мм}^2$ .

### 3 Состав устройства

Устройство, в зависимости от исполнения, состоит из следующих элементов:

- корпусного блока с клавиатурой, цифровым индикатором, светодиодами индикации, портом *USB* на лицевой панели, а также кросс-платой и направляющими для установки сменных модулей;
- модуля питания *PW-RL*;
- модуля центрального процессора *CPU-L* (или *CPU-LS*, *CPU-LJ*, *CPU-LO*, *CPU-EE*, *CPU-EO*);
- одного из комбинированных модулей:
  - *AIDI-A3* (ввода аналоговых сигналов и дискретных входов);
  - *AIDA-A3* (ввода аналоговых сигналов, дискретных входов и дуговой защиты);
- кожуха корпуса и элементов крепления устройства;
- одного из модулей дискретных входов/выходов/дуговой защиты:
  - модуля дискретных входов и дуговой защиты *D1A* или *D2A*;
  - модуля дискретных входов *D1I* или *D12*;
  - модуля дискретных входов и выходных реле *DR1* или *DR2*;
- комплекта ответных частей соединителей для присоединения кабелей внешних подключений;
- модуля питания от токовых цепей *AD-M* в одном из следующих исполнений: *AD-M1*, *AD-M2* или *AD-M3*. Наличие или отсутствие модуля *AD-M*, а также его исполнение определяется кодом заказа и исполнением устройства. При наличии в устройстве модуля *COM*, модули *AD-M* и дискретных входов/выходов/дуговой защиты отсутствуют;
- модуля *COM*. Наличие или отсутствие модуля *COM* (*COM-LE*, *COM-LO*) определяется кодом заказа и исполнением устройства;
- кожуха корпуса и элементов крепления устройства;

Каждый модуль, кроме модулей клавиатуры и кросс-платы, представляет собой печатную плату с установленными элементами и задней панелью с винтовыми клеммами и/или соединителями для подключения внешних цепей.

Все входные (выходные) внешние разъемы электронных модулей, а также клеммники имеют соответствующую маркировку.

Модули, перемещаясь по направляющим, стыкуются с остальной частью устройства посредством кросс-платы и фиксируются в рабочем положении крепежными винтами М3.

Габаритные и присоединительные размеры, а также виды монтажа устройства приведены в Приложении А.

Все элементы управления устройством расположены на передней панели. На передней панели устройства расположены окно индикатора, кнопки управления устройством, светодиодная индикация, а также окно *USB* разъема для подключения к компьютеру.

Общий вид передней (лицевой) панели устройства показан на (Рисунок 2).

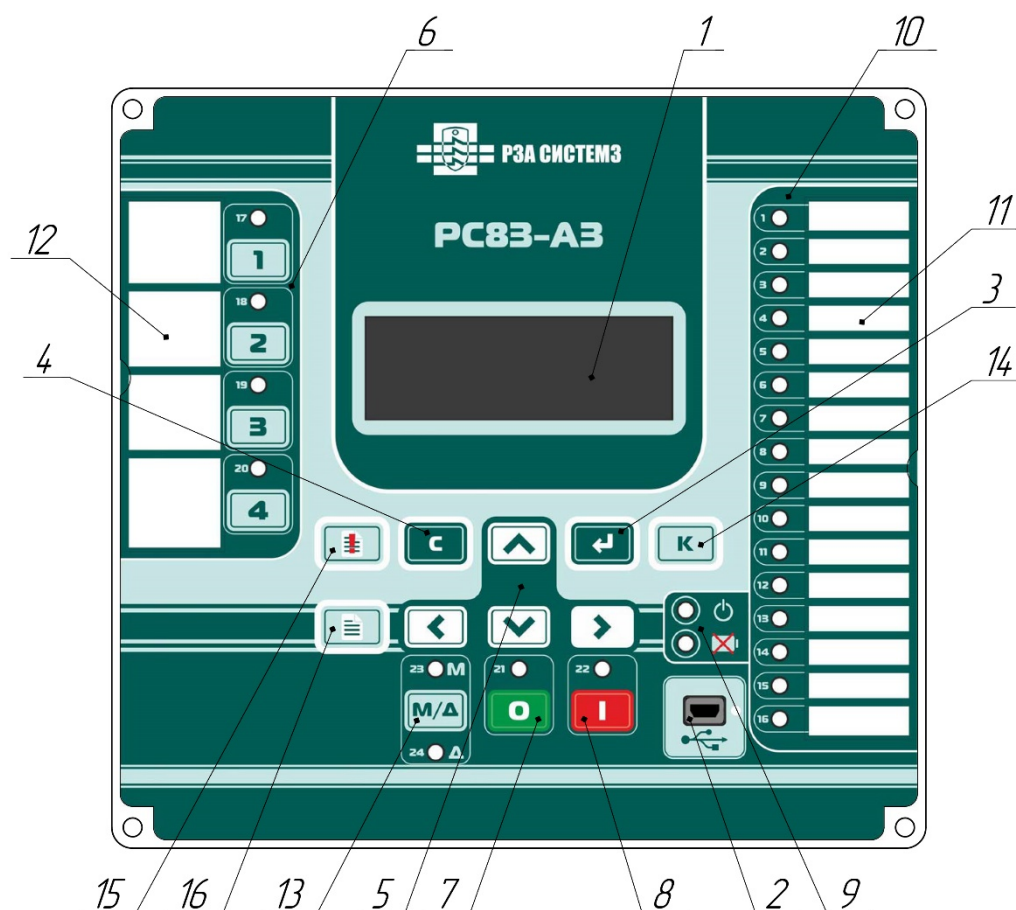


Рисунок 2 – Общий вид передней (лицевой) панели устройства

- 1 – окно индикатора;
- 2 – окно разъема *USB*;

- 3 – кнопка «ВВОД»;
- 4 – кнопка «СБРОС»;
- 5 – кнопки управления «ВЛЕВО», «ВПРАВО», «ВВЕРХ», «ВНИЗ»;
- 6 – кнопки функций «1», «2», «3», «4»;
- 7 – кнопка «Отключить выключатель» и светодиод «Отключено»;
- 8 – кнопка «Включить выключатель» и светодиод «Включено»;
- 9 – светодиоды «Исправно» и «Разряд батареи»;
- 10 – светодиодные индикаторы (назначаются пользователем);
- 11 – окошки для вкладышей с наименованиями функций, назначенных для отображения светодиодной индикацией;
- 12 – окошко для вкладышей с названием функций, назначенных на кнопки 1, 2, 3, 4;
- 13 – кнопка перевода на местное/дистанционное управление;
- 14 – кнопка «Квитирование»
- 15 – кнопка чтения журнала аварий;
- 16 – кнопка чтения журнала событий;

Состав устройства со стороны разъемов (тыльная сторона) показан на (Рисунок 3).

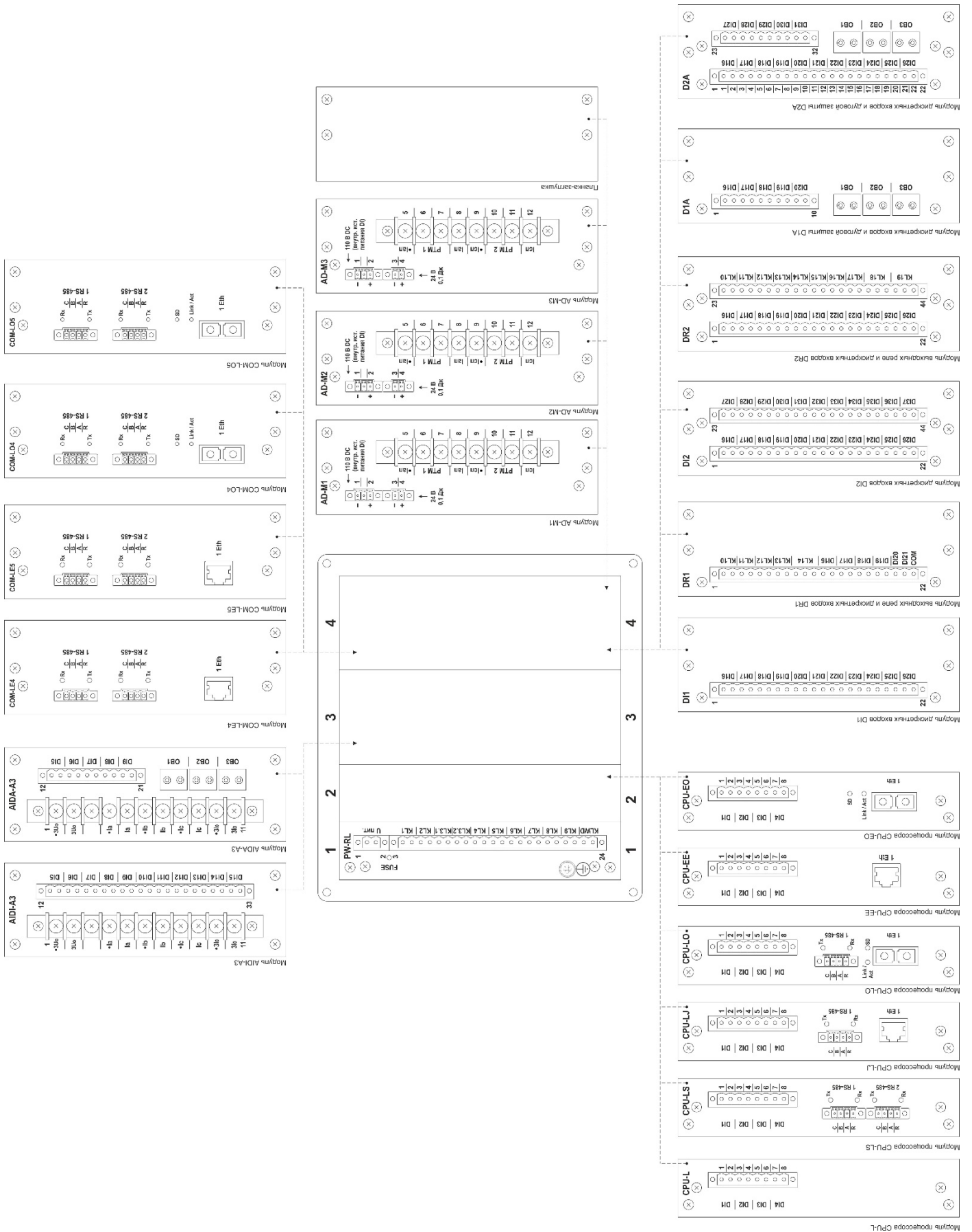


Рисунок 3 - Состав устройства со стороны разъемов (тыльная сторона)

## 3.1 Описание и работа составных частей устройства

### 3.1.1 Цифровой индикатор

Для оперативного отображения информации в устройстве применяется четырёх-строчный дисплей.

При включении питания на индикаторе устройства отображается текущие фазные токи или последнее сообщение из журнала аварий, если после последней аварии устройство не квитировалось. При нажатии кнопки сброс пользователь переходит в главное меню устройства.

Структура главного меню состоит из следующих пунктов:

- «Меню измерения»;
- «Меню дежурного оператора»;
- «Журнал аварий»;
- «Журнал событий»;
- «Контроль»;
- «Настройки»;
- «Сервисное меню».

Пользователь кнопками «ВВЕРХ», «ВНИЗ», «ВЛЕВО», «ВПРАВО», «ВВОД», «СБРОС» может передвигаться по пунктам меню и изменять значения уставок (подробное описание кнопок см. п.3.1.2).

В пункте меню «Измерения» отображаются аналоговые величины, с которыми работает устройство. Окно измерений выводится на дисплей в нормальном режиме и может прокручиваться кнопками «ВВЕРХ», «ВНИЗ». Перейти в «Меню дежурного оператора» можно при помощи кнопок навигации, или из меню «Измерения» по дискретному входу, назначенному на данный пункт.

В пунктах меню «Журнал аварий» и «Журнал событий» отображаются зафиксированные сообщения. Подробное описание журналов представлено в п.4.25 – п.4.26.

В пункте меню «Контроль» отображаются текущие значения дискретных входов, выходных реле, состояние функций защит и автоматики, версии программного обеспечения модулей.








В пункте меню «Настройки» отображаются конфигурация и уставки устройства. Перед входом в данный пункт меню необходимо режим работы: «Чтение параметров» - без ввода пароля, «Изменение параметров» - с вводом пароля. Если пользователь вошел в меню «Настройки» в режиме изменения, то по факту выхода из данного пункта меню необходимо будет сохранить уставки. Если этого не сделать, то все измененные уставки не сохранятся.

В пункте меню «Сервисное меню» отображаются настройки даты и времени, диагностика и выбор нового пароля. Перед входом в данный пункт меню необходимо выбрать режим работы: «Чтение параметров» - без ввода пароля, «Изменение параметров» - с вводом пароля.





### 3.1.2 Кнопки управления

Назначение и функции кнопок управления устройством указаны в (Таблица 3).

Таблица 3 – Назначение и функции кнопок управления

Кнопка	Функция кнопки
	Переход в верхний пункт меню; Увеличить величину уставки или номер опции
	Переход в нижний пункт меню; Уменьшить величину уставки или номер опции
	Переход к следующему пункту, следующей цифре пароля (влево или вправо)
Ввод 	Запись уставок или параметров; Переход к следующему пункту меню
Сброс 	При нажатии и удержании кнопки на время до 1 с – выход в предыдущее меню.
	Включение выключателя. При нажатии на кнопку «Включить ВВ» на экране ЖКИ включается подсветка и выдается сообщение «Включить ВВ?». Если в течение 60 с будет нажата кнопка Ввод, то отработает логика включения ВВ от кнопки. Если в течение 60 с не будет нажата кнопка Ввод или будет нажата кнопка Сброс – логика включения ВВ от кнопки не отработает. В течение 60 с после нажатия на кнопку «Включить ВВ» нажатие кнопок «вверх», «вниз», «влево», «вправо» – игнорируется.
	Отключение выключателя. При нажатии на кнопку «Отключить ВВ» на экране ЖКИ включается подсветка и выдается сообщение «Отключить ВВ?». Если в течение 60 с будет нажата кнопка







	Ввод, то отработает логика отключения ВВ от кнопки. Если в течение 60 с не будет нажата кнопка Ввод или будет нажата кнопка Сброс – логика отключения ВВ от кнопки не отработает. В течение 60 с после нажатия на кнопку «Отключить ВВ» нажатие кнопок «вверх», «вниз», «влево», «вправо» – игнорируется.
	Перевод на местное или дистанционное управление
	Квитирование
	Вход в журнал аварий
	Вход в журнал событий
1 2 3 4	Программируемые кнопки электронных накладок. Каждая кнопка может назначаться параллельно любому дискретному входу и работать по одному из двух режимов: – потенциальный; – с фиксацией.

При включенном питании устройства на его цифровом индикаторе и сигнальных светодиодах отображается информация о режимах и параметрах работы устройства.

В исходном состоянии на индикаторе отображается значение тока фазы А ( $I_A$ ). Для отображения другой информации и работы с устройством в диалоговом режиме пользуются кнопками на лицевой панели.







Для перемещения по меню, выбора режимов работы и параметрирования устройства используются пять основных кнопок:

- для перемещения по меню в нужном направлении, изменения параметров настройки устройства – кнопки «ВПРАВО» , «ВЛЕВО» , «ВВЕРХ» , «ВНИЗ» ;
- кнопкой «ВВОД» осуществляется вход в подменю, вход в режим редактирования параметра и подтверждения изменения параметров;
- кнопкой «СБРОС» осуществляется возврат в предыдущее меню или выход из режима редактирования без сохранения изменений.





Меню устройства выполнено интуитивно понятным.



После срабатывания ступеней защит, на индикаторе до квитирования автоматически отображается последнее сообщение журнала аварий со значением тока короткого замыкания в поврежденных фазах. После квитирования эта информация



сохраняется в журнале аварий. Для просмотра журнала аварий из исходного состояния кнопками «ВНИЗ» , «ВВЕРХ»  необходимо перейти к пункту «Журнал Аварий» и нажатием кнопки «ВВОД» войти в него. Войти в журнал аварий также можно по нажатию кнопки «ЖА» на лицевой панели устройства. Под номером «1» отобразится последний режим аварийного отключения (сработавшая ступень защиты и значение тока, вызвавшее ее срабатывание). Для отображения параметров других аварий необходимо перемещаться по меню кнопками «ВНИЗ»  – «ВВЕРХ» . Для просмотра всех параметров данной аварии (дата и время, состояния дискретных входов, состояния реле, токи фаз, ток нулевой последовательности, напряжение нулевой последовательности и угол между ними, коэффициенты трансформации, уставки сработавшей ступени) необходимо перемещаться по меню кнопками «ВПРАВО»  – «ВЛЕВО» .

Аналогично можно просматривать информацию в журнале осциллограмм и журнале событий. Считывание любой информации через меню устройства доступно без ограничений.

Вход в раздел меню «Настройки», в котором задаются все параметры настройки устройства и уставки, защищается паролем. Изначально устройство поставляется с паролем 00000. Ввод каждой цифры пароля осуществляется кнопками «ВВЕРХ»  – «ВНИЗ»  путем соответственно увеличения или уменьшения значения мигающей позиции цифры пароля. Переход между цифрами пароля осуществляется кнопками «ВПРАВО»  – «ВЛЕВО» . Ввод набранного пароля выполняется кнопкой «ВВОД».

При вводе устройства в эксплуатацию следует изменить пароль. Изменение пароля осуществляется в разделе «Настройки», в пункте «Новый пароль», переход к которому выполняется кнопками «ВВЕРХ»  – «ВНИЗ» .

Все указанные действия более просто и удобно могут выполняться с персонального компьютера с использованием программы «BURZA».

### 3.1.3 Модуль *PW-RL*

Модуль *PW-RL* предназначен для подачи в устройство напряжения оперативного питания, имеет отсек для установки литиевой батареи, светодиодную индикацию исправности предохранителя, а также винтовой зажим для заземления устройства.

О неисправности предохранителя сигнализирует свечение светодиода (*FUSE*).

Общий вид модуля *PW-RL* со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 4).

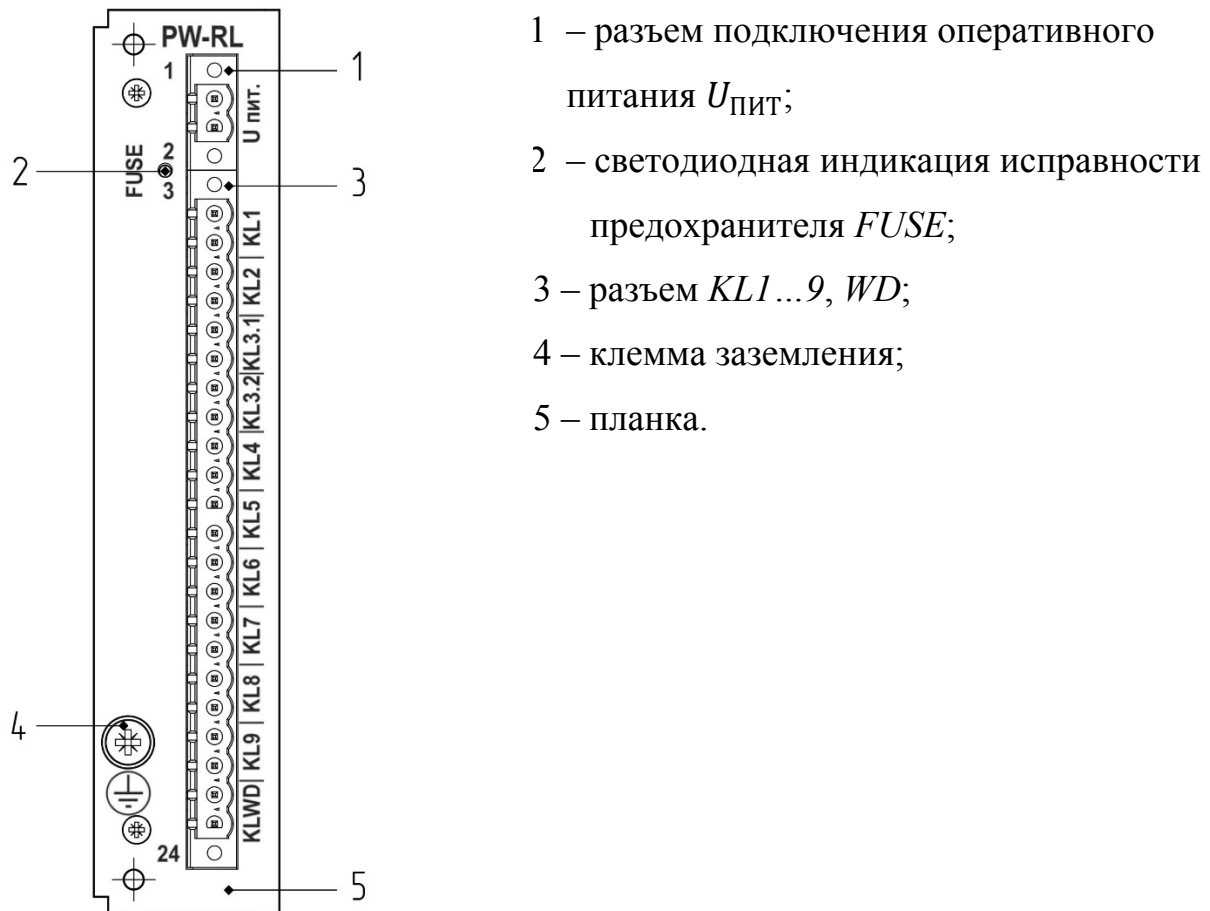
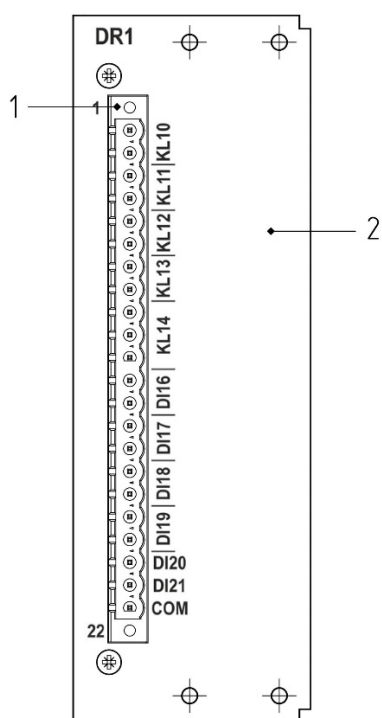


Рисунок 4 – Модуль *PW-RL* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)

### 3.1.4 Модуль *DR1*

Модуль предназначен для ввода в устройство шести дискретных сигналов и подключения пяти внешних цепей к выходным реле. Доступно исполнение модуля *DR1*, которое в свою очередь может быть выполнено на номинальное напряжение дискретных входов 110, 220 В.

Общий вид модуля *DR1* со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 5).



1 – 22-х контактный разъем дискретных входов *DI16. . .21* и выходных реле *KL10. . .14*;

2 – планка.

Рисунок 5 – Модуль *DR1* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка

Ответная часть разъема модуля входит в его состав, имеет соответствующую маркировку и на рисунке не показана.

Задание исполнения модуля (*DR1*) задается комбинацией перемычек *J1, J2* на плате модуля. Выбор и задание номинального напряжения дискретных входов производится комбинацией перемычек *J3...7* на плате модуля.

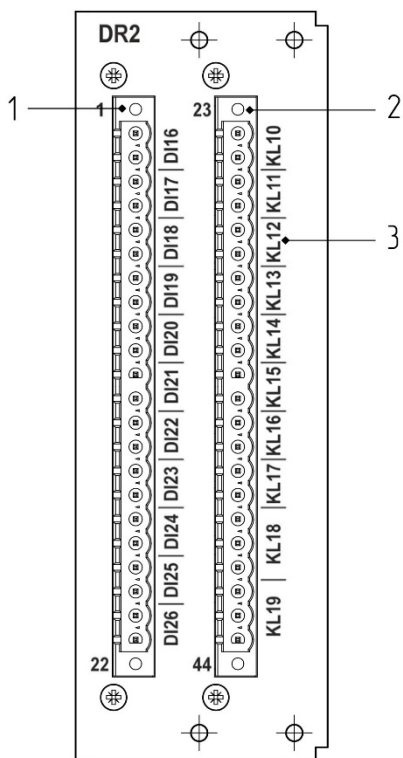
Для задания напряжения 110 В на дискретные входы, необходимо замкнуть (залить припоем) перемычки *J3...7*. Для задания напряжения 220 В на дискретные входы, перемычки припоем не заливаются.

### 3.1.5 Модуль DR2

Модуль DR2 предназначен для подключения внешних цепей к выходным реле и вводу дискретных сигналов.

Доступны исполнения модуля DR2 на номинальное напряжение дискретных входов 110 и 220 В.

Общий вид модуля DR2 со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 6).



- 1 – 22-х контактный разъем дискретных входов DI16. . .26;
- 2 – 22-х контактный разъем выходных реле KL10. . .19;
- 3 – планка.

Рисунок 6 – Модуль DR2 (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка

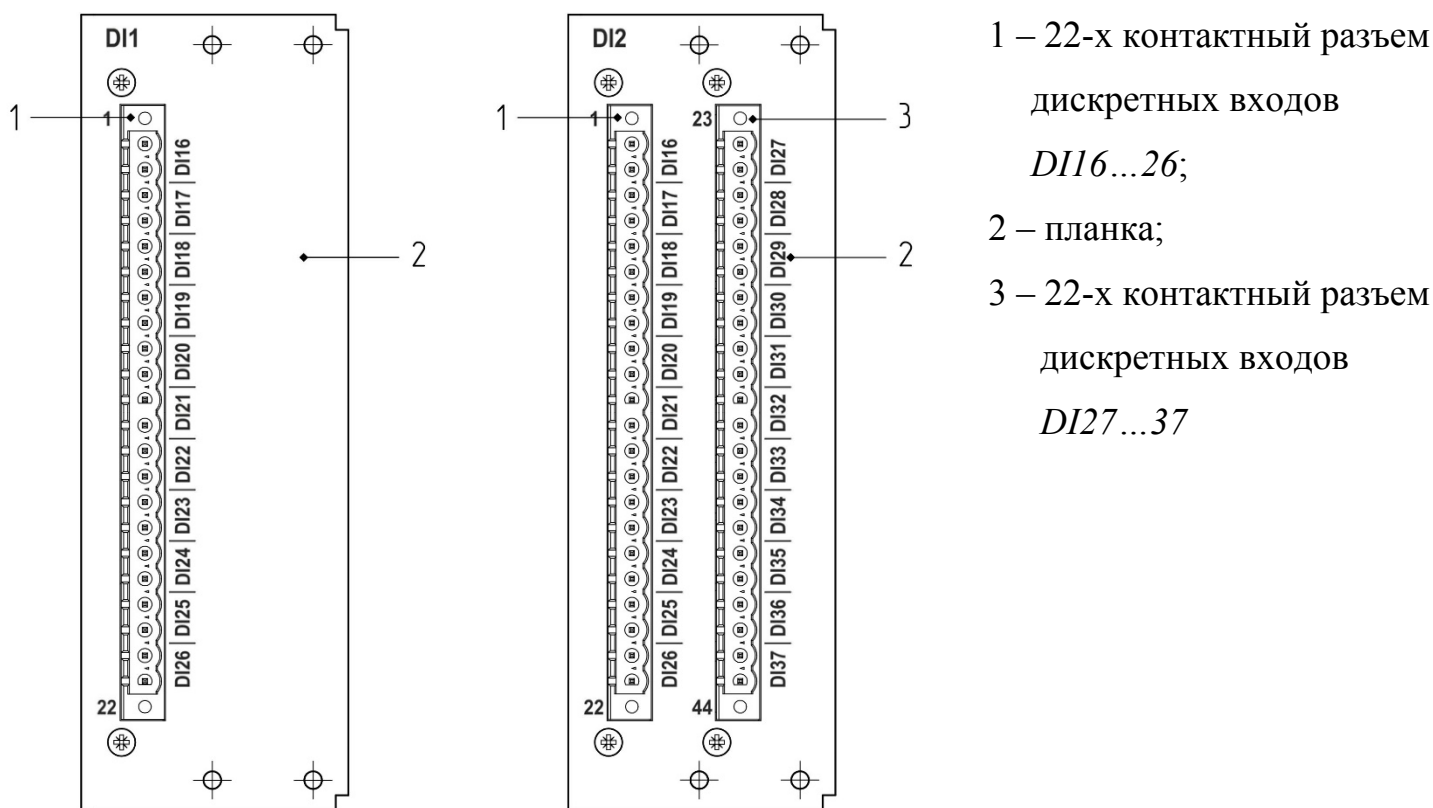
Ответные части разъемов модуля входят в его состав, имеют соответствующую маркировку и на рисунке не показаны.

### 3.1.6 Модуль *DI1 (DI2)*

Модули *DI1* и *DI2* предназначены для ввода в устройство дискретных сигналов.

Для устройства РС83-А3 доступны исполнения модуля *DI1* и *DI2*, которые в свою очередь могут быть выполнены на номинальное напряжение дискретных входов 220 и 110 В.

Общий вид модулей *DI1* и *DI2* со стороны разъемов для внешних подключений и их маркировка показаны на (Рисунок 7). Ответные части разъемов модулей входят в их состав, имеют соответствующую маркировку и на рисунке не показаны.



- 1 – 22-х контактный разъем дискретных входов *DI16...26*;
- 2 – планка;
- 3 – 22-х контактный разъем дискретных входов *DI27...37*

Рисунок 7 – Модули *DI1* и *DI2* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и их маркировка

Выбор и задание номинального напряжения дискретных входов производится комбинацией перемычек *J4...J4* на плате модуля (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Расположение и комбинации перемычек J1, J2, J4...J14 для задания напряжений дискретных входов на 220 и 110 В

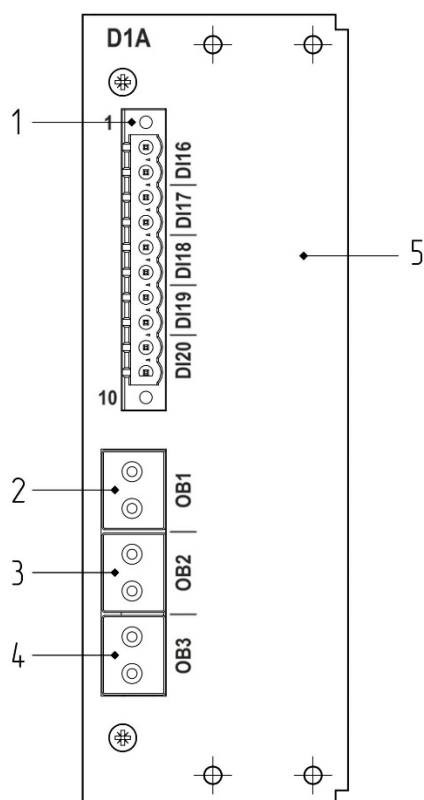
Для задания напряжения 110 В на дискретные входы, необходимо замкнуть (залить припоем) перемычки J4...J14. Для задания напряжения 220 В, перемычки припоем не заливаются.

### 3.1.7 Модуль *D1A*

Модуль *D1A* предназначен для ввода в устройство дискретных сигналов.

Для устройства РС83-А3 доступны исполнения модуля *D1A* которые, в свою очередь, могут быть выполнены на номинальное напряжение дискретных входов 220 и 110 В.

Общий вид модуля *D1A* со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показан на (Рисунок 9). Ответные части разъемов модулей входят в их состав, имеют соответствующую маркировку и на рисунке не показаны.



- 1 – 10-и контактный разъем дискретных входов реле *D116...20*;
- 2 – 4 – разъемы для подключения трех оптоволоконных датчиков дуговой защиты;
- 5 – планка.

Рисунок 9 – Модуль *D1A* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка

Выбор и задание номинального напряжения дискретных входов производится комбинацией перемычек *J3...7* на плате модуля.

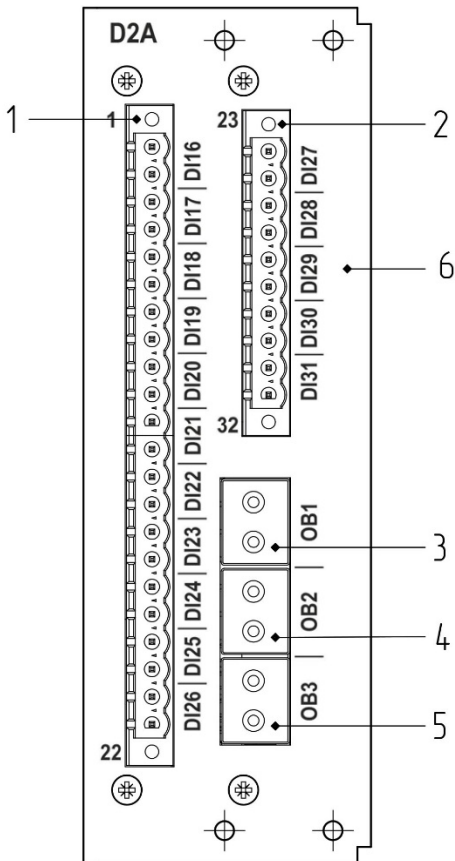
Для задания напряжения 110 на дискретные входы, необходимо замкнуть (залить припоем) перемычки *J3...7*. Для задания напряжения 220 В на дискретные входы, перемычки припоем не заливаются.



### 3.1.8 Модуль D2A

Модуль D2A предназначен для ввода дискретных сигналов и подключения оптических датчиков.

Общий вид модуля D2A со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 6).



- 1 – 22-х контактный разъем дискретных входов DI16...26;
- 2 – 10-и контактный разъем дискретных входов DI27...31;
- 3 – 5 – разъемы для подключения трех оптоволоконных датчиков дуговой защиты;
- 6 – планка.

Рисунок 10 – Модуль D2A (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка

Ответные части разъемов модуля входят в его состав, имеют соответствующую маркировку и на рисунке не показаны.



### 3.1.9 Оптические датчики дуги

Последние две цифры в наименовании типа оптического датчика дуги (XX) определяют его длину и определяются потребителем при заказе устройства.

#### 3.1.9.1 Псевдоточечный петлевой датчик дуги (ОВК-01-XX)

Датчик ОВК-01 (см. Рисунок 11 (а)) состоит из оптического сенсора (петля из прозрачного оптоволокна типа *HRC-EGC1.0/2.2* длиной 1 м, свернутая в бухту диаметром 10 см) (поз. 1), коннекторов типа *HFBR-4531Z* (поз. 2), соединительных муфт (поз. 3) и дуплексного пластикового оптического кабеля *HFBR-RSD005Z* с непрозрачной оболочкой.

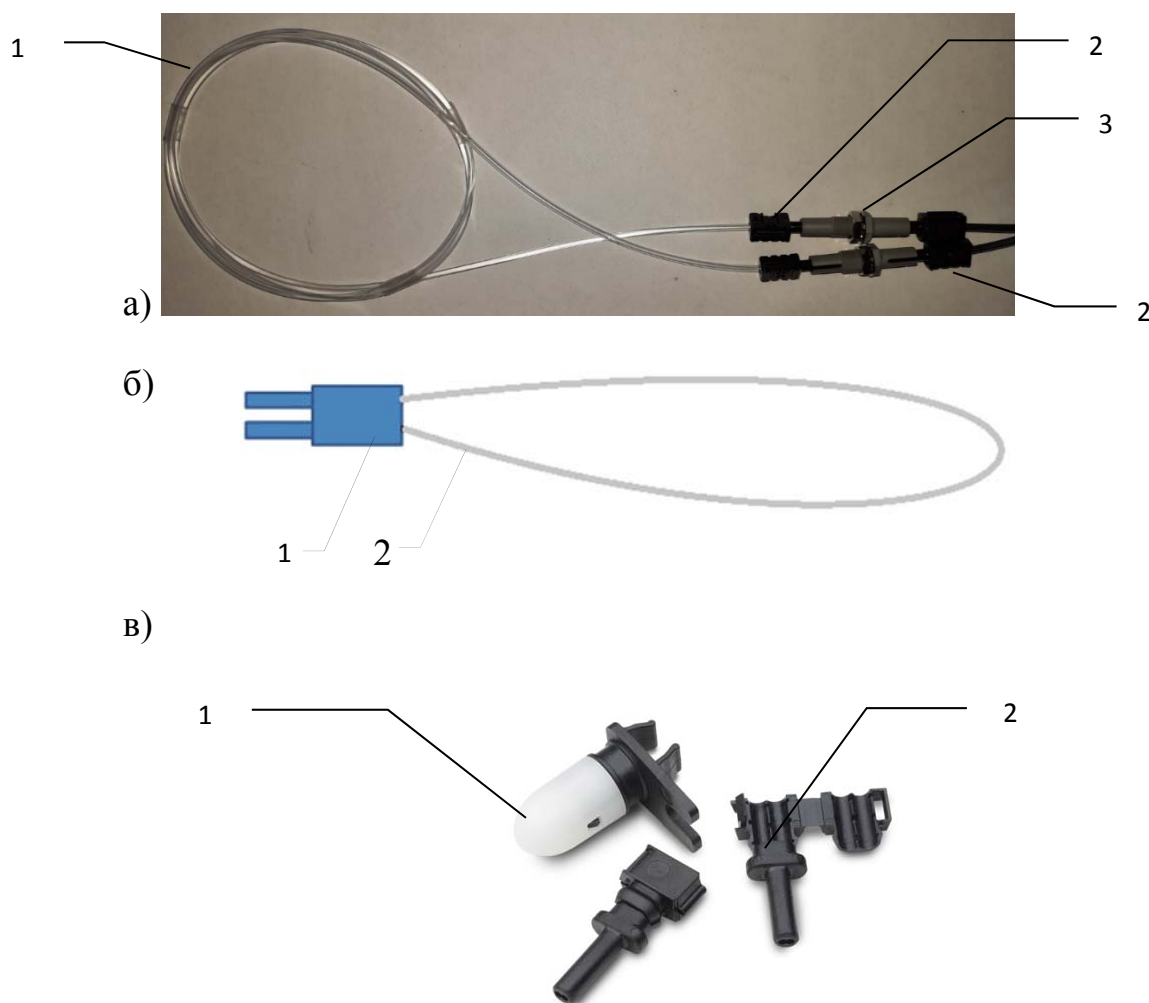


Рисунок 11 – Оптические датчики дуги

#### 3.1.9.2 Распределенный датчик дуги (ОВК-02-XX)

Датчик ОВК-02 (см. Рисунок 11 (б)) состоит из коннектора (поз. 1) и пластикового оптического волокна (поз. 2) диаметром 1 мм с прозрачной оболочкой. Устройство может

комплектоваться оптическим волокном типа *HRC-EGC1.0/2.2* или аналогичным, а также одинарными коннекторами типа *HFBR-4531Z*, двойными типа *HFBR-4533Z* или аналогичными.

### 3.1.9.3 Точечный датчик дуги (ОБК-03-XX)

Датчик ОБК-03 (см. Рисунок 11 (в)) состоит из оптического сенсора *AFBR-S10PS010Z* (поз. 1), коннектора *AFBR-S10PS011Z* (поз. 2) и дуплексного пластикового оптического кабеля *HFBR-RSD005Z* с непрозрачной оболочкой.

### 3.1.9.4 Подготовка датчика дуги.

При подготовке оптоволоконного датчика руководствоваться рекомендациями производителя коннектора и оптоволокна. Общий порядок подготовки следующий:

- 1 – отрезать кабель необходимой длины;
- 2 – возле мест отреза снять около 7 мм внешней оболочки волокна;
- 3 – установить в коннектор два конца оптического кабеля;
- 4 – обрезать волокна, выступающие из разъема более чем на 1,5 мм;
- 5 – отполировать волокно на абразивной бумаге зернистостью 600, используя специальный инструмент, после чего протереть разъем чистой салфеткой;
- 6 – окончательно отполировать оптоволокно на притирочной пленке 3 мкм. Концы оптоволокна должны быть плоскими, гладкими и чистыми.

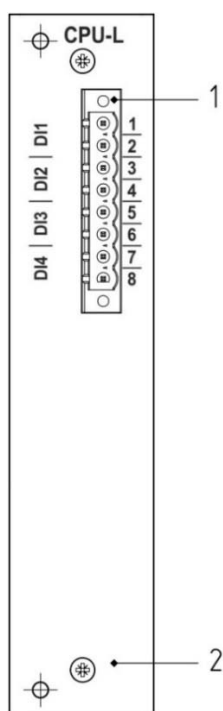
### 3.1.10 Модуль CPU

Модуль CPU предназначен для обработки всех алгоритмов, записи журналов и осциллограмм, а также для связи с устройством по протоколам передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104 (при отсутствии в устройстве отдельного модуля *COM*).

Доступны следующие исполнения модуля CPU:

- CPU-L без коммуникационных портов;
- CPU-LS с двумя портами связи RS-485;
- CPU-LJ с одним портом связи RS-485 и одним электрическим портом Ethernet (RJ-45);
- CPU-LO с одним портом связи RS-485 и одним оптическим портом Ethernet (SC);
- CPU-EE с одним электрическим портом Ethernet (RJ-45);
- CPU-EO с одним оптическим портом Ethernet (SC);

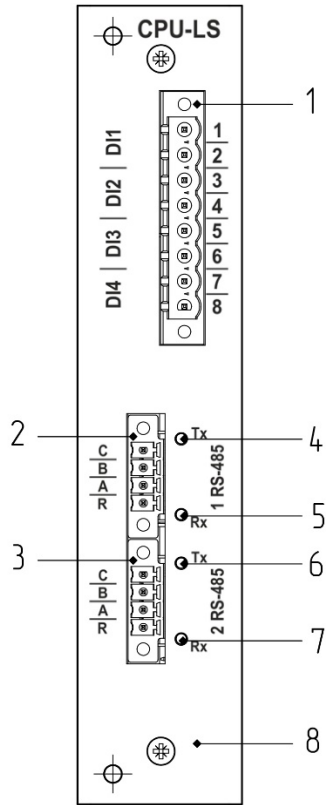
Общий вид модулей CPU-L, CPU-LS, CPU-LJ, CPU-LO, CPU-EE и CPU-EO со стороны разъемов для внешних подключений и их маркировка показаны на (Рисунок 12 - Рисунок 17).



1 – разъем дискретных входов *D11...4*;

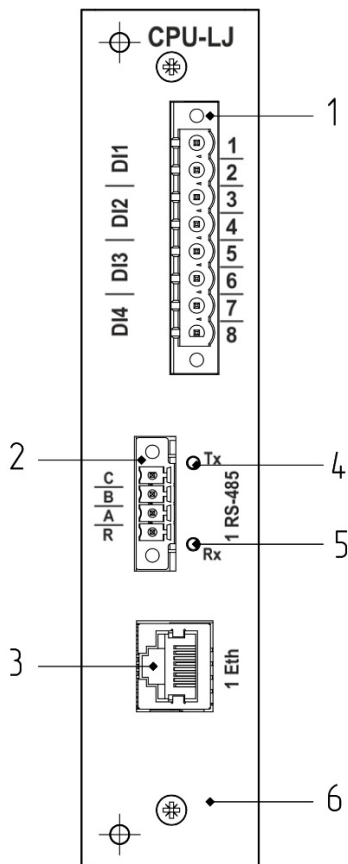
2 – планка.

Рисунок 12 – Модуль CPU-L (вид со стороны разъемов для внешних подключений)



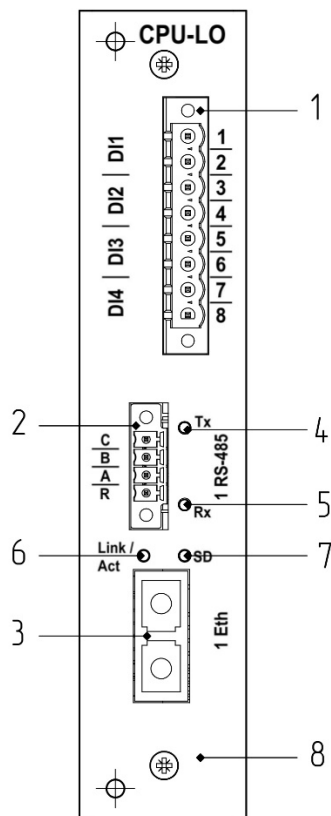
- 1 – разъем дискретных входов *DII ... 4*;
- 2 – разъем порта связи *IRS-485*;
- 3 – разъем порта связи *2RS-485*;
- 4 – светодиодная индикация *Tx* порта связи *IRS-485*;
- 5 – светодиодная индикация *Rx* порта связи *IRS-485*;
- 6 – светодиодная индикация *Tx* порта связи *2RS-485*;
- 7 – светодиодная индикация *Rx* порта связи *2RS-485*;
- 8 – планка.

Рисунок 13 – Модуль *CPU-LS* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)



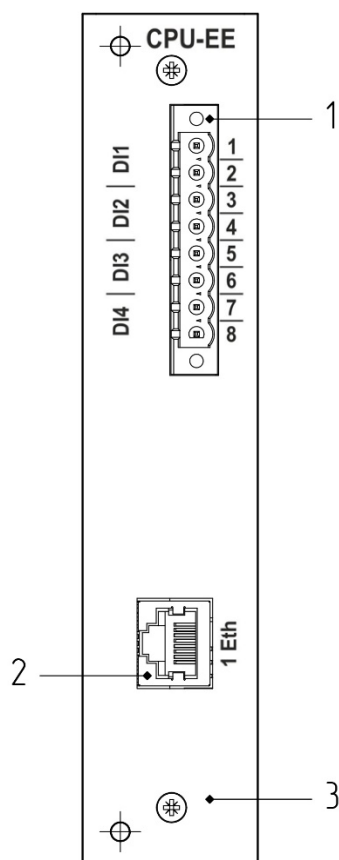
- 1 – разъем дискретных входов *DII ... 4*;
- 2 – разъем порта связи *IRS-485*;
- 3 – разъем порта связи *1Eth*;
- 4 – светодиодная индикация *Tx* порта связи *IRS-485*;
- 5 – светодиодная индикация *Rx* порта связи *IRS-485*;
- 6 – планка.

Рисунок 14 – Модуль *CPU-LJ* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)



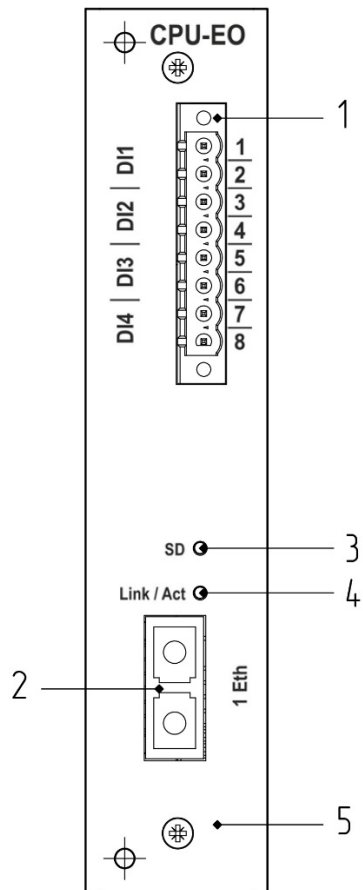
- 1 – разъем дискретных входов *D11 ... 4*;
- 2 – разъем порта связи *IRS-485*;
- 3 – разъем порта связи *1Eth*;
- 4 – светодиодная индикация *Tx* порта связи *IRS-485*;
- 5 – светодиодная индикация *Rx* порта связи *IRS-485*;
- 6 – светодиодная индикация *Link/Act*;
- 7 – светодиодная индикация *SD*;
- 8 – планка.

Рисунок 15 – Модуль *CPU-LO* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)



- 1 – разъем дискретных входов *D11 ... 4*;
- 2 – разъем порта связи *1Eth*;
- 3 – планка.

Рисунок 16 – Модуль *CPU-EE* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)



- 1 – разъем дискретных входов *D11 ... 4*;
- 2 – разъем порта связи *1Eth*;
- 3 – светодиодная индикация *SD*;
- 4 – светодиодная индикация *Link/Act*;
- 5 – планка.

Рисунок 17 – Модуль *CPU-EO* (вид со стороны разъемов для внешних подключений)

### 3.1.11 Модуль *AI-A3*

Модуль *AI-A3* предназначен для ввода аналоговых сигналов цепей тока и напряжения, преобразования их в цифровой вид и проведения измерений.

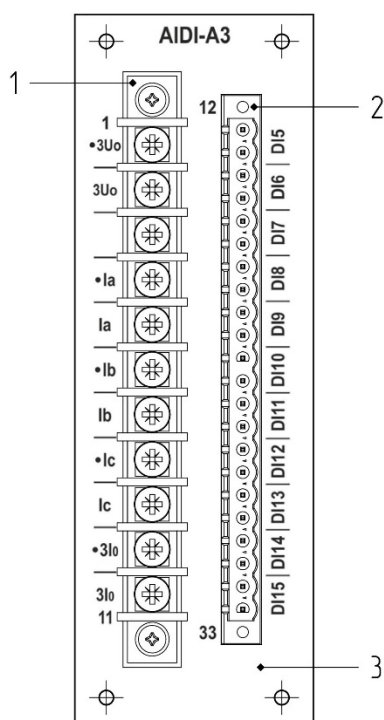
Основные параметры измерительных входов модуля описаны в п.1.2 и (Таблица 2)

Доступны следующие исполнения модуля:

- *AIDI-A3* для измерения аналоговых сигналов цепей тока и напряжения, а также дополнительными 11 дискретными входами (*DI5...15*);
- *AIDA-A3* для измерения аналоговых сигналов цепей тока и напряжения, а также дополнительными 6 дискретными входами и тремя входами для подключения оптических датчиков (*DI5...9* и *OB1...OB3*);

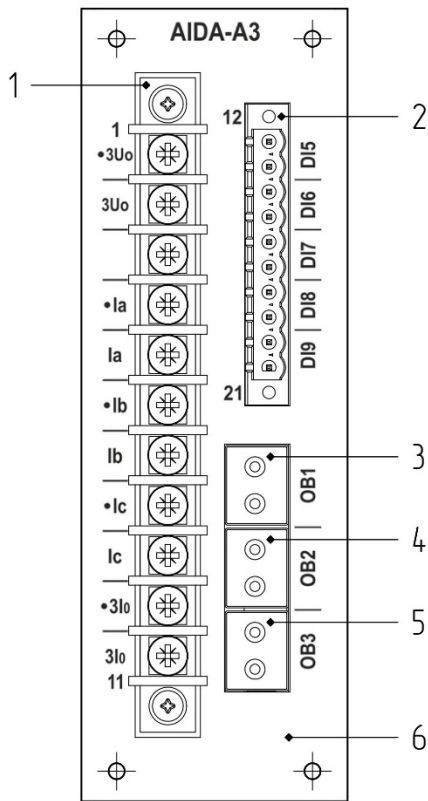
По номинальному напряжению дискретных входов доступны исполнения модуля 220 и 110 В.

Общий вид измерительных модулей со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 18 – Рисунок 19). Ответные части разъемов модулей входят в их состав, имеют соответствующую маркировку и на рисунке не показаны.



- 1 – разъем измерительных токовых цепей  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $3I_0$  и аналоговых входов напряжения  $3U_0$ ;
- 2 – разъем дискретных входов  $DI5...15$ ;
- 3 – планка.

Рисунок 18 – Модуль *AIDI-A3* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка



- 1 – разъем измерительных токовых цепей  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $3I_0$  и аналоговых входов напряжения  $3U_0$ ;
- 2 – 10-и контактный разъем дискретных входов  $DI5 \dots 9$ ;
- 3 – 5 разъемы для подключения трех оптоволоконных датчиков дуговой защиты;
- 6 – планка.

Рисунок 19 – Модуль *AIDA-A3* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка



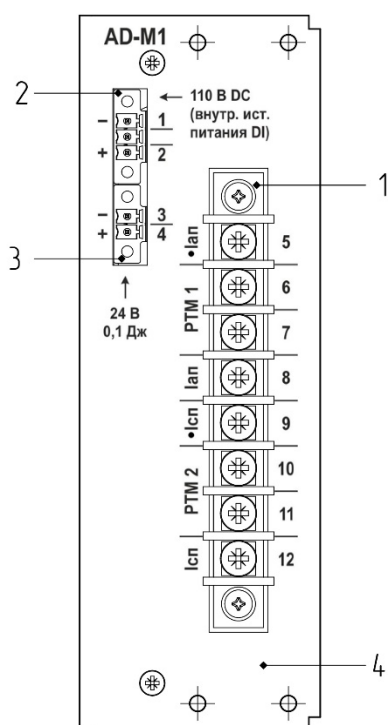
### 3.1.12 Модуль *AD-M*

Назначение модуля *AD-M* – питание от токовых цепей и дешунтирования с внутренним источником для гарантированного питания по току и напряжению цепей дискретных входов.

Доступны следующие исполнения модуля *AD-M*:

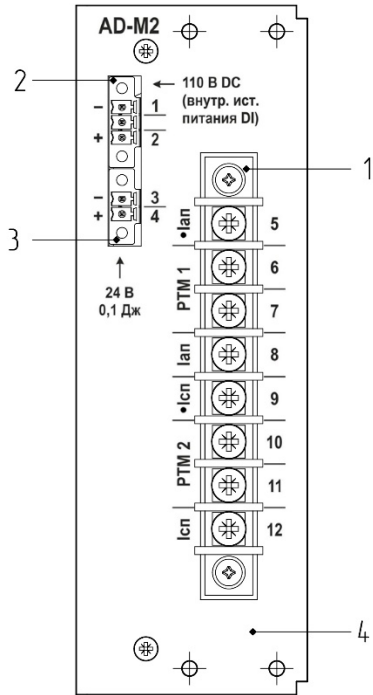
- *AD-M1* с токовой подпиткой без цепей дешунтирования и без выхода на катушку *MITOP*;
- *AD-M2* с токовой подпиткой с цепями дешунтирования (5 А) и без выхода на катушку *MITOP*;
- *AD-M3* с токовой подпиткой без цепей дешунтирования с выходом на катушку *MITOP* (24 В, 0,1 Дж);

Общий вид модулей *AD-M1*, *AD-M2* и *AD-M3* со стороны разъемов для внешних подключений и их маркировка показаны на (Рисунок 20 - Рисунок 22).



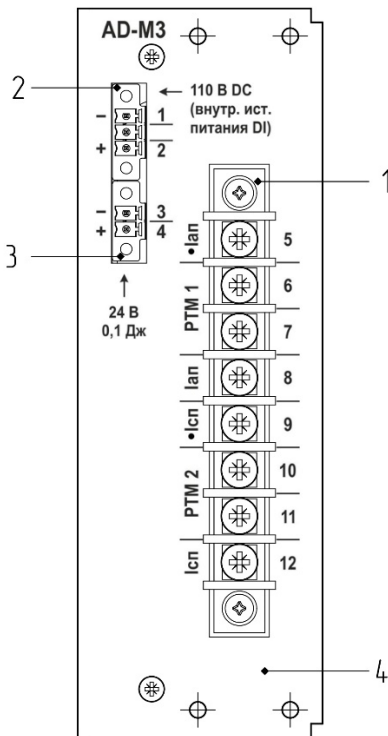
- 1 – разъем измерительных токовых цепей  $I_{ап}$ ,  $I_{сп}$ , РТМ 1, РТМ 2;
- 2 – разъем внутреннего источника питания дискретных входов *DI*;
- 3 – разъем 24 В;
- 4 – планка.

Рисунок 20 – Модуль *AD-M1* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка



- 1 – разъем измерительных токовых цепей  $I_{ап}$ ,  $I_{сп}$ , РТМ 1, РТМ 2;
- 2 – разъем внутреннего источника питания дискретных входов  $DI$ ;
- 3 – разъем 24 В;
- 4 – планка.

Рисунок 21 – Модуль *AD-M2* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка



- 1 – разъем измерительных токовых цепей  $I_{ап}$ ,  $I_{сп}$ , РТМ 1, РТМ 2;
- 2 – разъем внутреннего источника питания дискретных входов  $DI$ ;
- 3 – разъем 24 В;
- 4 – планка.

Рисунок 22 – Модуль *AD-M3* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и его маркировка

### 3.1.13 Модуль COM

Модуль *COM* предназначен для связи с устройством по протоколам передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, МЭК 61850-8-1 (*GOOSE*, *MMS*).

Доступны следующие исполнения модуля:

– *COM-LE4* с двумя портами связи *RS-485* и одним электрическим портом *Ethernet (RJ-45)*, обеспечивает поддержку протоколов передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104;

– *COM-LE5* с двумя портами связи *RS-485* и одним электрическим портом *Ethernet (RJ-45)*, обеспечивает поддержку протоколов передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, МЭК 61850-8-1 (*GOOSE*, *MMS*);

– *COM-LO4* с двумя портами связи *RS-485* и одним оптическим портом *Ethernet (SC)*, обеспечивает поддержку протоколов передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104;

– *COM-LO5* с двумя портами связи *RS-485* и одним и одним оптическим портом *Ethernet (SC)*, обеспечивает поддержку протоколов передачи данных *Modbus*, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, МЭК 61850-8-1 (*GOOSE*, *MMS*);

Общий вид модулей *COM-LE* и *COM-LO* со стороны разъемов для внешних подключений и его маркировка показаны на (Рисунок 23 - Рисунок 24).

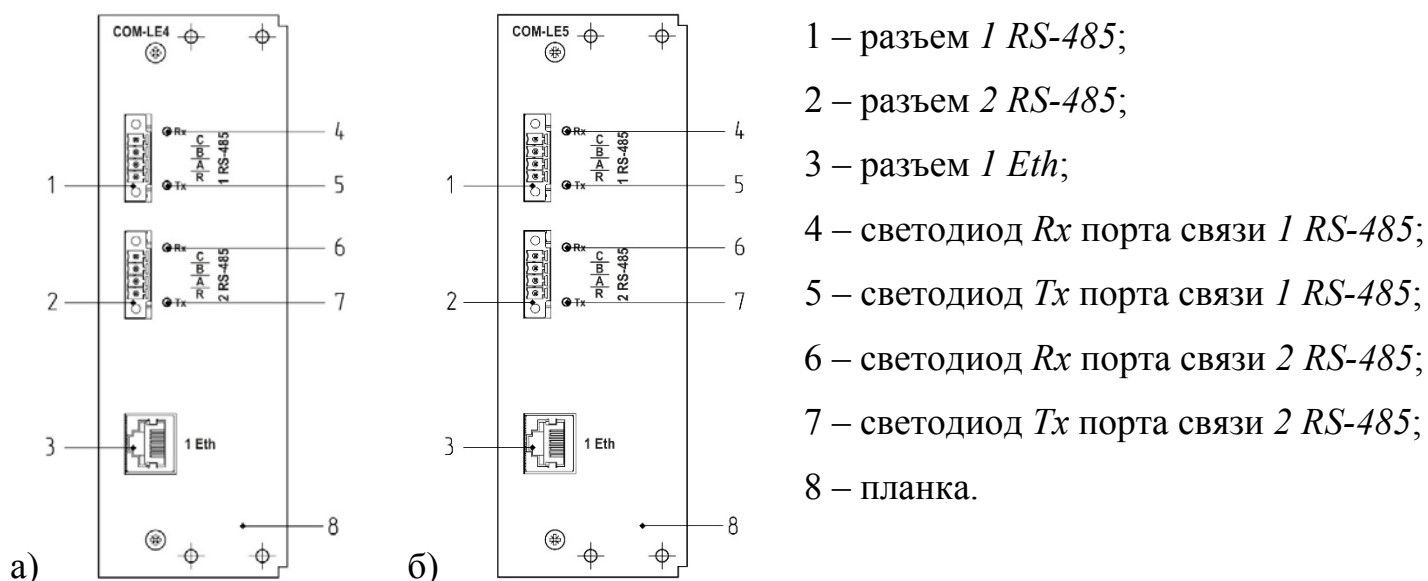
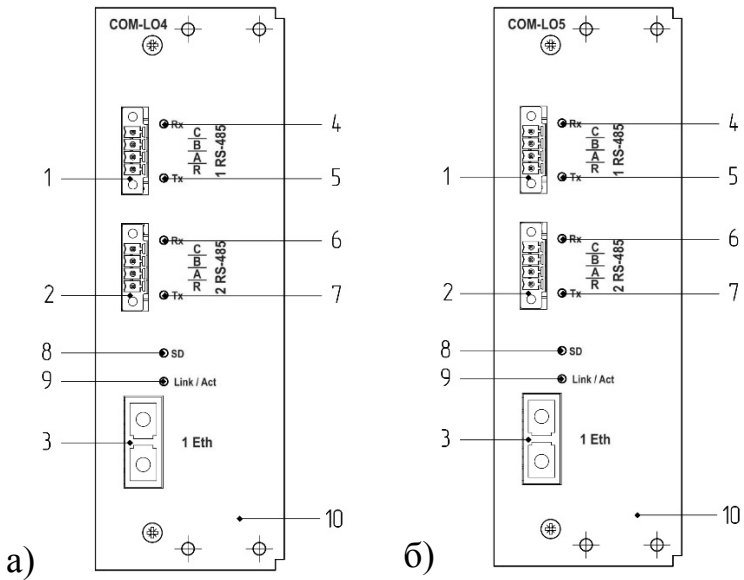


Рисунок 23 – Модули *COM-LE4* и *COM-LE5* (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и их маркировка



- 1 – разъем 1 RS-485;
- 2 – разъем 2 RS-485;
- 3 – разъем 1 Eth;
- 4 – светодиод Rx порта связи 1 RS-485;
- 5 – светодиод Tx порта связи 1 RS-485;
- 6 – светодиод Rx порта связи 2 RS-485;
- 7 – светодиод Tx порта связи 2 RS-485;
- 8 – светодиод SD;
- 9 – светодиод Link/Act;
- 10 – планка.

Рисунок 24 – Модули COM-LO4 и COM-LO5 (вид со стороны разъемов для внешних подключений) и их маркировка

## 4 Использование по назначению и реализация основных функций

### 4.1 Максимальная токовая защита (МТЗ)

Устройство содержит пять ступеней МТЗ, каждая ступень имеет одинаковый набор уставок.

Время срабатывания МТЗ при скачкообразном увеличении тока, соответствующего  $0,5I_y$  до тока, соответствующего  $3I_y$  – не более  $0,035$  с.

Время возврата МТЗ при скачкообразном уменьшении тока, соответствующего  $3I_y$  до тока, соответствующего  $0,1I_y$  – не более  $0,050$  с.

Для обеспечения уверенной работы устройства при дуговых коротких замыканиях предусмотрена задержка на возврат пускового органа ступени на время, задаваемое уставкой, в диапазоне  $0 \div 1$  с с дискретностью  $10$  мс.

По результатам работы МТЗ могут быть сформированы сигналы: «Пуск МТЗ», «Работа МТЗ», «Работа МТЗ с ускорением». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды или дополнительные функции (Дф).

МТЗ является сложной составной функцией, которая состоит из блока токового реле, блока реле направления мощности, блока реле вольтметровой блокировки ВМБ, блока реле блокировки по 2-й гармонике.

Общая структура функциональной схемы логики МТЗ представлена на (Рисунок 25).

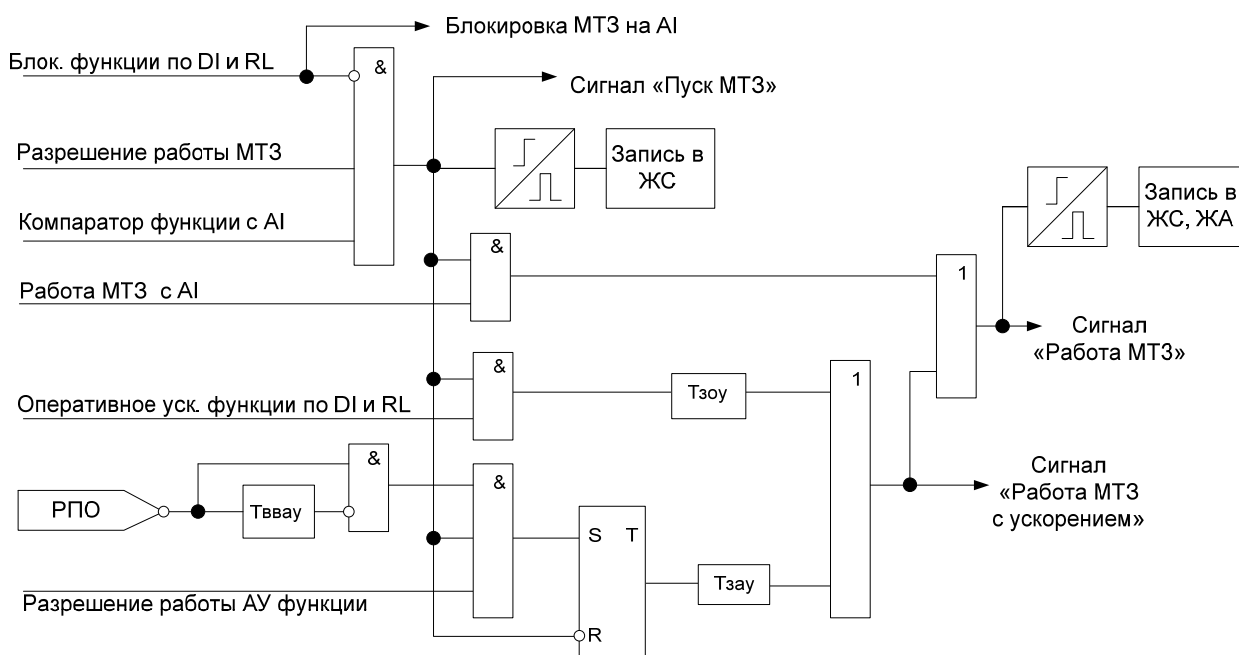


Рисунок 25 – Общая структура функциональной схемы логики МТЗ

МТЗ может работать по фазным либо по линейным токам (определяется уставкой меню).

Все ступени могут работать с блокировкой по второй гармонике. Если блокировка по второй гармонике введена, то по факту превышения заданного уставкой уровня второй гармоники на заданное время блокируется работа МТЗ. Снимается блокировка либо по факту снижения уровня второй гармоники ниже уставки, либо по истечению заданного времени действия блокировки.

Структура функциональной схемы функции блокировки по второй гармонике представлена на (Рисунок 26).

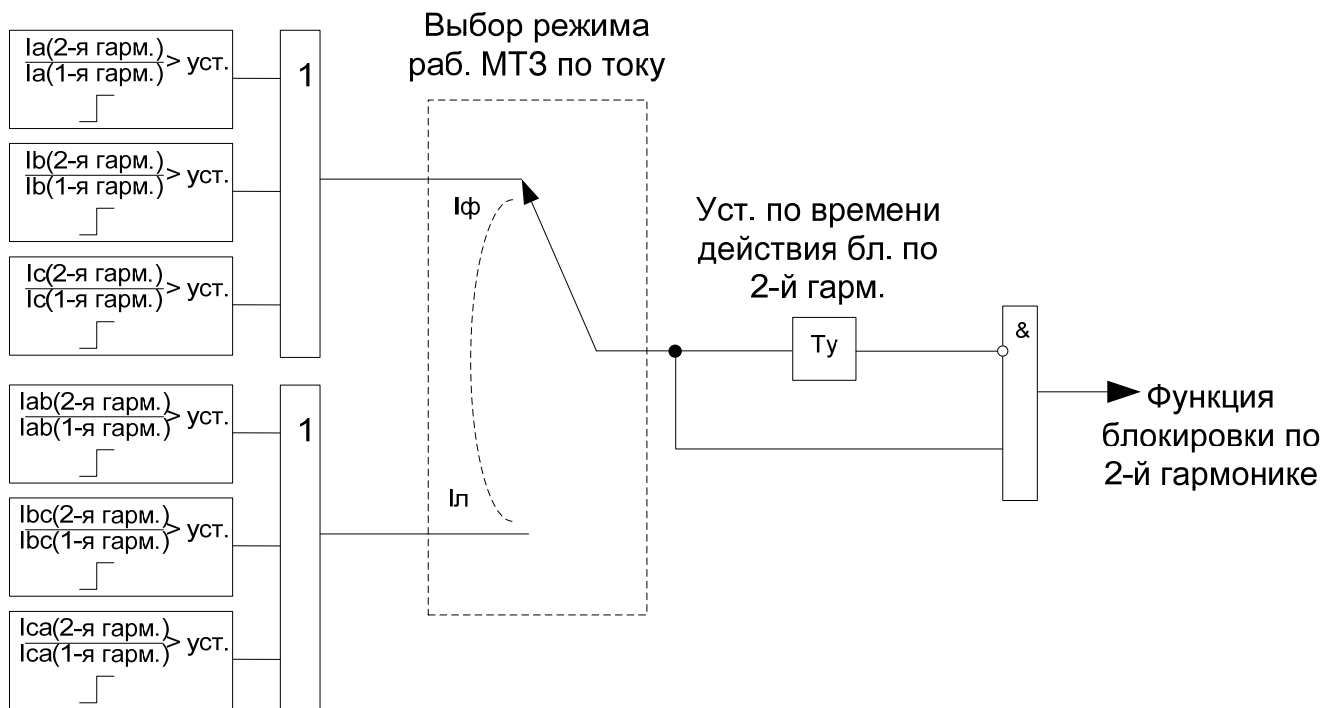


Рисунок 26 – Структура функциональной схемы функции блокировки по второй гармонике

Сигналы блокировка (ускорение) по *DI* и *KL* формируются по логике «ИЛИ» из всех входов и выходов, назначенных на блокировку (ускорение). Алгоритм формирования сигналов блокировка (ускорение) по *DI* и *KL* представлен на (Рисунок 27).

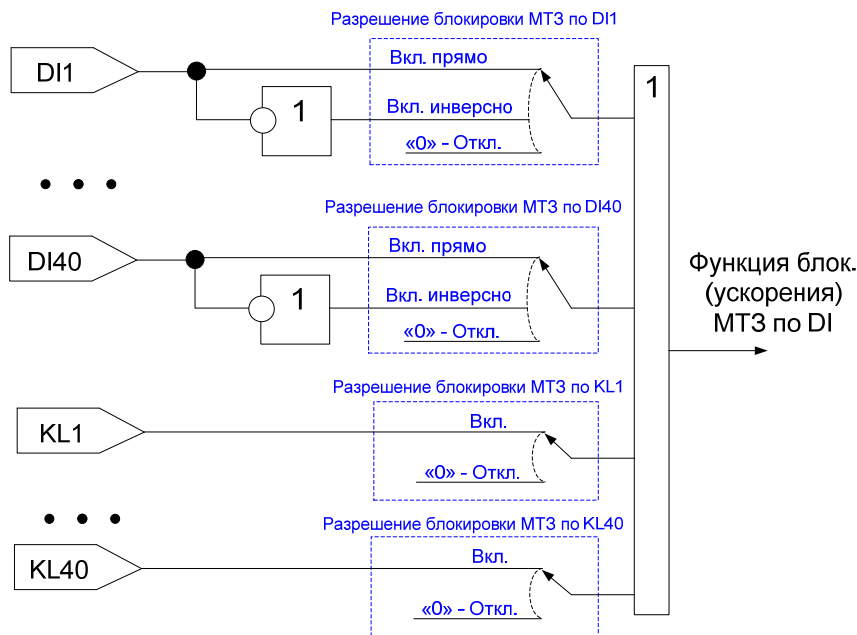


Рисунок 27 – Алгоритм формирования сигналов блокировки (ускорения) МТЗ по дискретным входам и логическим выходам реле

Конфигурация МТЗ представлена в (Таблица 4).

Таблица 4 – Конфигурация МТЗ

Название уставки или параметра	Диапазон
Блокировка МТЗ 1 – 5 по <i>DI1...40</i>	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка МТЗ 1 – 5 по одному из <i>KL1...40</i>	Вкл., Откл.
Ускорение МТЗ 1 – 5 по <i>DI1...40</i>	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Ускорение МТЗ 1 – 5 по одному из <i>KL1...40</i>	Вкл., Откл.
Назначение РПО (для работы автоматического ускорения)	Откл., инверсия РПВ, <i>DI1...40</i> прямо, <i>DI1...40</i> инверсно

\* В устройстве физически присутствует от 15 до 37 дискретных входов (по исполнениям) и от 9 до 19 выходных реле. Всего устройство обрабатывает до 40 виртуальных дискретных входов и 40 выходных реле. Виртуальные дискретные входы могут быть использованы в логике работы защит через *GOOSE* сообщения, а виртуальные выходные реле, кроме того, в программируемой логике.

Коэффициент возврата для каждой ступени отдельно можно регулировать уставкой. До появления сигнала работа МТЗ коэффициент возврата ступени фиксированный – 0,95. После появления сигнала работа – коэффициент возврата по

заданной уставке. Понижение коэффициента возврата после срабатывания выходного органа МТЗ до значения, заданного уставкой используется в схемах с дешунтированием. Уставки МТЗ представлены в (Таблица 5).

Таблица 5 – Уставки МТЗ

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ступени	Вкл., Откл.
Выбор режима работы по току	Фазные, линейные
Выбор уставки по току срабатывания $I_u$	0,1...125 А, с шагом 0,01 А
Коэффициент возврата после срабатывания выход. органа	от 0,4 до 0,95 с шагом 0,01
Тип времятоковой характеристики	1) Независимая; 2) Нормально инверсная характеристика по МЭК 255-4; 3) Сильно инверсная характеристика по МЭК 255-4; 4) Чрезвычайно инверсная характеристика по МЭК 255-4; 5) Крутая характеристика (аналог РТВ-1); 6) Пологая характеристика (типа реле РТ-80, РТВ-IV); 7) Тепловая характеристика без памяти; 8) Тепловая характеристика с частичной памятью (по МЭК 255-8).
Выбор уставки по времени срабатывания МТЗ ( $T_z$ )	0...100 с, с шагом 0,01 с
Выбор уставки по времени срабатывания МТЗ с оперативным ускорением $T_{зоу}$	от 0 до 60 с, с шагом 0,01
Разрешение автоматического ускорения	Вкл., Откл.
Выбор уставки по времени ввода автоматического ускорения МТЗ ( $T_{вв.а.у.}$ )	0,5...2 с, с шагом 0,01 с
Выбор уставки по времени срабатывания МТЗ с автоматическим ускорением $T_{зау}$	0...1 с, с шагом 0,01 с
Выбор уставки по времени задержки на возврат пускового органа МТЗ ( $T_{возвр}$ )	0...1 с, с шагом 0,01 с
Разрешение работы с блокировкой по 2-ой гармонике	Вкл., Откл.



## 4.2 Защита от замыкания на землю (ЗНЗ)

ЗНЗ может работать по измеренному или расчетному току нулевой последовательности, по измеренному напряжению нулевой последовательности или как дистанционная защита по сопротивлению нулевой последовательности. Устройство содержит четыре ступени ЗНЗ, каждая ступень имеет одинаковый набор уставок.

Время срабатывания ЗНЗ в режиме работы по расчетному(измеренному)  $3I_0$ , угле направления мощности нулевой последовательности равном  $\Phi_{мч}$  и скачкообразном увеличении тока от  $0,5I_y$  до  $3I_y$  – не более 0,035 с. Время возврата ЗНЗ в режиме работы по  $3I_0$ , угле направления мощности равном  $\Phi_{мч}$  и скачкообразном уменьшении тока от  $3I_y$  до  $0,1I_y$  – не более 0,05 с.

Время срабатывания ЗНЗ в режиме работы по сопротивлению, при угле сопротивления равном  $\Phi_{мч}$ , токе не менее 1,5 А и скачкообразном снижении напряжения нулевой последовательности от напряжения 100 В, соответствующего  $1,2Z_y$  до напряжения, соответствующего  $0,6Z_y$  – не более 0,035 с. Время возврата ЗНЗ в режиме работы по сопротивлению, при угле сопротивления равном  $\Phi_{мч}$ , токе не менее 1,5 А и скачкообразном увеличении напряжения нулевой последовательности от напряжения, соответствующего  $0,1Z_y$  до напряжения соответствующего  $1,2Z_y$  (не более 100 В) – не более 0,05 с.

По результатам работы ЗНЗ формируются сигналы: «Пуск ЗНЗ», «Работа ЗНЗ», «Работа ЗНЗ с ускорением». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды или ДФ.

Для обеспечения уверенной работы устройства при дугowych перемежающихся замыканиях на землю предусмотрена задержка на возврат пускового органа ступени на время, задаваемое уставкой, в диапазоне  $0 \div 1$  с с дискретностью 10 мс.

Коэффициент возврата для каждой ступени по каждому компаратору отдельно можно регулировать уставкой. До появления сигнала работа ЗНЗ коэффициент возврата ступени по току, напряжению и сопротивлению фиксированный – 0,95 (1,05 для сопротивления). После появления сигнала работа – коэффициент возврата по заданной уставке.

Конфигурация ЗНЗ представлена в (Таблица 6)

Таблица 6 – Конфигурация ЗНЗ

Название уставки или параметра	Диапазон
Блокировка ЗНЗ 1...4 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка ЗНЗ 1...4 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Ускорение ЗНЗ 1...4 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Ускорение ЗНЗ 1...4 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Назначение РПО (для работы автоматического ускорения по инверсному значению РПО)	Откл., $DII \dots 40$ прямо, $DII \dots 40$ инверсно

Уставки ЗНЗ представлены в (Таблица 7)

Таблица 7 – Уставки ЗНЗ

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ступени	Откл, Вкл по $3I_{0\_и}$ , Вкл по $3I_{0\_р}$ , Вкл по $3U_{0\_и}$ , Вкл по $Z_{0\_и}$ ,
Уставка пуска по току, $3I_{0\_р}$	от 0,10 до 125 А, с шагом 0,01 А
Уставка пуска по току, $3I_{0\_и}$	от 0,004 до 5 А, с шагом 0,001 А
Коэффициент возврата по $3I_0$ , $K_{вi}$ после сраб. выход. органа	от 0,4 до 0,95, с шагом 0,01
Разрешение пуска по напряжению, $U$	Откл., Вкл.
Уставка пуска по напряжению, $U$	от 2,0 до 100 В, с шагом 0,01 В
Коэффициент возврата по $3U_0$ , $K_{ви}$ после сраб. выход. органа	от 0,4 до 0,95, с шагом 0,01
Уставка по сопротивлению, $Z_0$	от 25 Ом до 25000 Ом, с шагом 1 Ом
Коэффициент возврата по сопротивлению, $K_{вz}$ после сраб. выход. органа	от 1,05 до 2,5, с шагом 0,01
Режим работы по направ. мощности, $W$	Откл., Вкл.

Название уставки или параметра	Диапазон
Уставка по углу макс. чувствительности, $\Phi_{мч}$	от 0° до 359°, с шагом 1°
Уставка по углу ширины зоны работы, $\Phi_{шз}$	от 10° до 180°, с шагом 1°
Тип времятоковой характеристики, ВТХ	Независимая, Норм. инвер., Сильно инверс., Чрезвычайно инверс. Крутая, Пологая, Тепл. без памяти, Тепл. част. пам.
Выбор Ом-секундной характеристики	Независимая, Ом-зависимая
Уставка по времени срабатывания, Тз	от 0 до 100 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени срабатывания с оперативным ускорением, Тзоу	от 0 до 60 с, с шагом 0,01 с
Разрешение автоматического ускорения	Откл., Вкл.
Уставка по времени срабатывания с автоматическим ускорением, Тзау	от 0 до 1 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени ввода автоматического ускорения, Тввау	от 0,5 до 2 с, с шагом 0,01 с
Выбор уставки по времени задержки на возврат пускового органа (Твозвр)	0...1 с, с шагом 0,01 с
Разрешение работы с блокировкой по 2-ой гармонике	Откл., Вкл.
Блокировка по НЦТ	Откл, Вкл

### 4.2.1 Режим работы ЗНЗ по расчетному току нулевой последовательности

Функциональная схема логики ЗНЗ для режима работы по расчетному току нулевой последовательности представлена на (Рисунок 28).

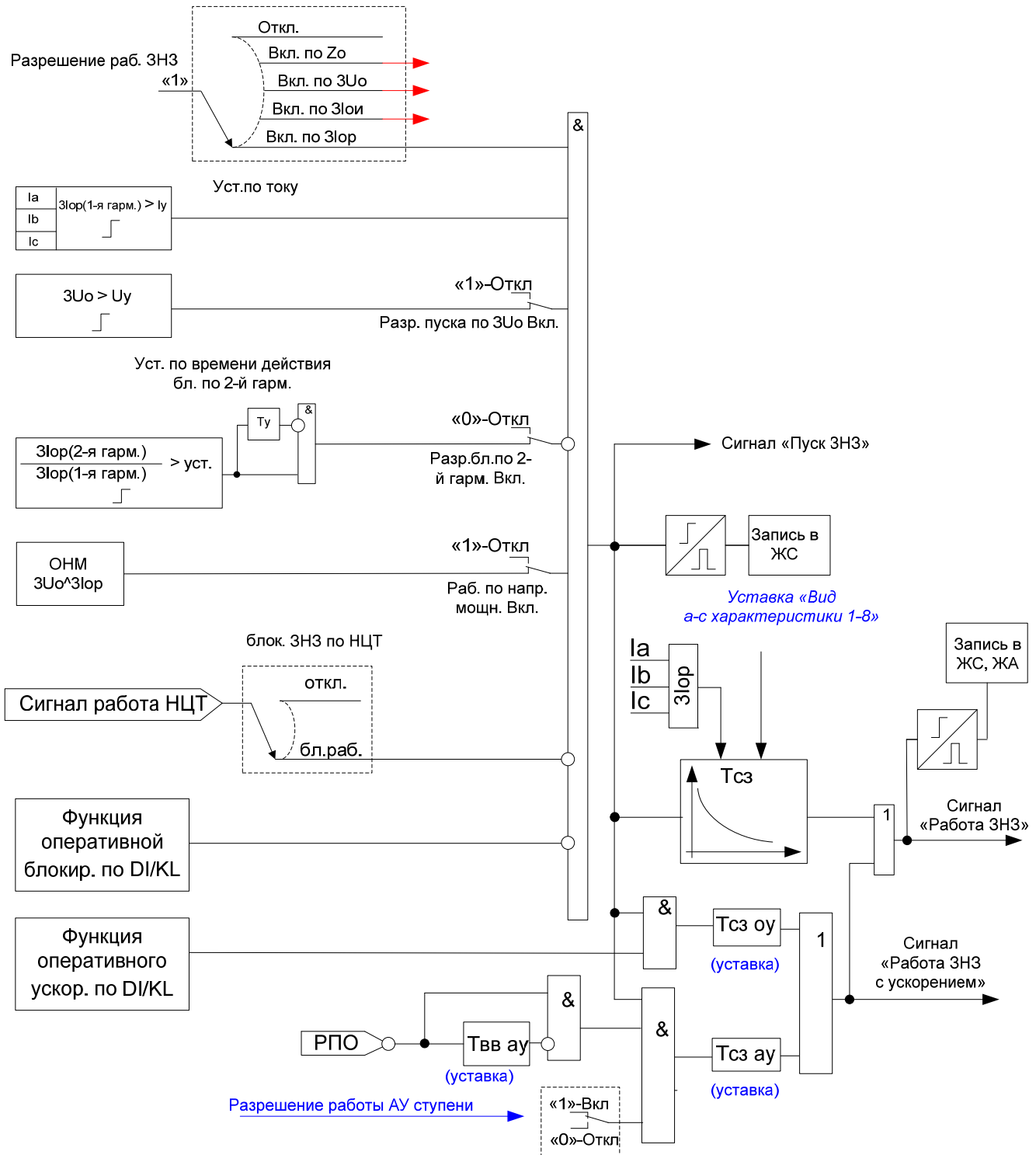


Рисунок 28 – Общая структура функциональной схемы логики ЗНЗ для режима работы по расчетному току нулевой последовательности

В режиме работы ЗНЗ по расчетному току нулевой последовательности, защита реагирует на ток нулевой последовательности, который рассчитывается из фазных токов по формуле (2):

$$3I_{0\_p} = I_a + I_b + I_c, (2)$$

Дополнительно, в данном режиме работы для ЗНЗ, уставками может задаваться следующие дополнительные опции:

- работа по направлению мощности нулевой последовательности (если значение тока нулевой последовательности  $3I_{0\_p}$  меньше 0,01 А или значение напряжения нулевой последовательности меньше  $0,05U_n$ , тогда определение угла считается невозможным, работа ступени или блокируется, или переводится в токовую ненаправленную (задается уставкой).

- работа с пуском по напряжению нулевой последовательности;
- с контролем НЦТ:
- работа с блокировкой по уровню второй гармоники (при превышении заданного в уставках уровня второй гармоники по отношению к первой (расчетного тока нулевой последовательности) на время ввода блокировки ступень ЗНЗ блокируется. Возврат блокировки по второй гармонике либо по факту снижения уровня второй гармоники, либо по завершению времени блокировки);
- с оперативной блокировкой и ускорением.

Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 29).

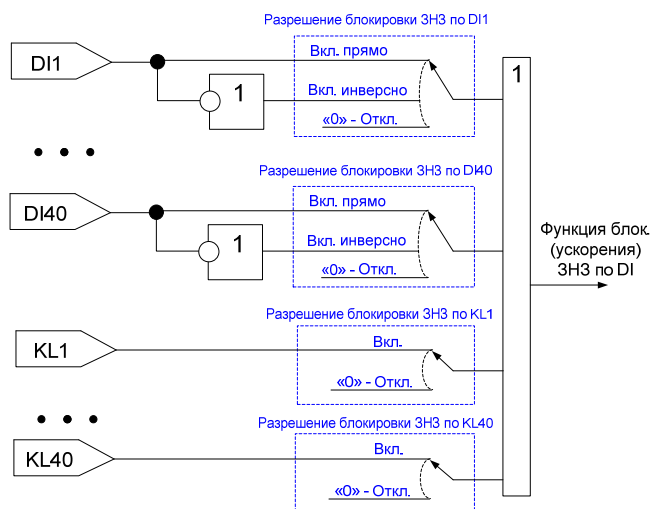


Рисунок 29 – Алгоритм формирования сигналов блокировки (ускорения) ЗНЗ по дискретным входам и логическим выходам реле

Для направленных защит ЗНЗ во всех режимах введен гистерезис по углу на концах зоны срабатывания с уставкой в диапазоне от 0 до 10 градусов (с шагом 1 градус). Задаваемая уставка по гистерезису говорит о том, что для выхода из зоны срабатывания нужно угол повернуть на заданное уставкой по гистерезису значение градусов больше как с одной, так и с другой стороны в сторону зоны несрабатывания).

При работе ЗНЗ по  $3I_{0p}$  защита может быть заблокирована при срабатывании функции контроля неисправности цепей тока НЦТ.

В данном режиме защита может работать с независимой или с времятоковой характеристикой по времени срабатывания. Времятоковая характеристика рассчитывается по расчетному току нулевой последовательности.

### 4.2.2 Режим работы ЗНЗ по измеренному току нулевой последовательности

Функциональная схема логики ЗНЗ для режима работы по измеренному току нулевой последовательности представлена на (Рисунок 30).

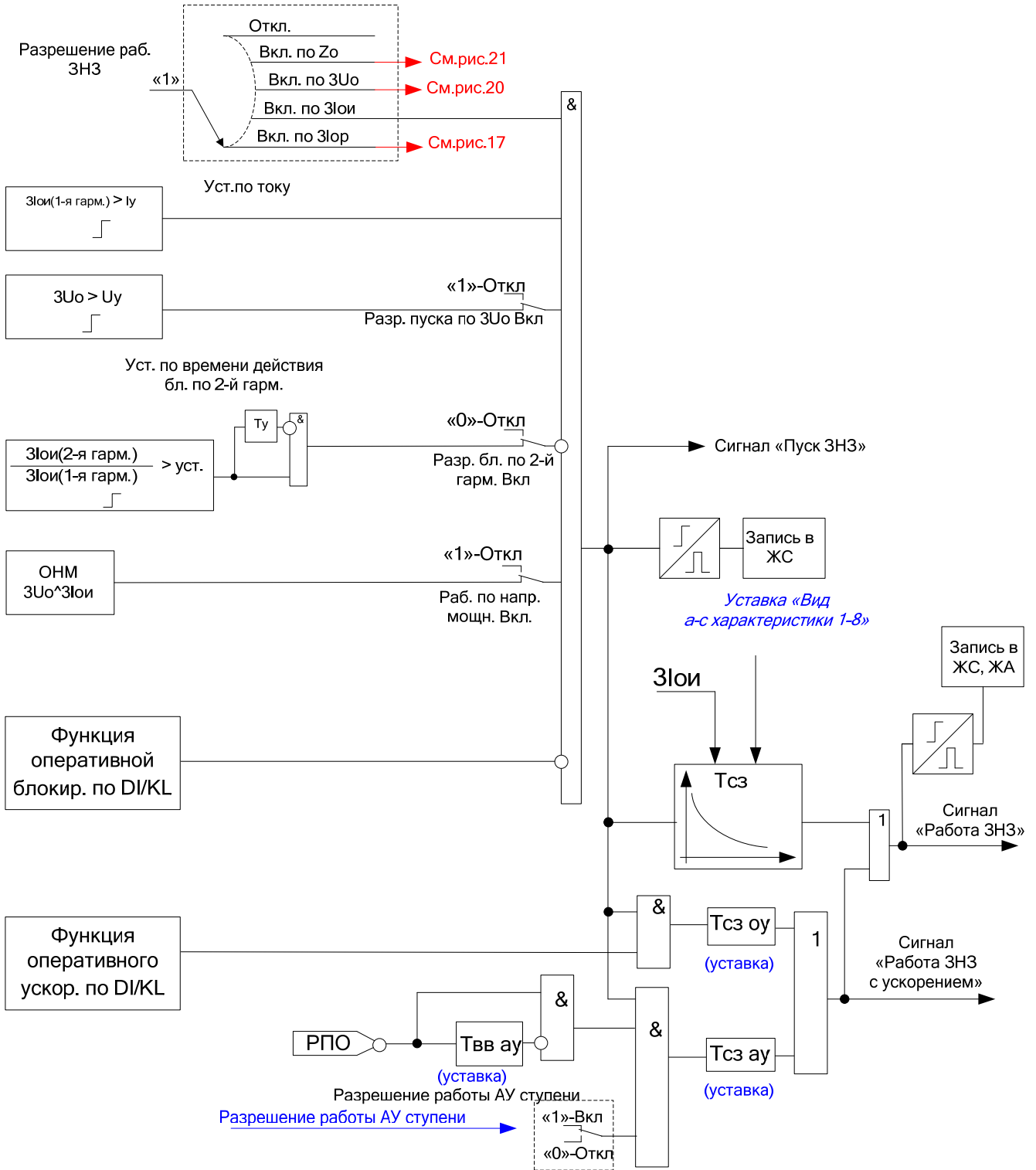


Рисунок 30 – Общая структура функциональной схемы логики ЗНЗ для режима работы по измеренному току нулевой последовательности

В режиме работы ЗНЗ по измеренному току нулевой последовательности, защита реагирует на измеренный ток нулевой последовательности.

Дополнительно, в данном режиме работы для ЗНЗ, уставками может задаваться следующие дополнительные опции:

➤ работа по направлению мощности нулевой последовательности (если значение тока нулевой последовательности  $3I_{0н}$  меньше  $0,002\text{ А}$  или значение напряжения нулевой последовательности меньше  $0,05U_n$ , тогда определение угла считается невозможным, работа ступени или блокируется, или переводится в токовую ненаправленную (задается уставкой).

➤ работа с пуском по напряжению нулевой последовательности;

➤ работа с блокировкой по уровню второй гармоники (при превышении заданного в уставках уровня второй гармоники по отношению к первой (измеренного тока нулевой последовательности) на время ввода блокировки ступень ЗНЗ блокируется. Возврат блокировки по второй гармонике либо по факту снижения уровня второй гармоники, либо по завершению времени блокировки);

➤ с оперативной блокировкой и ускорением. Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 29).

Для направленных защит ЗНЗ во всех режимах введен гистерезис по углу на концах зоны срабатывания с уставкой в диапазоне от 0 до 10 градусов (с шагом 1 градус). Задаваемая уставка по гистерезису говорит о том, что для выхода из зоны срабатывания нужно угол повернуть на заданное уставкой по гистерезису значение градусов больше как с одной, так и с другой стороны в сторону зоны несрабатывания.

В данном режиме защита может работать с независимой или с времятоковой характеристикой по времени срабатывания. Времятоковая характеристика рассчитывается по измеренному току нулевой последовательности.

#### **4.2.3 Режим работы ЗНЗ по напряжению нулевой последовательности**

Функциональная схема логики ЗНЗ для режима работы по напряжению нулевой последовательности представлена на (Рисунок 31).



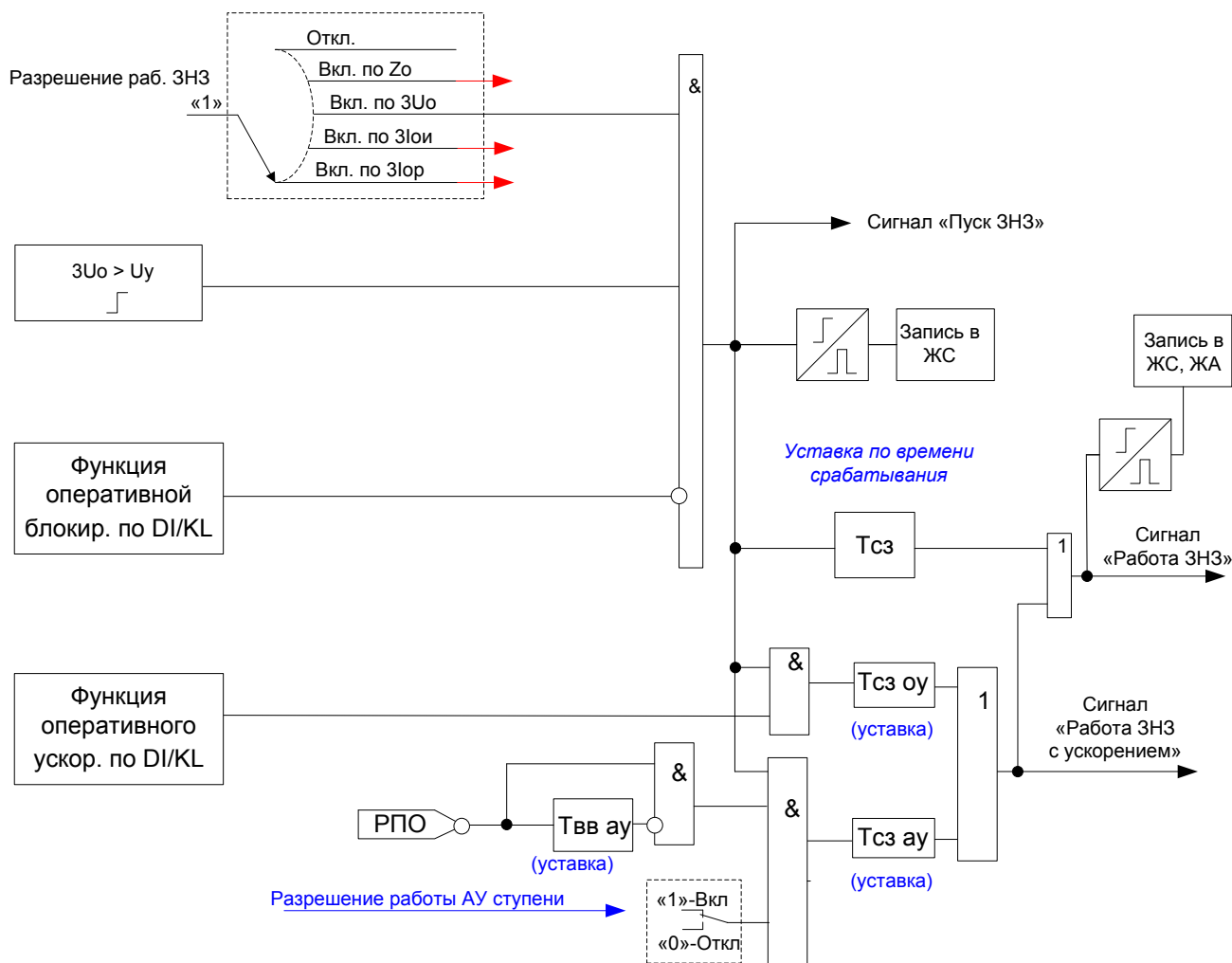


Рисунок 31 – Общая структура функциональной схемы логики ЗНЗ для режима работы по напряжению нулевой последовательности

В режиме работы ЗНЗ по напряжению нулевой последовательности, защита реагирует на измеренное напряжение нулевой последовательности.

Дополнительно, в данном режиме работы для ЗНЗ, уставками может задаваться следующие дополнительные опции:

- с оперативной блокировкой и ускорением. Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 29).

В данном режиме защита может работать только с независимой характеристикой по времени срабатывания.

### 4.2.4 Режим работы ЗНЗ по сопротивлению нулевой последовательности

Функциональная схема логики ЗНЗ для режима работы по сопротивлению нулевой последовательности представлена на (Рисунок 32).

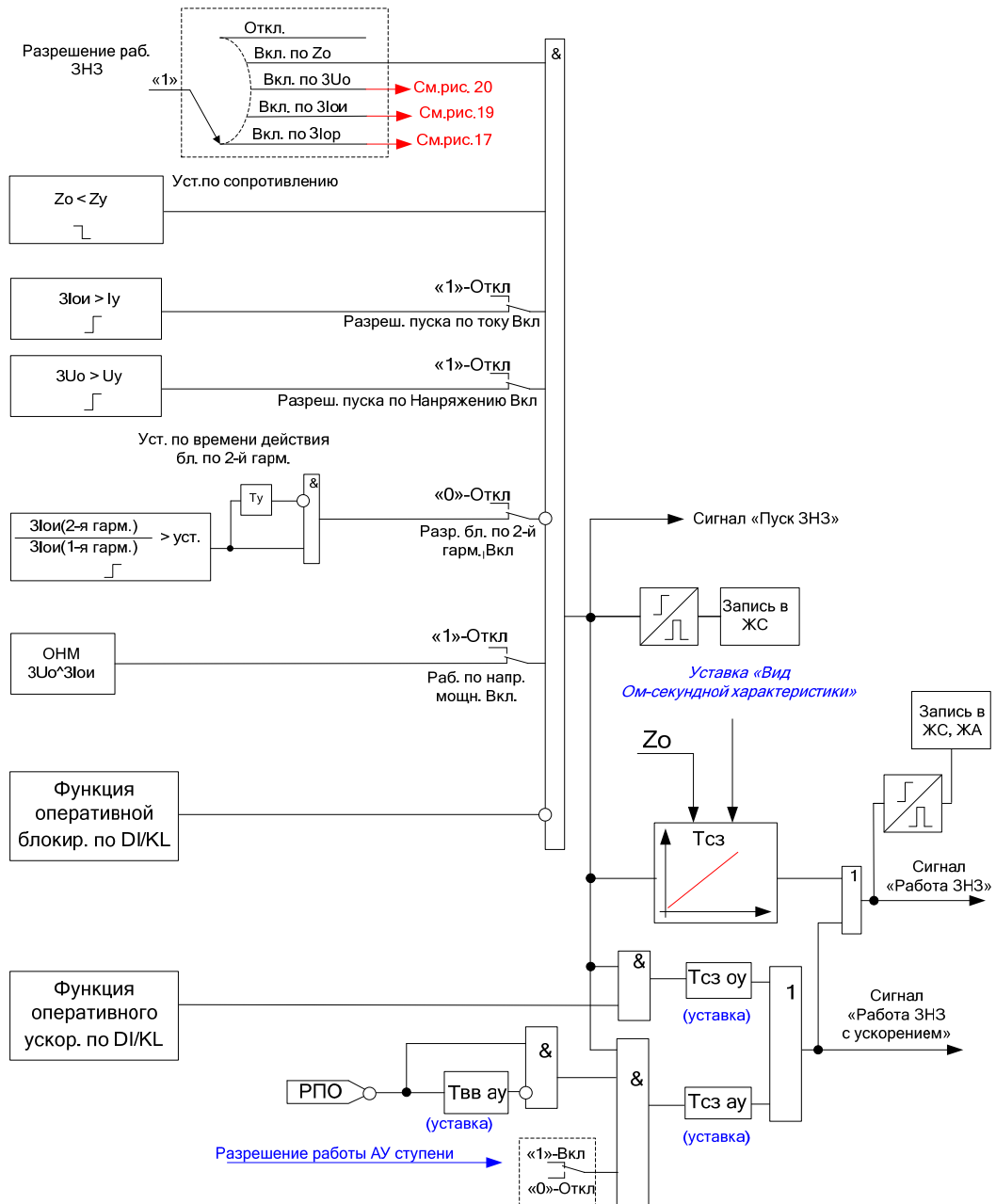


Рисунок 32 – Общая структура функциональной схемы логики ЗНЗ для режима работы по сопротивлению нулевой последовательности

В режиме работы ЗНЗ по сопротивлению нулевой последовательности, защита реагирует на измеренный ток нулевой последовательности.

Дополнительно, в данном режиме работы для ЗНЗ, уставками может задаваться следующие дополнительные опции:

➤ работа по направлению мощности нулевой последовательности (если значение тока нулевой последовательности  $3I_{0\_и}$  меньше 0,002 А или значение напряжения нулевой последовательности меньше  $0,05U_n$ , тогда определение угла считается невозможным, работа ступени или блокируется, или переводится в токовую ненаправленную (задается уставкой).

➤ работа с пуском по напряжению нулевой последовательности;

➤ работа с блокировкой по уровню второй гармоники (при превышении заданного в уставках уровня второй гармоники по отношению к первой (измеренного тока нулевой последовательности) на время ввода блокировки ступень ЗНЗ блокируется. Возврат блокировки по второй гармонике либо по факту снижения уровня второй гармоники, либо по завершению времени блокировки);

➤ с оперативной блокировкой и ускорением. Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 29).

➤ Для направленных защит ЗНЗ во всех режимах введен гистерезис по углу на концах зоны срабатывания с уставкой в диапазоне от 0 до 10 градусов (с шагом 1 градус). Задаваемая уставка по гистерезису говорит о том, что для выхода из зоны срабатывания нужно угол повернуть на заданное уставкой по гистерезису значение градусов больше как с одной, так и с другой стороны в сторону зоны несрабатывания.

В данном режиме защита может работать с независимой или с линейно-зависимой Ом-секундной характеристикой по времени срабатывания. Ом-секундная характеристика рассчитывается по формуле (3):

$$T_{cp} = T_y * Z_0 / Z_y, \quad (3)$$

#### 4.3 Защита от замыкания на землю по сумме высших гармоник ЗНЗ ВГ

ЗНЗ ВГ работает по сумме действующих значений гармоник №2...№9 измеренного тока нулевой последовательности и может иметь зависимую или независимую от суммы высших гармоник времятоковую характеристику и пуск по напряжению нулевой последовательности. Устройство содержит две ступени ЗНЗ ВГ, каждая ступень имеет одинаковый набор уставок.

Защита обеспечивает селективную работу в сетях с компенсированной нейтралью, независимо от режима компенсации (перекомпенсация, недокомпенсация). Использование обратозависимой ампер-секундной характеристики от суммы высших гармоник обеспечивает минимальное время срабатывания на поврежденной линии, отличающейся максимальным среди всех электрически связанных линий уровнем высших гармоник. Этим обеспечивается селективность действия защиты при работе на отключение. При работе на сигнал, следует организовать блокировку ЗНЗ ВГ всех линий при ее срабатывании на любой из линий, чем обеспечивается селективность действия защиты.

Время срабатывания ЗНЗ ВГ при скачкообразном увеличении тока от  $0,5I_y$  до  $3I_y$  – не более 0,035 с. Время возврата ЗНЗ в при скачкообразном уменьшении тока от  $3I_y$  до  $0,1I_y$  – не более 0,05 с.

По результатам работы ЗНЗ ВГ формируются сигналы: «Запуск ЗНЗ ВГ», «Работа ЗНЗ ВГ», «Работа ЗНЗ ВГ с ускорением». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды или ДФ.

Для обеспечения уверенной работы устройства при дуговых перемежающихся замыканиях на землю предусмотрена задержка на возврат пускового органа ступени на время, задаваемое уставкой, в диапазоне  $0 \div 1$  с с дискретностью 10 мс.

Конфигурация ЗНЗ ВГ представлена в (Таблица 8)

Таблица 8 – Конфигурация ЗНЗ ВГ

Название уставки или параметра	Диапазон
Блокировка ЗНЗ ВГ 1...2 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка ЗНЗ ВГ 1...2 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Ускорение ЗНЗ ВГ 1...2 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Ускорение ЗНЗ ВГ 1...2 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Назначение РПО (для работы автоматического ускорения по инверсному значению РПО)	Откл., $DII \dots 40$ прямо, $DII \dots 40$ инверсно

Уставки ЗНЗ ВГ представлены в (Таблица 9)

Таблица 9 – Уставки ЗНЗ ВГ

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ступени	Откл., Вкл.
Тип временной характеристики	Независимая, Зависимая
Разрешение фиксации работы до возврата пуска по напряжению	Откл., Вкл.
Разрешение работы автоматического ускорения	Откл., Вкл.
Уставка пуска по сумме $3I_o$ _вг, Сум $3I_o$ _вг	от 0,002 до 1 А с шагом 0.001 А.
Уставка по напряжению $3U_o$	от 2,0 до 100 В с шагом 0,01 В
Уставка по времени срабатывания, Тз	от 0 до 100 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени ввода автоматического ускорения, Тввау	от 0 до 60 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени срабатывания с автоматическим ускорением, Тзау	от 0 до 1 с с шагом 0,01 с
Уставка по времени срабатывания с оперативным ускорением, Тзоу	от 0 до 60 с с шагом 0,01 с
Выбор уставки по времени задержки на возврат пускового органа (Твозвр)	0...1 с, с шагом 0,01 с

Функциональная схема логики ЗНЗ ВГ представлена на (Рисунок 33).

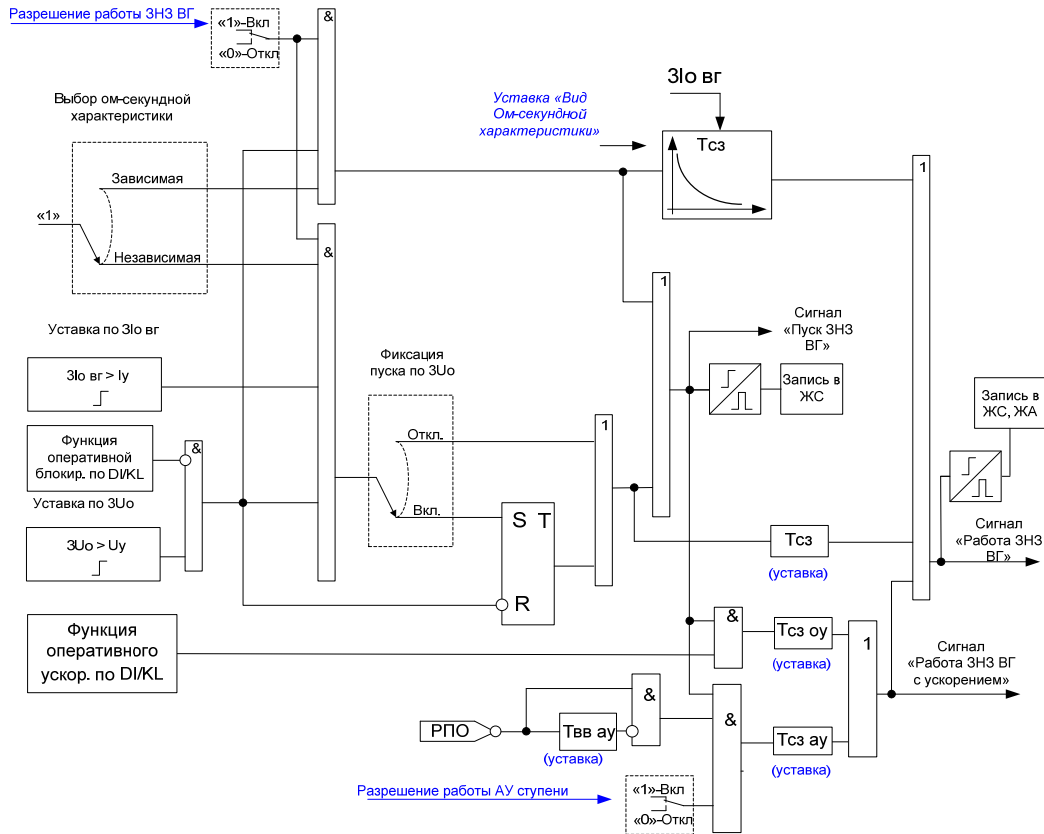


Рисунок 33 – Функциональная схема логики 3НЗ ВГ

3НЗ ВГ может работать с независимой характеристикой по времени срабатывания и с обратно-зависимой характеристикой.

Для независимой характеристики по времени срабатывания сигнал пуска формируется при условии превышения уставки по сумме высших гармоник по току и при превышении уставки по напряжению. При этом для независимой характеристики, после выполнения условия пуска, есть возможность удержать сигнал пуска только по напряжению (данная опция задается уставкой). Уставка по времени срабатывания независимая характеристика, время которой задается уставкой.

Для зависимой характеристики по времени срабатывания сигнал пуска формируется только при условии превышения уставки по напряжению и не зависит от срабатывания пускового органа по сумме высших гармоник тока  $3I_{овг}$ . Соотношение уставки по сумме высших гармоник тока  $3I_{овг\_у}$  и измеренного устройством тока  $3I_{овг}$  влияет только на время действия защиты. Время срабатывания при зависимой характеристике рассчитывается по формуле: (4):

$$T_{ср} = T_y * 3I_{овг\_y} / 3I_{овг}, (4)$$

Дополнительно, для данной защиты возможна работа с оперативной блокировкой и ускорением. Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 34).

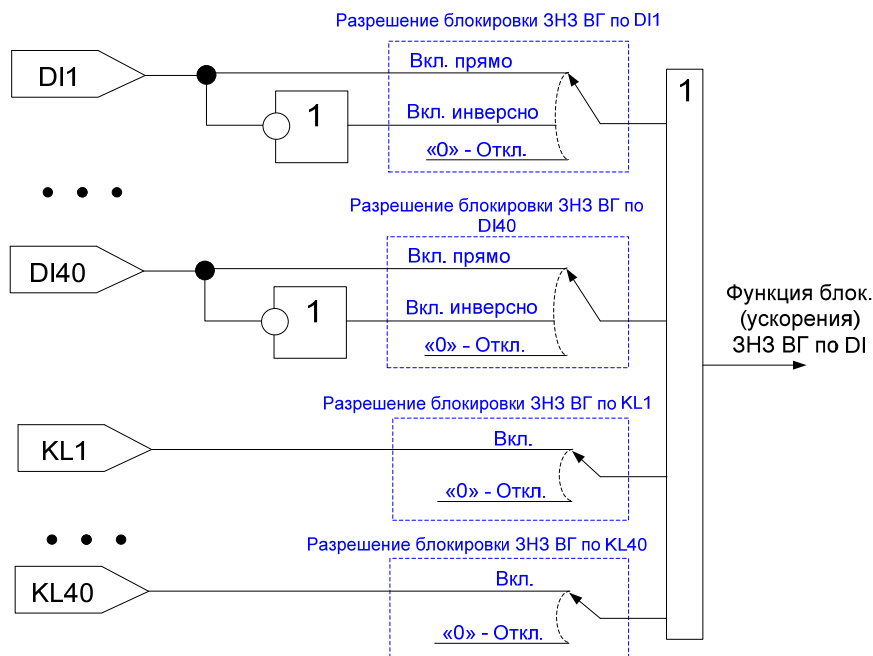


Рисунок 34 – Алгоритм формирования сигналов блокировки (ускорения) ЗНЗ по дискретным входам и логическим выходам реле

#### 4.4 Защита по току обратной последовательности ОБР

ОБР работает или по току обратной последовательности, или по отношению тока обратной к току прямой последовательности. Устройство содержит две ступени ОБР, каждая ступень имеет одинаковый набор уставок.

Время срабатывания ОБР при скачкообразном увеличении тока от  $0,5I_y$  до  $3I_y$  – не более 0,035 с. Время возврата ОБР в при скачкообразном уменьшении тока от  $3I_y$  до  $0,1I_y$  – не более 0,05 с.

По результатам работы ОБР формируются сигналы: «Запуск ОБР», «Работа ОБР», «Работа ОБР с ускорением». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды или ДФ.

Для обеспечения уверенной работы устройства при дуговых коротких замыканиях предусмотрена задержка на возврат пускового органа ступени на время, задаваемое уставкой, в диапазоне  $0 \div 1$  с дискретностью 10 мс.

Коэффициент возврата по току обратной последовательности для каждой ступени отдельно можно регулировать уставкой. До появления сигнала работа ОБР коэффициент возврата ступени фиксированный – 0,95. После появления сигнала работа – коэффициент возврата по заданной уставке.

Конфигурация ОБР представлена в (Таблица 10)

Таблица 10 – Конфигурация ОБР

Название уставки или параметра	Диапазон
Блокировка ОБР 1...2 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка ОБР 1...2 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Ускорение ОБР 1...2 по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Ускорение ОБР 1...2 по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.
Назначение РПО (для работы автоматического ускорения по инверсному значению РПО)	Откл., $DII \dots 40$ прямо, $DII \dots 40$ инверсно

Уставки ОБР представлены в (Таблица 11)

Таблица 11 – Уставки ОБР

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ступени	Откл., Вкл., работа $I2$ , работа $I2/II$
Уставка по времени срабатывания, Тз	от 0 до 300 с, с шагом 0,01 с
Уставка по отношению токов $I2/II$	от 0,02 до 1, с шагом 0,01
Уставка по току $I2$	от 0,2 до 20 А, с шагом 0,01 А
Коэффициент возврата, Квозв. после сраб. выход. органа.	от 0,4 до 0,95, с шагом 0,01
Тип времятоковой характеристики, ВТХ	Независимая, Норм. инвер.,



Название уставки или параметра	Диапазон
	Сильно инверс., Чрезвыч.инверс. Крутая, Пологая, Тепл.без памяти, Тепл.част.пам.
Уставка по времени ввода автоматического ускорения, Тввау	Диапазон от 0,5 до 2 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени срабатывания с автоматическим ускорением, Тзау	Диапазон от 0 до 1 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени срабатывания с оперативным ускорением, Тзоу	Диапазон от 0 до 60 с, с шагом 0,01 с
Выбор уставки по по времени задержки на возврат пускового органа (Твозвр)	0...1 с, с шагом 0,01 с

Функциональная схема логики ОБР представлена на (Рисунок 35).

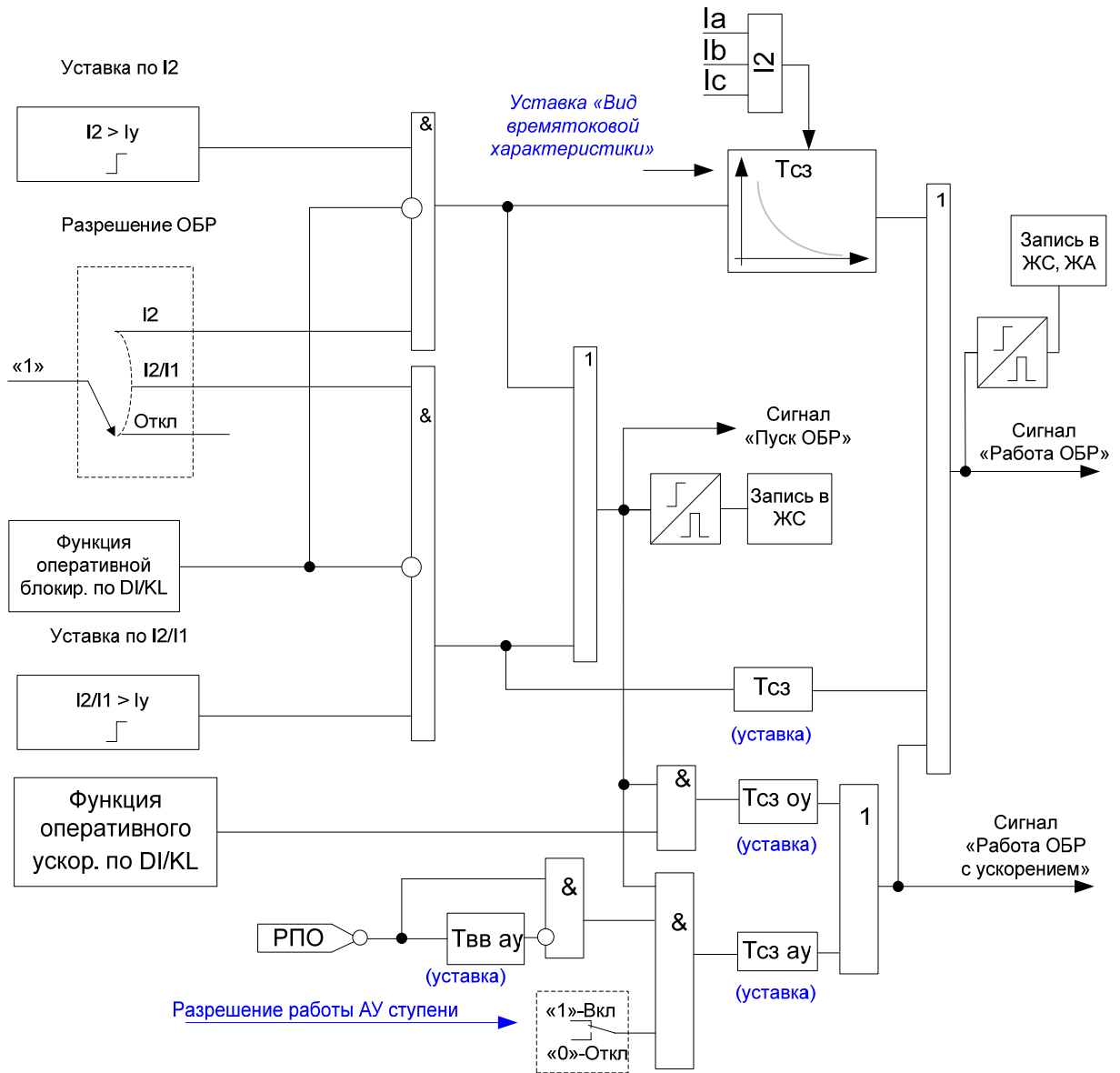


Рисунок 35 – Функциональная схема логики ОБР

ОБР может работать с независимой характеристикой по времени срабатывания при работе по отношению обратной и прямой последовательности и с зависимой и независимой времятоковой характеристикой при работе по току обратной последовательности.

Дополнительно, для данной защиты возможна работа с оперативной блокировкой и ускорением. Блок схема оперативной блокировкой или ускорения показана на (Рисунок 36).

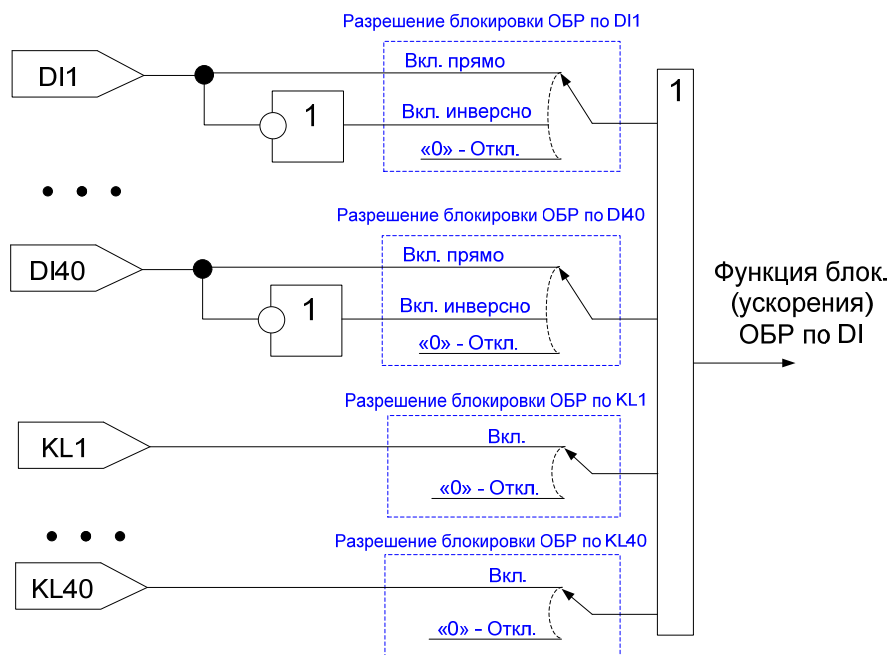


Рисунок 36 – Алгоритм формирования сигналов блокировки (ускорения) ОБР по дискретным входам и логическим выходам реле

#### 4.5 Логическая защита шин (ЛЗШ)

Устройство содержит одну ступень ЛЗШ.

ЛЗШ организуется на питающих присоединениях (вводах) секции шин с использованием функции ЛЗШ, блокируемой по дискретному входу сигналами пуска защит всех питаемых от секции шин присоединений.

Время срабатывания ЛЗШ при скачкообразном увеличении тока, соответствующего  $0,5I_y$  до тока, соответствующего  $3I_y$  – не более 0,035 с.

Время возврата ЛЗШ при скачкообразном уменьшении тока, соответствующего  $3I_y$  до тока, соответствующего  $0,1I_y$  – не более 0,050 с.

По результатам работы ЛЗШ могут быть сформированы сигналы: «Пуск ЛЗШ», «Работа ЛЗШ», «Работа ЛЗШ с ускорением». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды или дополнительные функции (Дф).

ЛЗШ может работать по фазным либо по линейным токам (определяется уставкой меню 122).

Функциональная схема алгоритма ЛЗШ по току приведена на (Рисунок 37).

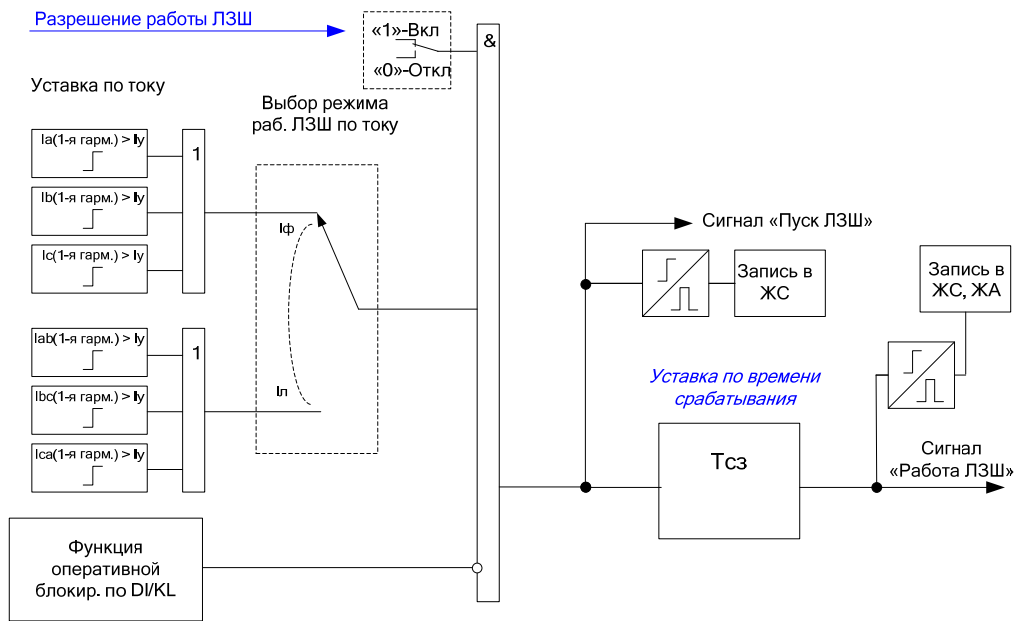


Рисунок 37 – Общая структура функциональной схемы логики ЛЗШ

Коэффициент возврата для каждой ступени отдельно можно регулировать уставкой. До появления сигнала работа ЛЗШ коэффициент возврата ступени фиксированный – 0,95. После появления сигнала работа ЛЗШ – коэффициент возврата по заданной уставке.

Конфигурация ЛЗШ представлена в (Таблица 12).

Таблица 12 – Конфигурация ЛЗШ

Название уставкиили параметра	Диапазон
Блокировка ЛЗШ по $DII \dots 40$	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка ЛЗШ по одному из $KLI \dots 40$	Вкл., Откл.

Уставки ЛЗШ представлены в (Таблица 13).

Таблица 13 – Уставки ЛЗШ

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ступени	Откл., Вкл.
Режим работы по току	работа по току $I_\phi$ , работа по току $I_d$
Уставка по току, $I$	от 0,1 до 125 А, с шагом 0,01 А
Коэффициент возврата, Кв. после сраб. выход. органа	от 0,4 до 0,95 Гц с шагом 0,01
Уставка по времени срабатывания, $T_3$ .	от 0 до 1 с, с шагом 0,01 с

Сигналы блокировка (ускорение) по *DI* и *KL* формируются по логике «ИЛИ» из всех входов и выходов, назначенных на блокировку (ускорение). Алгоритм формирования сигналов блокировка (ускорение) по *DI* и *KL* представлен на (Рисунок 38).

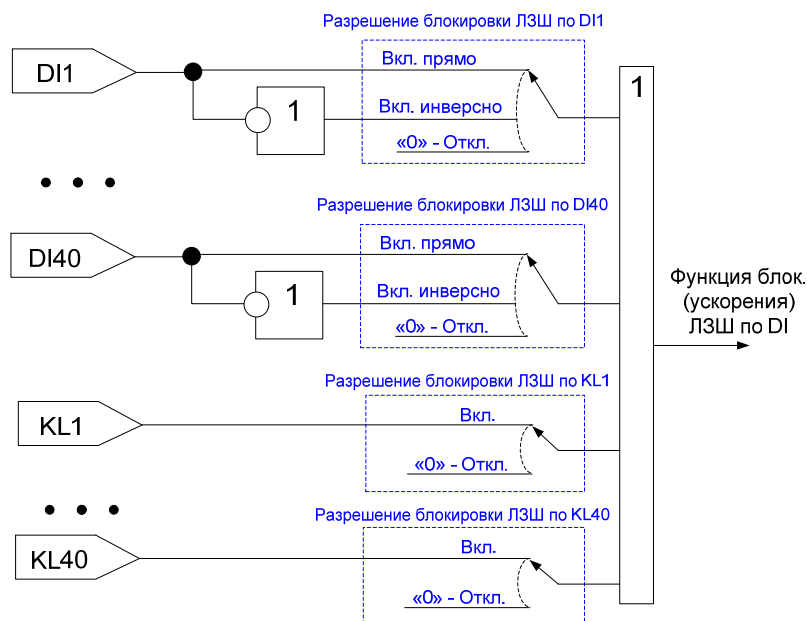


Рисунок 38 – Алгоритм формирования сигналов блокировки (ускорения) ЛЗШ по дискретным входам и логическим выходам реле

#### 4.6 Функция резервирования отказа выключателя (УРОВ)

В устройстве предусмотрено две степени УРОВ. Две степени предусмотрены для того, чтобы была возможность использовать одну степень (со своими уставками) в одну сторону линии с двусторонним питанием, а вторую степень (со своими уставками) в другую сторону линии.

Вынуждающим сигналом для пуска УРОВ могут быть защиты МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, Дф1...8. Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск УРОВ назначены защиты МТЗ 1...5, ЗНЗ 1... 4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2 то вынуждающий сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа» или «Работа с ускорением». Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АПВ назначены Дф1...8, то сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа».

Дополнительно, УРОВ может контролировать наличие тока и не отключение выключателя по положению блок-контактов выключателя БКВ (отсутствию сигнала РПО). Оба условия, при разрешении их работы, включаются в схему УРОВ по логике «И».

Если условия по току и положению выключателя отключены, то они не учитываются в логике УРОВ.

На (Рисунок 39) приведена блок схема алгоритма работы УРОВ.

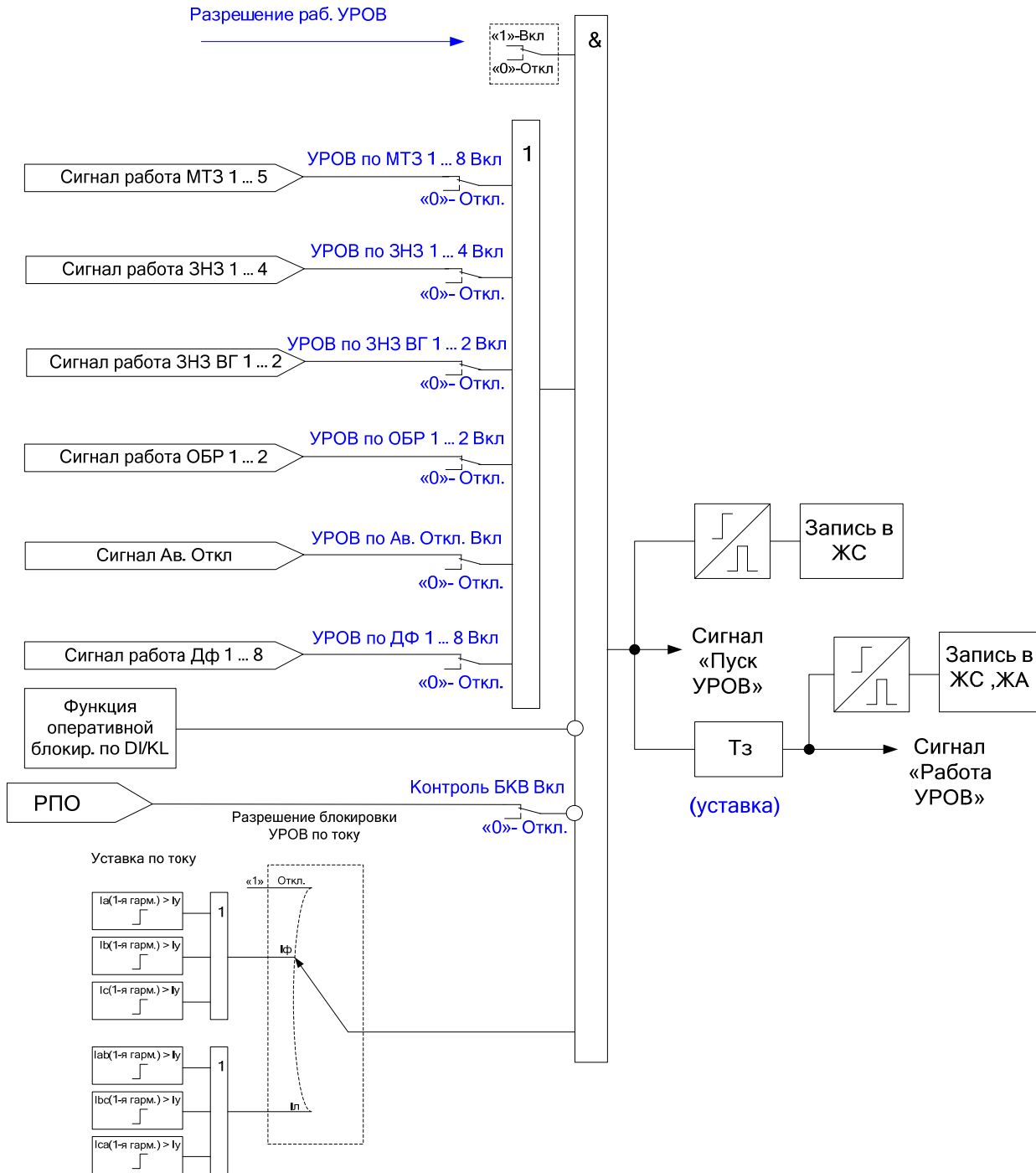


Рисунок 39 – Блок схема алгоритма УРОВ

Сигналы блокировка по *DI* и *KL* формируются по логике «ИЛИ» из всех входов и выходов, назначенных на блокировку.

Алгоритм формирования сигналов блокировка по *DI* и *KL* представлен на (Рисунок 40).

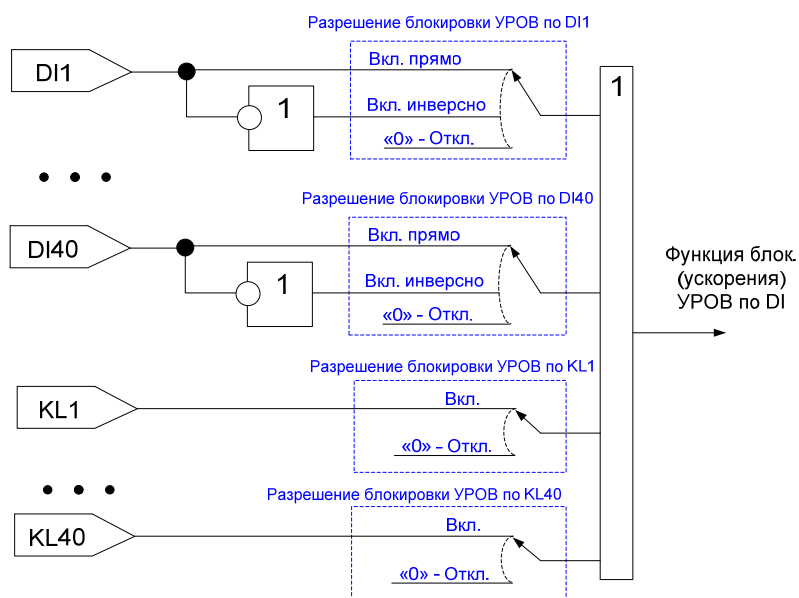


Рисунок 40 – Алгоритм формирования сигналов блокировки УРОВ по дискретным входам и логическим выходам реле

Если УРОВ разрешен, то по факту появления условия пуска запускается таймер УРОВ. После завершения отсчета таймера УРОВ формируется сигнал «Работа УРОВ 1(2)». Снимается сигнал «Работа УРОВ 1(2)» по факту снятия условия пуска. Т.к. в устройстве имеются две ступени УРОВ, то могут быть сформированы два сигнала «Работа УРОВ 1» (первая ступень) и «Работа УРОВ 2» (вторая ступень). Данный сигнал может быть назначен на выходные реле или светодиоды.

В (Таблица 14) представлены уставки функции УРОВ.

Таблица 14 – Уставки функции УРОВ

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение пуска по току	Откл., включить по $I_L$ , включить по $I_\phi$
Контроль БКВ (блок контактам выкл. по РПО)	Откл., Вкл.
Разрешение пуска по аварийному отключению	Откл., Вкл.
Уставка по току, Iуров	от 0,1 до 125 А, с шагом 0,01 А
Коэффициент возврата по току	от 0,4 до 0,95, с шагом 0,01
Уставка по времени, Тграб.	от 0,2 до 1 с, с шагом 1 с

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение пуска по факту работы Д. ф.	Откл., Вкл. Дф1...Дф8
Разрешение пуска УРОВ по факту работы МТЗ	Откл., Вкл. МТЗ 1...5
Разрешение пуска УРОВ по факту работы ЗНЗ	Откл., Вкл. ЗНЗ 1...4
Разрешение пуска УРОВ по факту работы ЗНЗ ВГ	Откл., Вкл. ЗНЗ ВГ 1...2
Разрешение пуска УРОВ по факту работы ОБР	Откл., Вкл. ОБР 1...2

#### 4.7 Определение неисправности цепей тока (НЦТ)

В устройстве предусмотрен контроль цепей тока.

Функция НЦТ срабатывает, если выполняется условие

$$|3I_{0p} - 3I_{0и} (n_{тт0}/ n_{тт})| / I_{ф \max} \geq 0.2,$$

где  $3I_{0p}$  – расчетный ток нулевой последовательности;  $3I_{0и}$  – измеренный ток нулевой последовательности;  $n_{тт0}$  – коэффициент трансформации ТТ нулевой последовательности;  $n_{тт}$  – коэффициент трансформации фазных ТТ;  $I_{ф \max}$  – максимальный фазный ток.

Функция НЦТ блокируется, если  $3I_{0и} \geq 5A$ ;  $I_{ф \max} \leq 0,05A$ .

Блокировка необходима при выходе за диапазон преобразования величины  $3I_{0и}$  или при отсутствии фазных токов (для предотвращения неопределенности 0/0 при проверке условия 1). Уставка по времени срабатывания НЦТ 0 – 300 с, шаг 0,01 с.

Блок-схема функции НЦТ представлена на Рисунок 41.

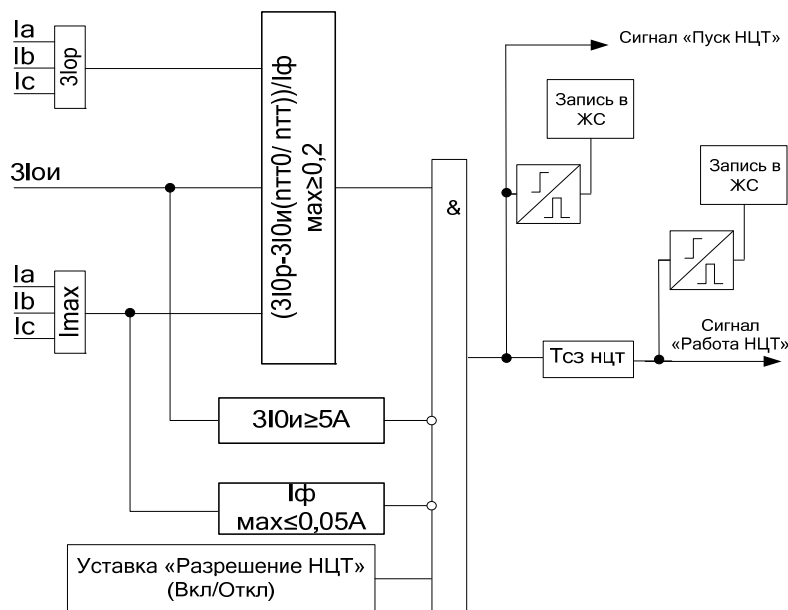


Рисунок 41 – Блок-схема функции НЦТ



По результатам работы НЦТ формируются сигналы «Пуск НЦТ» и «Работа НЦТ». Сигнал «Пуск НЦТ» может быть назначен на срабатывание реле и светодиодов. Сигнал «Работа НЦТ» может быть назначен на срабатывание реле и светодиодов, на входы ДФ, на блокировку ЗНЗ по  $3I_{0p}$  (Вкл/Откл).

#### 4.8 Автоматическая частотная разгрузка и автоматическое частотное АПВ по дискретному входу (АЧР/ЧАПВ)

В устройстве предусмотрено одна ступень АЧР/ЧАПВ по дискретному входу.

АЧР/ЧАПВ работает по дискретному входу, который назначается из меню.

По факту появления «логической единицы» выдается сигнал «Работа АЧР 1(2)».

Снимается сигнал по факту снятия «логической единицы» с дискретного входа.

В устройстве реализованы два алгоритма работы ЧАПВ:

- с пуском по факту снятия сигнала АЧР;
- с пуском по отдельному дискретному входу, который задается из меню.

Работа ЧАПВ может блокироваться по дискретным входам, по логическим выходам выходных реле, по сигналу неисправность цепей электромагнитов включения отключения, по факту присутствия тока выше допустимого. Если появляется любое из условий блокировки, то независимо от того на каком этапе находится, то алгоритм ЧАПВ блокируется и все таймеры сбрасываются.

Алгоритм формирования сигналов блокировка ЧАПВ по *DI* и *KL* представлен на (Рисунок 42).

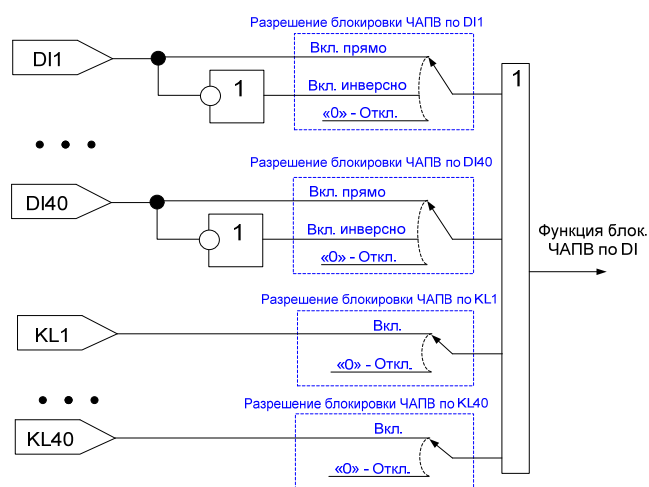


Рисунок 42 – Алгоритм формирования сигналов блокировки ЧАПВ по дискретным входам и логическим выходам реле

На (Рисунок 43) приведена блок схема алгоритма работы АЧР/ЧАПВ.

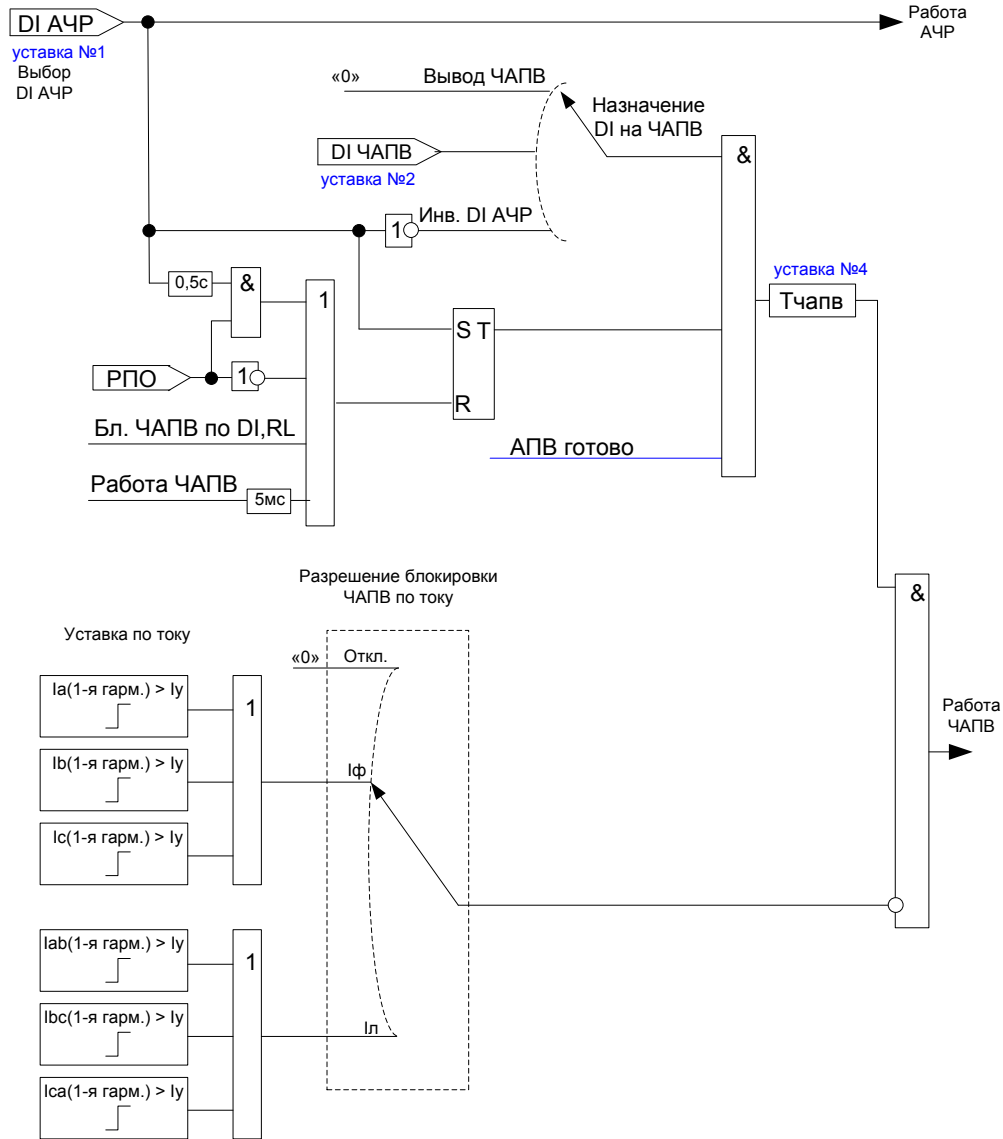


Рисунок 43 – Блок схема алгоритма АЧР/ЧАПВ по дискретным входам

По результатам работы ЧАПВ формируется сигнал «Работа ЧАПВ». Данный сигнал может быть назначен на выходные реле или светодиоды.

Если ЧАПВ разрешен, таймер готовности соответствующей ступени АПВ завершил отсчет, то по факту появления сигнала «Работа АЧР» запускается режим ожидания пуска ЧАПВ.

Сбрасывание режима ожидания пуска ЧАПВ происходит по факту:

- наличия сигнала блокировки;
- отсутствия отключения выключателя в течение 500 мс после появления сигнала «Работа АЧР»;

– через 5 мс после сигнала «Работа ЧАПВ 1(2)».

Если режим ожидания ЧАПВ запущен и приходит сигнал пуска ЧАПВ, то запускается отсчет таймера задержки ЧАПВ. Сигналом пуска ЧАПВ при назначении на вход ЧАПВ инверсии АЧР является снятие сигнала «логической единицы» с входа АЧР. Сигналом пуска ЧАПВ при назначении на вход ЧАПВ одного из дискретных входов является снятие сигнала «логической единицы» с входа АЧР и приход сигнала «логической единицы» на вход ЧАПВ.

Если таймер задержки ЧАПВ завершит отсчет и при этом не будет условия блокировки, то сформируется сигнал «Работа ЧАПВ 1(2)». Данный сигнал выдается в течение 5 мс. Если после сигнала «Работа ЧАПВ» выключатель включится и по факту прихода сигнала РПВ завершится отсчет таймера готовности, то в следующий раз АЧР/ЧАПВ отработает по заданному алгоритму. Если после сигнала «Работа ЧАПВ» выключатель не включится, то в следующий раз ЧАПВ начнет работу только после ручного включения выключателя и завершения отсчета таймера готовности.

При конфигурировании реле, назначенных на работу АПВ, необходимо учитывать время 5 мс на которое выдается сигнал «Работа ЧАПВ 1(2)». Если реле назначено в импульсном режиме, то оно отработает в течение времени, заданного для включения. Если реле будет в потенциальном режиме, то оно отработает в течение времени, заданного для задержки на отключение вынуждающего сигнала. При этом, если это время будет равно нулю, то реле не включится.

Для предотвращения многократных включений есть возможность завести сигнал «Работа ЧАПВ» на включение выключателя через функцию управления выключателем в которой реализован алгоритм блокировки от многократных включений.

Временные диаграммы работы АЧР/ЧАПВ представлены на (Рисунок 44) и (Рисунок 45).

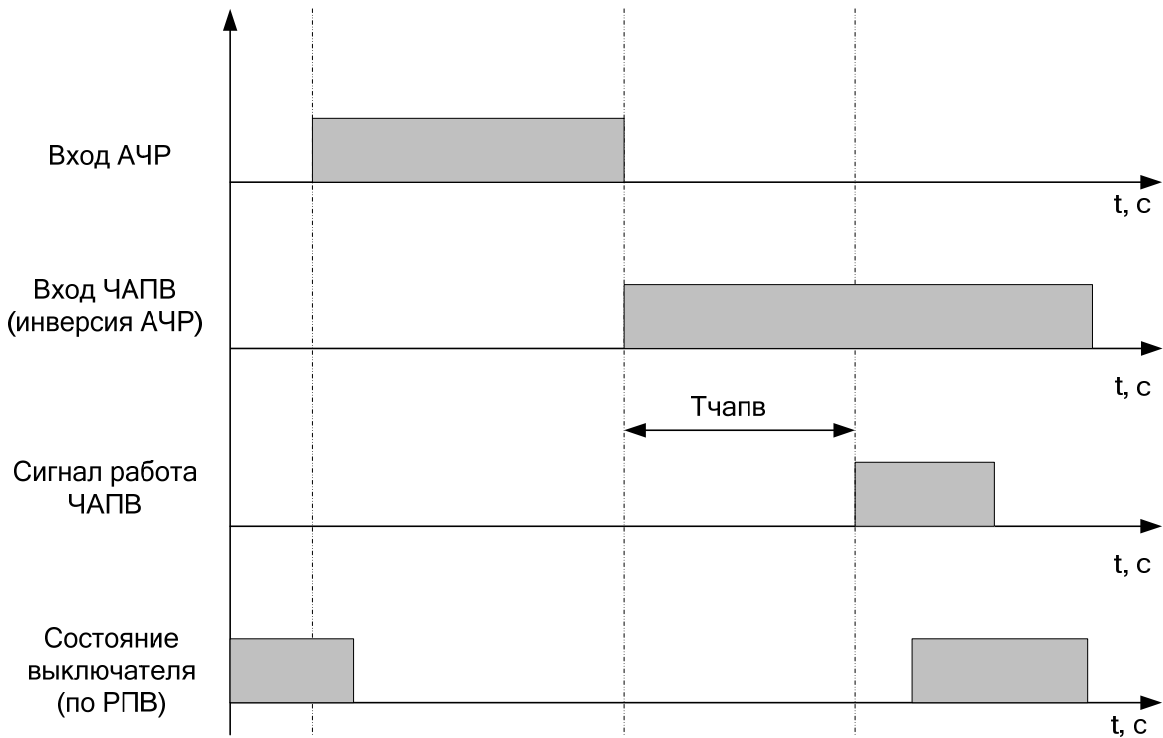


Рисунок 44 – Временная диаграмма работы АЧР/ЧАПВ при назначении на вход ЧАПВ инверсии АЧР

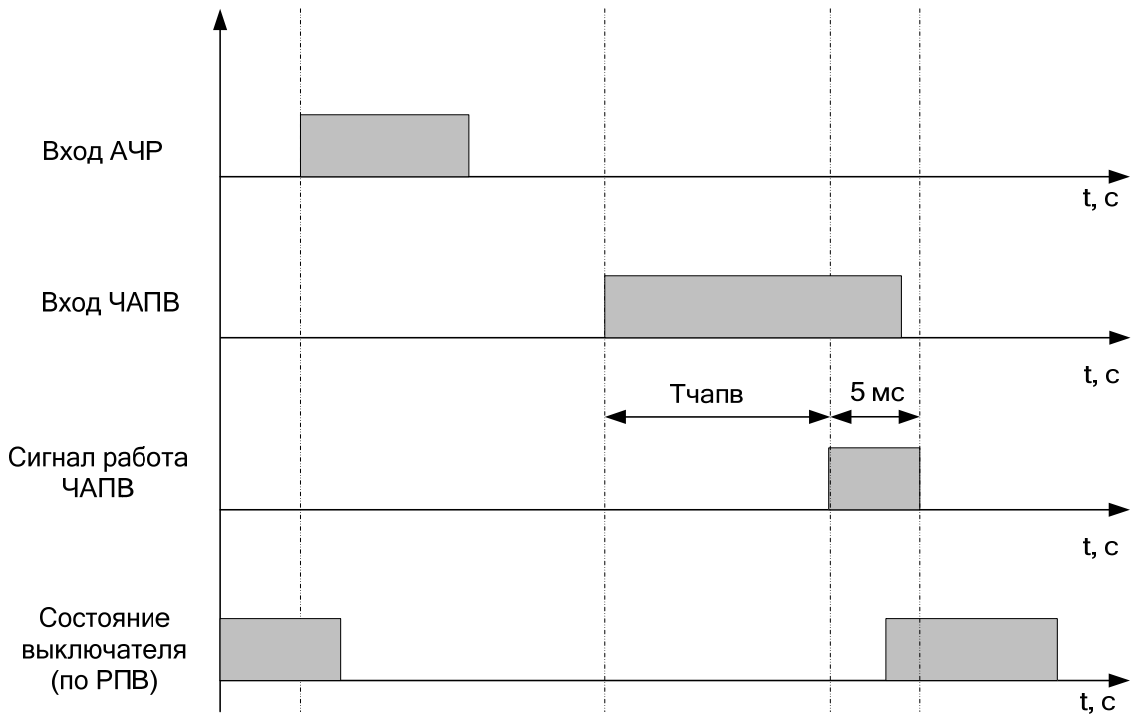


Рисунок 45 – Временная диаграмма работы АЧР/ЧАПВ при назначении на вход ЧАПВ одного из дискретных входов  $D11 \dots 40$

Конфигурация ЧАПВ представлена в (Таблица 15).

Таблица 15 – Конфигурация ЧАПВ

Название уставкиили параметра	Диапазон
Блокировка ЧАПВ 1...2 по <i>DII...40</i>	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка ЧАПВ 1...2 по одному из <i>KL1...40</i>	Вкл., Откл.
Назначение РПО	Откл., <i>DII...40</i> прямо, <i>DII...40</i> инверсно

Уставки АЧР/ЧАПВ представлены в (Таблица 16).

Таблица 16 – Уставки АЧР/ЧАПВ

Название уставки или параметра	Диапазон
Назначение одного дискретного входа на работу АЧР из списка	Откл., <i>DII...40</i>
Назначение одного дискретного входа на работу ЧАПВ из списка	Откл, Инв.АЧР, <i>DI01...40</i>
Ввод уставки по времени ЧАПВ, Тсраб.	от 1 до 25 с, с шагом 0,1 с
Разрешение блокировки по току	Вкл по <i>Iф</i> , Вкл по <i>Iл</i> или Откл.
Уставка по току блокировки	от 0,1 до 125 А, с шагом 0,01 А

#### 4.9 Автоматическое повторное включение (АПВ)

Устройство содержит одну ступень АПВ. АПВ может быть одно- или двукратным (далее по тексту первый цикл и второй цикл). Вынуждающим сигналом для запуска АПВ могут быть назначены защиты МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, Дф1...8, по аварийному отключению или пуск по несоответствию.

Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АПВ назначены защиты, то вынуждающий сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа защиты».

Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АПВ назначен пуск по несоответствию, то вынуждающий сигнал будет сформирован, если при наличии сигнала РПО, последним по времени из сигналов управления выключателем был сигнал

«Включение ВВ», а не «Отключение ВВ». Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АПВ назначен пуск по несоответствию, то пуск АПВ от защит блокируется.

Работа АПВ может блокироваться по дискретным входам, по логическим выходам выходных реле, по сигналу неисправность цепей электромагнитов включения отключения, по току. Если появляется любое из условий блокировки, то независимо от того на каком этапе находится, алгоритм АПВ блокируется и все таймеры сбрасываются. Алгоритм формирования сигналов блокировки АПВ по *DI* и *KL* представлен на (Рисунок 46).

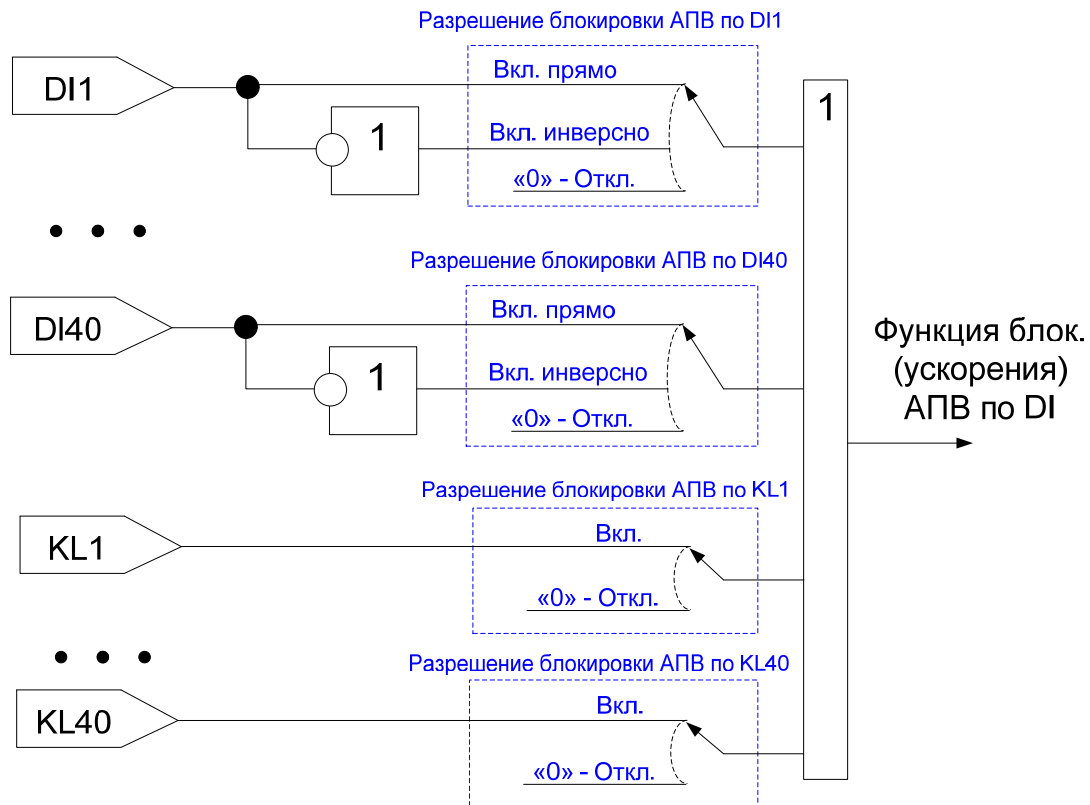


Рисунок 46 – Алгоритм формирования сигналов блокировки АПВ по дискретным входам и логическим выходам реле

По результатам работы первого и второго циклов АПВ формируется один сигнал «Работа АПВ» для одной ступени. Т.к. в устройстве две ступени, то могут быть сформированы два сигнала «Работа АПВ 1» (первая ступень, первый и второй цикл) и «Работа АПВ 2» (вторая ступень, первый и второй цикл). Данный сигнал могут быть назначены на выходные реле или светодиоды.

На (Рисунок 47) приведена блок схема алгоритма работы АПВ.

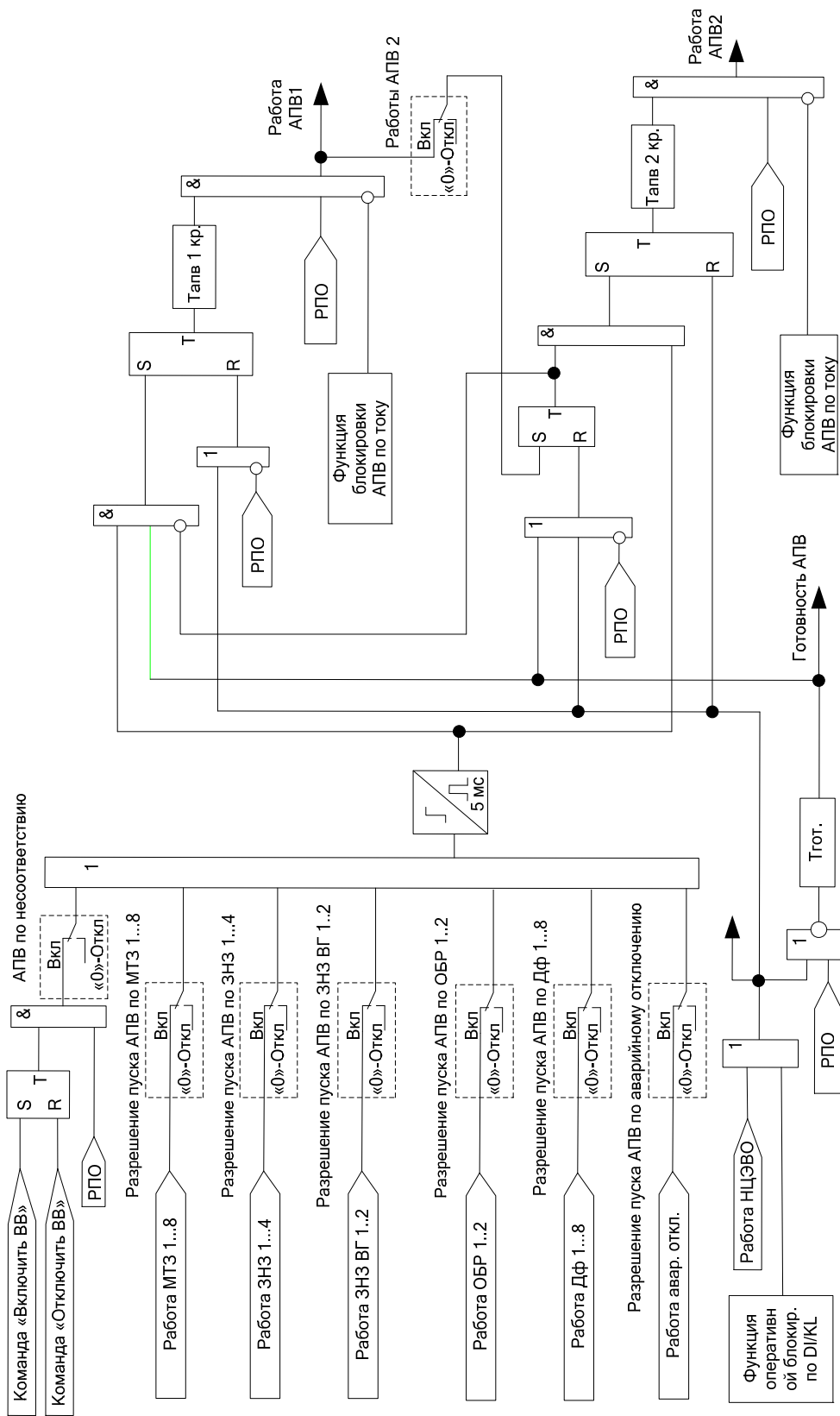


Рисунок 47 – Блок схема алгоритма АПВ

Функция блокировки АПВ по току представлена на (Рисунок 48)

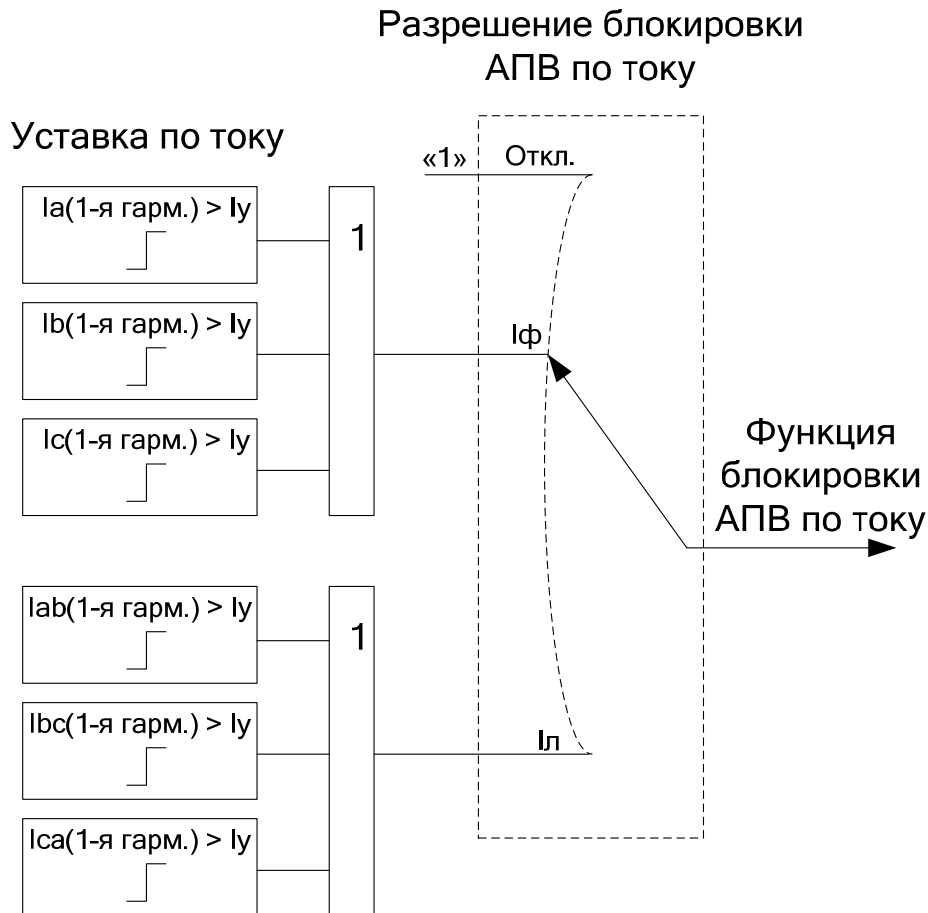


Рисунок 48 – Алгоритм блокировки АПВ по току

Если АПВ разрешен, то по факту появления сигнала пуска АПВ проверяется состояние таймера готовности (в памяти хранится наличие готовности АПВ для пуска по несоответствию в течение 500 мс после снятия сигнала РПВ). Если таймер готовности завершил отсчет, то запустится таймер задержки на работу АПВ первого цикла. Одновременно начнется ожидание (в течение 500 мс) отключения выключателя по факту снятия сигнала РПВ. Если выключатель не отключится в течение 500 мс после появления сигнала «Пуск АПВ», то все таймеры сбросятся, а следующий пуск АПВ станет возможен только после ручного включения выключателя и завершения отсчета таймера готовности. После чего алгоритм начнет работать с первого цикла.

Если выключатель отключится быстрее чем за 500 мс, таймер задержки АПВ первого цикла завершит отсчет и при этом не будет условия блокировки, то сформируется сигнал «Работа АПВ» по первому циклу. Данный сигнал выдается в течение 5 мс.



Если разрешен второй цикл АПВ, то по факту сигнала «Работа АПВ» после первого цикла запускается режим ожидания пуска второго цикла. Сбрасывается режим ожидания пуска второго цикла АПВ по факту наличия сигнала блокировки, по факту завершения отсчета таймера готовности, по факту отсутствия включения выключателя в течение 500 мс после появления сигнала «Работа АПВ1» после первого цикла, через 5 мс после сигнала «Работа АПВ» после второго цикла.

Если режим ожидания АПВ второго цикла запущен и приходит сигнал пуска АПВ, то запускается отсчет таймера задержки второго цикла АПВ. Одновременно начинается ожидание в течение 500 мс отключения выключателя по факту снятия сигнала РПВ. Если выключатель не отключится в течение 500 мс после появления сигнала пуск АПВ, то произойдет сброс всех таймеров, а следующий пуск АПВ станет возможен только после ручного включения выключателя и завершения отсчета таймера готовности. После этого алгоритм начнет работать с первого цикла.

Если выключатель отключится быстрее чем за 500 мс, таймер задержки АПВ второго цикла завершит отсчет. Если при этом не будет условия блокировки, то сформируется сигнал «Работа АПВ» по второму циклу. Данный сигнал выдается в течение 5 мс. Если после сигнала «Работа АПВ» после второго цикла выключатель включится и по факту прихода сигнала РПВ завершится отсчет таймера готовности, то в следующий раз АПВ начнет работу с первого цикла. Если после сигнала «Работа АПВ» после второго цикла выключатель не включится, то в следующий раз АПВ начнет работу только после ручного включения выключателя. После этого алгоритм начнет работать с первого цикла.

При конфигурировании реле, назначенных на работу АПВ, необходимо учитывать время 5 мс, на которое выдается сигнал «Работа АПВ». Если реле назначено в импульсном режиме, то оно отработает в течение времени, заданного для включения. Если реле будет в потенциальном режиме, то оно отработает в течение времени, заданного для задержки на отключение вынуждающего сигнала. При этом если это время будет равно нулю, то реле не включится.

Для предотвращения многократных включений есть возможность завести сигнал «Работа АПВ» на включение выключателя через функцию управления выключателем, в котором реализован алгоритм блокировки от многократных включений.

Конфигурация АПВ представлена в (Таблица 17).

Таблица 17 – Конфигурация АПВ

Название уставки или параметра	Диапазон
Блокировка АПВ по <i>DII ... 40</i>	Откл., Вкл. прямо, Вкл. инверсно
Блокировка АПВ по одному из <i>KLI ... 40</i>	Вкл., Откл.
Назначение РПВ	Откл., <i>DII ... 40</i> прямо, <i>DII ... 40</i> инверсно
Назначение РПО	Откл., инверсия РПВ <i>DII ... 40</i> прямо, <i>DII ... 40</i> инверсно

Уставки АПВ представлены в (Таблица 18).

Таблица 18 – Уставки АПВ

Название уставки или параметра	Диапазон
1	2
Разрешение работы ступени	Откл., Вкл., работа
Разрешение работы 2-го крата	Откл., Вкл.
Разрешение пуска по факту несоответствию	Откл., Вкл.
Разрешение пуска по аварийному отключению	Откл., Вкл.
Уставка по времени готовности, $T_{\text{готов.}}$	от 1 до 180 с, с шагом 1 с
Уставка по времени 1-го крата	от 0,1 до 25 с, с шагом 0,01 с
Уставка по времени 2-го крата	от 0,1 до 300 с, с шагом 0,1 с
Разрешение пуска по факту работы Д. ф. 1...8	Откл., Вкл.
Разрешение пуска АПВ по факту работы МТЗ	Откл., Вкл. МТЗ 1...5
Разрешение пуска АПВ по факту работы ЗНЗ	Откл., Вкл. ЗНЗ 1...4

Название уставки или параметра	Диапазон
1	2
Разрешение пуска АПВ по факту работы ЗНЗ ВГ	Откл., Вкл. ЗНЗ ВГ 1...2
Разрешение пуска АПВ по факту работы ОБР	Откл., Вкл. ОБР 1...2
Разрешение блокировки по току	Вкл по $I_{\phi}$ , Вкл по $I_{л}$ или Откл.
Уставка по току, $I_{апв}$	Диапазон от 0,1 до 125 А, с шагом 0,01 А

#### 4.10 Функция определения места повреждения линии электропередач (ОМП)

Определение расстояния до места повреждения происходит в момент срабатывания МТЗ исходя из следующих допущений:

1) место повреждения определяется только для повреждений вида короткого замыкания (КЗ) на воздушных и кабельных линиях электропередач путем расчета расстояния от места установки терминала релейной защиты с функцией ОМП до точки КЗ;

2) расстояние до точки КЗ определяется путем фиксации сопротивления петли КЗ в момент срабатывания пускового органа защиты от КЗ с последующим перерасчетом расстояния с учетом удельного сопротивления на каждом участке линии;

3) вычисление фиксируемого сопротивления выполняется по различным соотношениям в зависимости от вида КЗ;

4) вид КЗ ( $A0$ ,  $B0$ ,  $C0$ ,  $AB$ ,  $BC$ ,  $CA$ ) определяется по числу фаз, обтекаемых током КЗ. Обтекание каждой фазы необходимым значением тока определяется по факту выполнения для нее следующего условия:

$$I_a > 0,9 \max (I_a, I_b, I_c); \quad (5)$$

$$I_b > 0,9 \max (I_a, I_b, I_c); \quad (6)$$

$$I_c > 0,9 \max (I_a, I_b, I_c); \quad (7)$$

5) режим по числу обтекаемых током КЗ фаз для ОЗ определяется после срабатывания пускового органа защиты;

6) расчетное сопротивление до места КЗ определяется по петле короткого замыкания при КЗ вида  $A0$ ,  $B0$ ,  $C0$  в процессе определения расчетного сопротивления учитывается комплексный коэффициент компенсации фазного тока током нулевой последовательности;

Расчетное сопротивление до места КЗ при трехфазном  $Z_p(3)$ , двухфазном  $Z_p(2)$  и однофазном  $Z_p(1)$  КЗ определяется соответственно по выражениям:

$$Z_p^{(3)} = (U_n / \sqrt{3} n_{\text{ТТ}} I_{\text{К макс}}) - Z_c;$$

$$Z_p^{(2)} = (U_n / 2 n_{\text{ТТ}} I_{\text{К макс}}) - Z_c;$$

$$Z_p^{(1)} = [U_n / \sqrt{3} n_{\text{ТТ}} (I_{\text{К макс}} + k I_{0p})] - Z_c.$$

где  $U_n$  – номинальное (первичное) значение напряжения сети 5000 – 40000, шаг 100В (уставка);  $n_{\text{ТТ}}$  – коэффициент трансформации фазных трансформаторов тока;  $I_{\text{К макс}}$  – максимальное значение зафиксированного фазного тока КЗ (вторичного);  $k$  – коэффициент компенсации фазного тока током нулевой последовательности (уставка) 0-10, шаг 0,01;  $I_{0p}$  – расчетный ток нулевой последовательности – обратим внимание, что здесь  $I_{0p}$  это  $1/3$  величины  $3I_{0p}$ , используемой в ЗНЗ по расчетному току нулевой последовательности;  $Z_c$  – первичное значение сопротивления питающей системы.

Значение  $Z_c$  определяется отдельно в соответствии с выражением:

$$Z_c = U_n / \sqrt{3} I_{\text{К}}^{(3)},$$

где  $I_{\text{К}}^{(3)}$  – первичный ток трехфазного КЗ в месте установки защиты (уставка) 100-15000, шаг 10А.

7) задается модель линии, содержащая удельные сопротивления и длины последовательно (от шин) включенных 10 участков.

Для определения места повреждения из расчетного сопротивления  $Z_p$  поэтапно вычитают сопротивление первого, второго ... пятого участков – до тех пор, пока полученное сопротивление не станет меньше сопротивления следующего по порядку участка. Длину линии до точки КЗ на указанном следующем участке определяют путем деления, оставшегося после всех вычитаний значения расчетного сопротивления на удельное сопротивление этого участка. К полученному значению длины на последнем

(аварийном) участке прибавляют длины всех предыдущих участков и получают полную длину линии.

В случае если сопротивление получается больше суммарного сопротивления всех участков линии, то устройство фиксирует « $L > max$ ».

Уставки ОМП представлены в (Таблица 19).

Таблица 19 – Уставки ОМП

Название уставки или параметра	Диапазон
Ввод уставки по длине участка, $L$	от 0 до 100 км, с шагом 0,01 км
Ввод уставки по удельному сопротивлению участка, $Z_{уд}$	от 0,2 до 1,5 Ом/км, с шагом 0,01 Ом/км
Действительная часть коэффициента компенсации фазного тока током нулевой последовательности	от 0 до 10, с шагом 0,01
Мнимая часть коэффициента компенсации фазного тока током нулевой последовательности	от 0 до 10, с шагом 0,01
Номинальное (первичное) значение напряжения сети $U_n$	5000 – 40000, шаг 100В
Первичный ток трехфазного КЗ в месте установки защиты $I_k^{(3)}$	100-15000, шаг 10А
Коэффициент трансформации фазных трансформаторов тока $n_{тт}$	1-1000, шаг 1

#### 4.11 Защита от дуговых замыканий (ДГЗ)

Оптическая дуговая защита работает совместно с модулями *AIDA*, *D1A*, *D2A*. Эти модули имеют по три оптических входа, к которым присоединяются оптические кабели.

Микропрограмма модуля предусматривает самодиагностику оптических каналов. В памяти устройства сигналы оптических датчиков дуги соответствуют дискретным входам (для модуля *AIDA* – *DI10...12*, для *D1A* – *DI21...23*, для *D2A* – *DI32...34*). При фиксации датчиком дуги на соответствующем входе появляется сигнал логическая "1". Результат самодиагностики оптических каналов записывается в виртуальные дискретные входы (для модуля *AIDA* – *DI13...15*, для *D1A* – *DI24...26*, для *D2A* – *DI35...37*). При неисправности оптического канала на соответствующем входе появляется сигнал логическая "1". Эти входы, как и остальные, могут быть назначены на выходные реле, светодиоды, ускорение или блокировку работы алгоритмов. Кроме того, защита может

работать с внешним датчиком дуги с релейным выходом, присоединенным на один из дискретных входов устройства *DI1...37*.

На (Рисунок 49) изображена функциональная схема алгоритма работы ДГЗ.

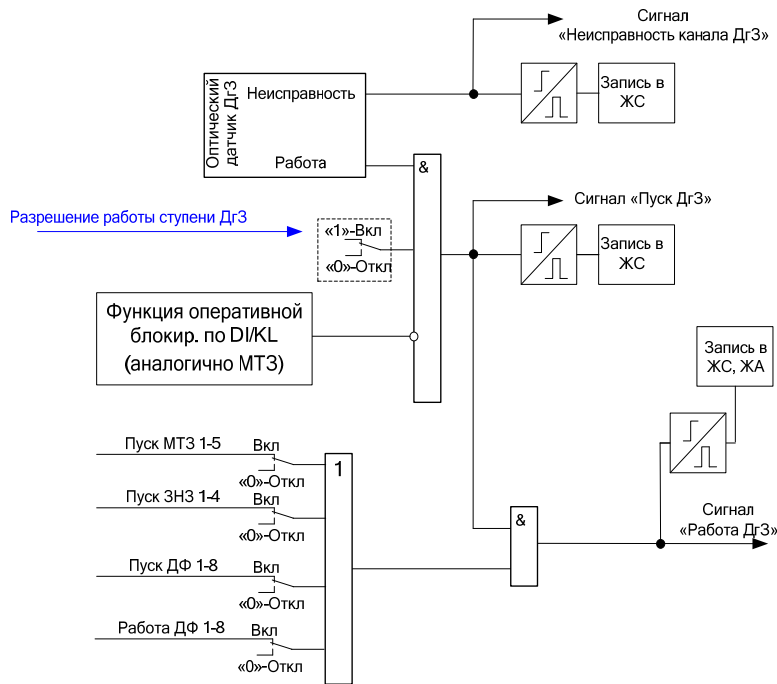


Рисунок 49 – Функциональная схема алгоритма работы ДГЗ

Компаратор "Работа ДГЗ" срабатывает при одновременном срабатывании назначенного на ступень защиты датчика дуги и срабатывания одного из назначенных на разрешение пуска ДГЗ компараторов Пуск защит МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ДФ 1...8, Работа Дф1...8. Если на разрешение пуска не назначено ни на одну защиту срабатывание функции не произойдет.

Сигнал «Работа ДгЗ» может быть назначен на аварийное отключение в АУВ, *KL1...40, VD1...16, Дф1...8*.

Предусмотрена блокировка ступеней ДГЗ по *DI* и *KL*. Блокировка формируются по логике «ИЛИ» из всех входов и выходов, назначенных на блокировку.

Уставки ДГЗ представлены в (Таблица 20).

Таблица 20 – Уставки ДГЗ

Название уставки или параметра	Диапазон
Выбор датчика дуги	<i>DI1...40</i> прямо или инверсно
Разрешение пуска ДГЗ по факту Пуска МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, Дф1...8, Работа Дф1...8	Откл., Вкл.

### 4.12 Функция автоматического ввода резерва (АВР)

Автоматический ввод резерва (АВР) предназначен для автоматического переключения обесточенной секции на резервное питание. На устройствах РС83-А3 реализована логика АВР как для рабочего ввода, с подачей команд на секционный выключатель (СВ), независимо от типа применяемого на СВ устройства.

АВР выполняется с пуском от одного из дискретных входов устройства. На этот вход следует подать сигнал от внешнего реле напряжения, назначаемого на работу как ЗМН по линейным напряжениям по логике «ИЛИ» или по логике «И». Функциональная схема реализации АВР приведена на (Рисунок 50).

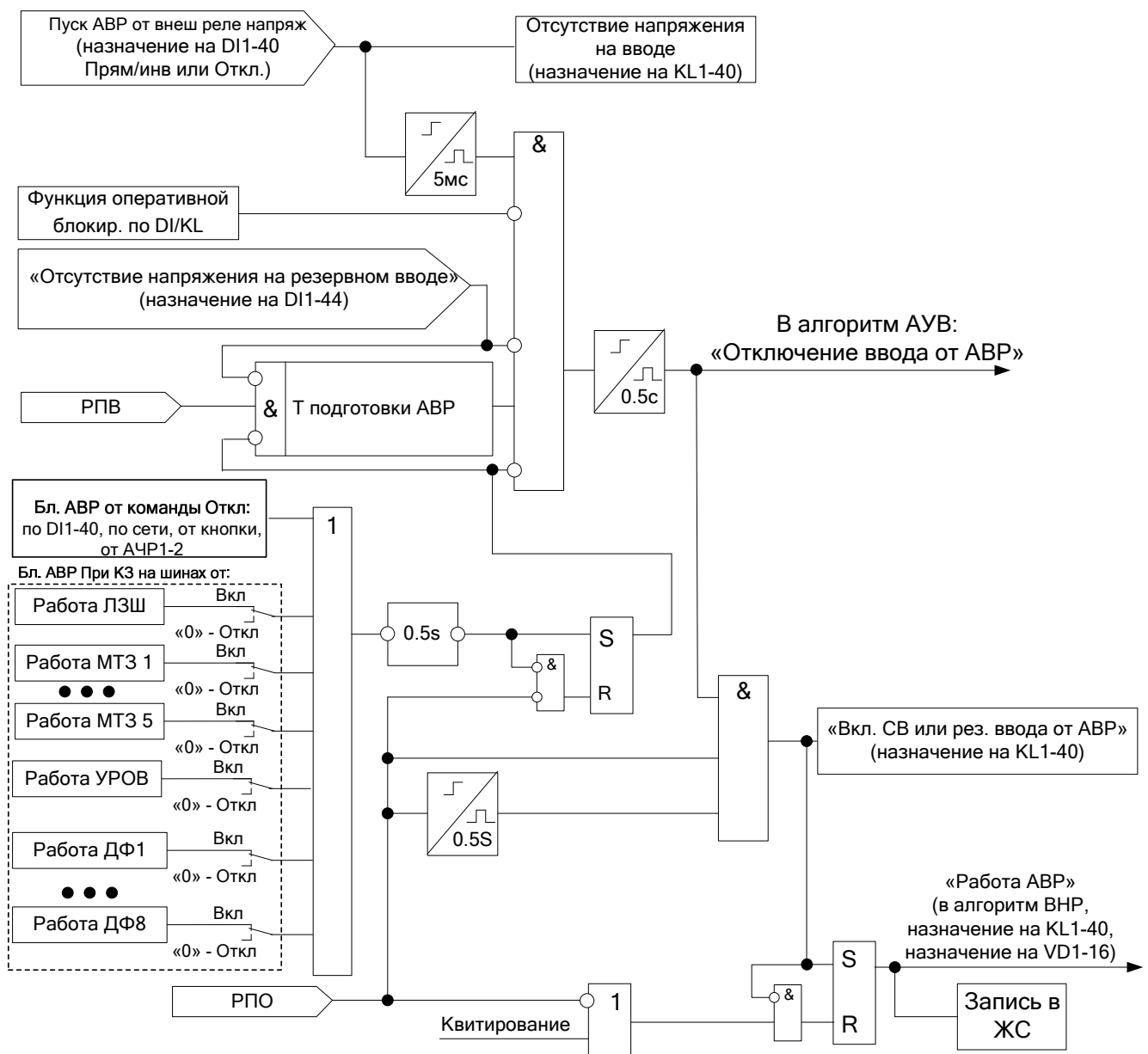


Рисунок 50 – Функциональная схема реализации АВР



По результатам работы АВР на терминале рабочего ввода формируются сигналы: «Отсутствие напряжения на вводе», «Работа АВР», "Готовность АВР", "Вкл. рез. от АВР". Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле, светодиоды. Сигнал "Отключение ввода от АВР" используется в алгоритме АУВ.

АВР осуществляется только если в момент создания условий для его пуска отсчитано время подготовки АВР. Отсчет времени подготовки начинается от момента появления сигнала РПВ при условии отсутствия сигналов блокировок.

По факту появления сигнала от внешнего реле напряжения формируется сигнал «Отсутствие напряжения на Вводе», назначаемый на  $KL1...40$ . Указанный сигнал контактом назначенного реле подается на устройство другого ввода, где он принимается как сигнал «Отсутствие напряжения на резервном вводе» через назначенный дискретный вход DI1-40. Сигнал «Бл. АВР от команды Откл.» объединяет все команды не аварийного отключения, кроме собственно команды «Отключение ввода от АВР». Сигнал «Бл. АВР при КЗ на шинах» формируется выборочно (выбор задается уставкой) из сигналов «Работа ЛЗШ 1...2», «Работа МТЗ 1...5», «Работа УРОВ 1...2», «Работа Дф1...8». Указанные сигналы блокировок объединяются по «ИЛИ» и устанавливают SR триггер блокировок АВР. Сброс этого триггера осуществляется инверсией сигнала РПО при включении выключателя. Сигнал пуска АВР, инверсии сигнала отсутствия напряжения на резервном вводе и инверсии сигнала триггера блокировок АВР объединяются схемой & и формируют команду «Отключение Ввода от АВР», подаваемую в АУВ. В результате отключение ввода от АВР происходит при наличии пуска по напряжению от ступени ЗМН, наличии напряжения на резервном вводе и отсутствии блокировок АВР от неаварийных отключений и КЗ на шинах. Причем действие указанных блокировок сохраняется до последующего любого включения выключателя. По факту выполнения команды отключения ввода от АВР, вызывающего появление сигнала РПО, формируется команда «Вкл. СВ от АВР», назначаемая на  $KL1...40$ . Указанная команда формируется схемой &, причем с целью обеспечения однократности включения СВ, контролируется совпадение импульсов 0,5 с, формируемых в момент появления команды «Отключение ввода от АВР» и прихода сигнала РПО, т.е. выполнения команды отключения. Появление короткого сигнала «Вкл. СВ от АВР» фиксируется SR-триггером, сохраняется до включения



выключателя или сброса от квитирования и используется в качестве сигнала «Работа АВР» в алгоритме ВНР и для сигнализации с действием на назначаемые реле, светодиод и записи в ЖС.

Уставки АВР представлены в (Таблица 21).

Таблица 21 – Уставки АВР рабочего ввода

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы от DI	Откл., DI1...40 прямо или инверсно
Время готовности АВР, с	от 1 до 180
Выбор дискретного входа для контроля напряжения на резервном вводе	DI1...40
Блокировка АВР по факту пуска МТЗ 1...5, ЛЗШ 1...2, УРОВ 1...2, ДФ 1...8	Откл., Вкл.

### 4.13 Функция восстановления нормального режима (ВНР)

В устройстве предусмотрена возможность восстановления нормальной схемы (ВНР) после действия АВР.

ВНР выполняется с пуском от появления нормальных напряжений до выключателя ввода, отключившегося от АВР. Функциональная схема ВНР приведена на (Рисунок 51).

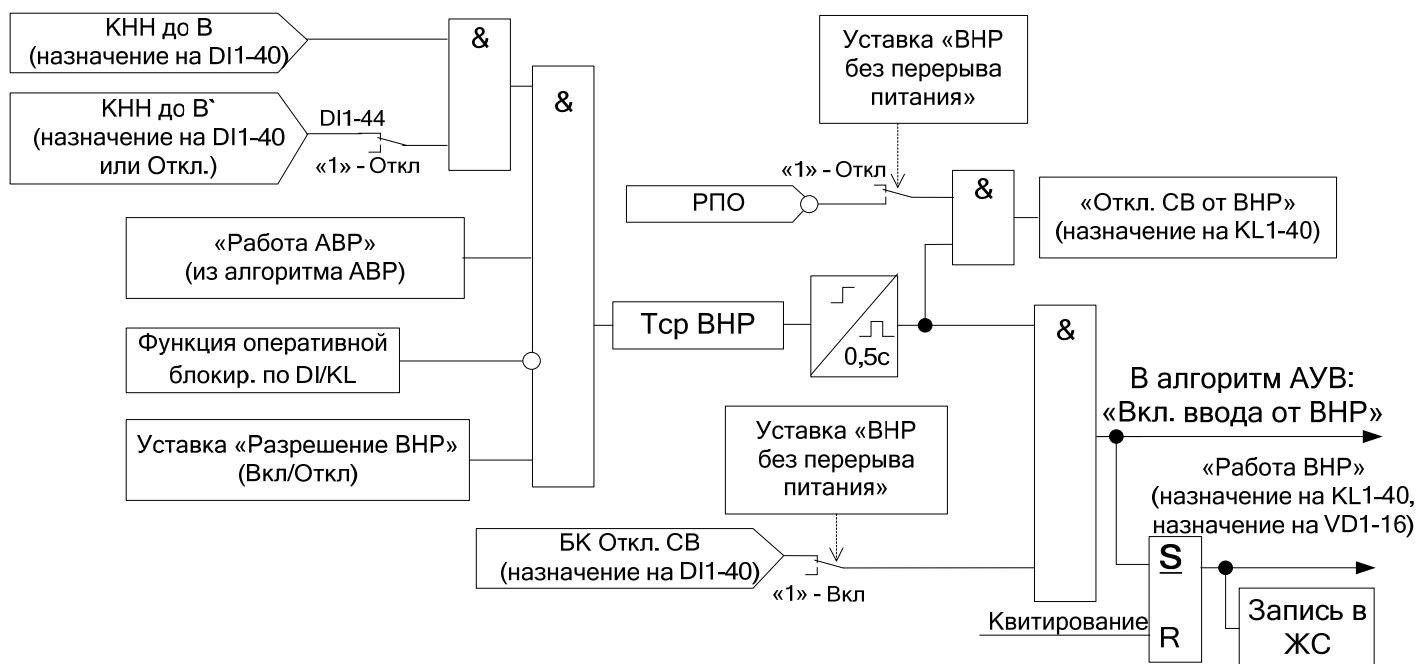


Рисунок 51 – Функциональная схема реализации ВНР

ВНР выполняется с отключением питания потребителей при отключении ввода до включения СВ или без отключения. Переключение вида ВНР выполняется вводом из меню команды «ВНР без перерыва питания». Вначале рассмотрим реализацию ВНР с перерывом питания.

Появление напряжения до отключившегося выключателя ввода контролируется входом «КНН до В» или двумя входами «КНН до В» и «КНН до В'», назначаемыми на *D11...40*. В первом случае на назначенный дискретный вход следует подавать оперативное напряжение через два последовательно соединенных контакта реле напряжения, включенных на два междуфазных напряжения ТН или ТСН, подключенных перед выключателем ввода. Во втором случае назначенные дискретные входы непосредственно включаются на два междуфазных напряжения указанного ТН или ТСН. Второй случай применим, если номинальные междуфазные напряжения ТН или ТСН совпадают с номинальными напряжениями дискретных входов устройства. В первом случае уставка «КНН до В'» ставится в положение Откл, а во втором – в положение, соответствующее выбранному DI. Пуск отсчета выдержки времени  $T_{ср}$  ВНР осуществляется схемой & по факту совпадения сигналов «КНН до В» и «КНН до В'», зафиксированного в алгоритме АВР сигнала «Работа АВР», сигнала от ключа ввода/вывода ВНР на дискретном входе «Разрешение ВНР», при уставке разрешения работы ВНР, установленной в положение Вкл. По завершению отсчета времени  $T_{ср}$  ВНР формируется импульс 0,5 с. Этот импульс с дополнительным контролем отключенного состояния выключателя ввода по сигналу РПО формирует команду «Откл. СВ от ВНР», назначаемую на *KL1...40*. После выполнения команды отключения СВ контактом указанного реле, что контролируется дискретным входом *D11...40*, назначенным на «БК Откл. СВ», формируется сигнал «Вкл. ввода от ВНР» длительностью 0,5 с, который подается в АУВ. Появление короткого сигнала «Вкл. ввода от ВНР» фиксируется SR триггером, сохраняется до сброса от квитирования и используется в качестве сигнала «Работа ВНР» для сигнализации с действием на назначаемые реле, светодиод и записи в ЖС.

При включении опции «ВНР без перерыва питания» вначале независимо от состояния «БК откл. СВ» формируется команда «Вкл. ввода от ВНР», а затем по факту ее

выполнения (контролируется инверсией сигнала РПО ввода) формируется команда «Откл. СВ от ВНР»

Уставки ВНР приведены в таблице (Таблица 22).

Таблица 22 – Уставки ВНР

Название уставки или параметра	Диапазон
Разрешение работы ВНР	Откл., Вкл.
Режим ВНР	С перерывом питания, без перерыва питания
Выбор $DI$ на прием сигнала «КНН до В»	$DI1 \dots 40$
Выбор $DI$ на прием сигнала «КНН до В`»	Откл., $DI1 \dots 40$
Выбор $DI$ на прием сигнала «Разрешение ВНР»	$DI1 \dots 40$
Уставка $T_{ср}$ ВНР	0...300 с, с шагом 0,1 с
Выбор $DI$ на прием сигнала «Блок контакт Откл. СВ»	$DI1 \dots 40$

#### 4.14 Дополнительные функции (ДФ)

Дополнительные функции предназначены для связи между входами-выходами других функций, дискретными входами, выходными реле, светодиодами с необходимой логикой (И, ИЛИ, инверсия, задержка).

На входы ДФ могут быть назначены выходы защит, дискретные входы или логические выходы выходных реле. Устройство содержит восемь ступеней ДФ, у каждой ступени предусмотрено до шестнадцати входов, каждый вход может работать прямо или с инверсией.

На входы В.с.1...4 в качестве вынуждающих сигналов могут быть назначены дискретные входы  $DI1 \dots 40$ . При назначении дискретных входов в качестве вынуждающих сигналов необходимо учитывать время демпфирования, которое задается для каждого входа отдельно.

На входы В.с.5...8 в качестве вынуждающих сигналов могут быть назначены сигналы МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, НЦТ, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ 1...2, УРОВ 1...2, ДГЗ 1...3, АВР, ВНР. Назначение любой из выше указанных функций предполагает,

что вынуждающий сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа» или «Работа с ускорением».

На входы В.с.9...16 в качестве вынуждающих сигналов могут быть назначены логические выходы выходных реле *KL1...40*.

Все входы могут быть объединены по логике «И» или по логике «ИЛИ». Входы, на которые вынуждающий сигнал не назначен, не участвуют в алгоритме работы ДФ. По результатам работы ДФ могут быть сформированы сигналы: «Пуск ДФ», «Работа ДФ». Данные сигналы могут быть назначены на выходные реле или светодиоды. За правильность назначения вынуждающих сигналов несет ответственность Пользователь. На (Рисунок 52) приведена функциональная схема логики ДФ.

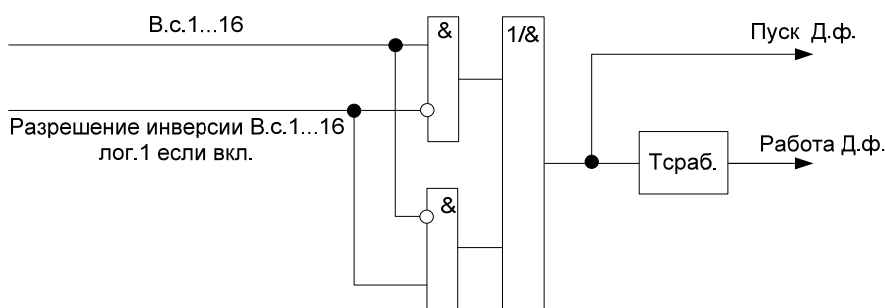


Рисунок 52 – Фрагмент функциональной схемы логики ДФ

Уставки ДФ представлены в (Таблица 23).

Таблица 23 – Уставки ДФ

Название уставки или параметра	Диапазон
Выбор способа объедин. вынужденных сигналов работы доп. функции	ИЛИ, И
Уставка по времени срабатывания доп. функции, Тсраб	от 0 до 300 с, с шагом 0,01 с
Разрешение инверсии вынуждающего сигнала В.с. 01...16	Откл., Вкл.
Назначение вынужд. сигнала из списка <i>DII...40</i> на вход дополнительной функции	Откл., <i>DII...40</i>
Назначение вынужд. сигнала из списка <i>KL1...40</i> на вход дополнительной функции	Откл., <i>KL1...40</i>
Назначение вынуждающего сигнала из списка на вход дополнительной функции	Откл, МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, НЦТ, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ 1...2, УРОВ 1...2, ДГЗ 1...3, АВР, ВНР

#### 4.15 Функция определения неисправности цепей электромагнита включения и отключения (НЦЭВО)

Если в устройстве на РПВ не назначен дискретный вход, то работа НЦЭВО блокируется. На РПВ (контроль положения включено) и РПО (контроль положения отключено) дискретные входы назначаются из меню (см. окна 730, 731).

Если сигнал РПВ и РПО в течение 1 с в состоянии «логической 1» или если сигнал РПВ и РПО в течение 1 с в состоянии «логического 0», то устройство выдаст сигнал «НЦЭВО». Снимается сигнал после снятия условия для его срабатывания.

Подключение РПВ и РПО в схеме контроля положения выключателя, необходимое для реализации функции НЦЭВО, показано на (Рисунок 53).

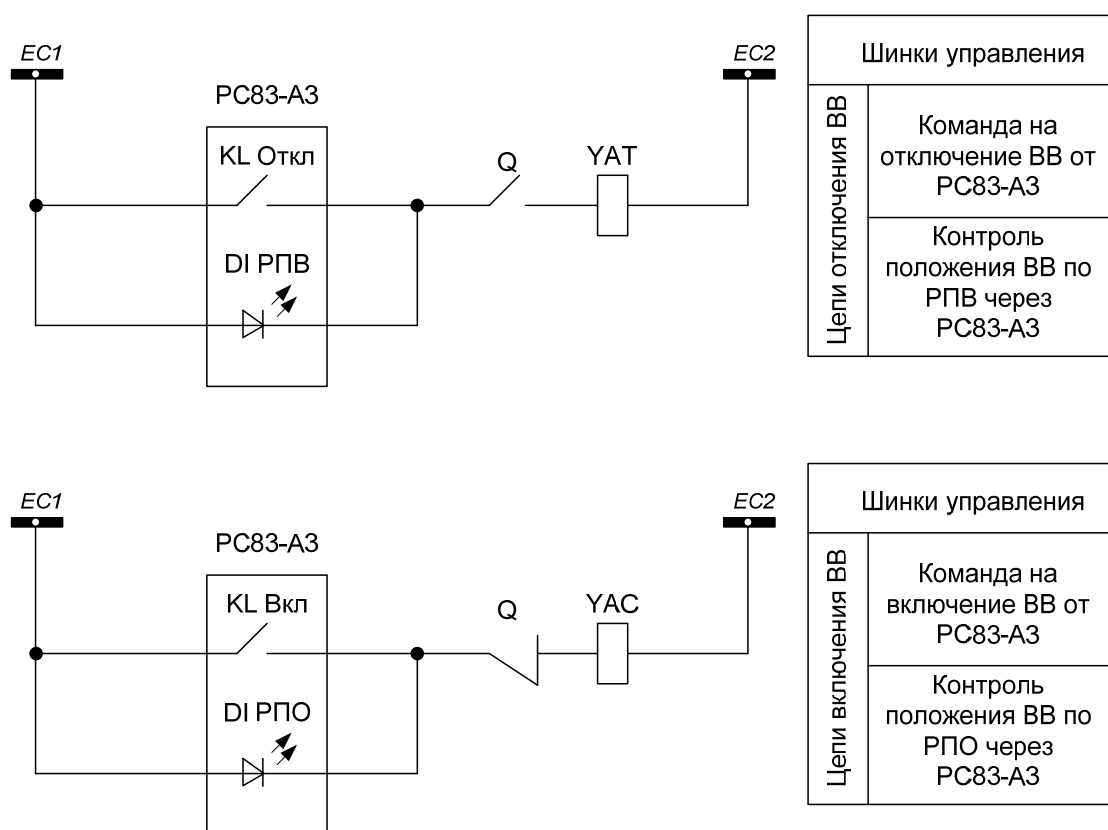


Рисунок 53 – Схема контроля положения выключателя

#### 4.16 Функция автоматического управления выключателем (АУВ)

АУВ – это функция автоматического управления выключателем. Данная функция позволяет управлять выключателем, реализовывает приоритет команды отключения и блокировку многократных включений.

У функции АУВ есть три входа: «Вход включения», «Вход отключения» и «Вход аварийного отключения». Также имеется четыре выхода: «Выход включения», «Выход отключения», «Выход аварийного отключения» и «Выход РБМ».

На вход «Вход включения» в качестве вынуждающего сигнала могут действовать кнопка включения на лицевой панели, один из дискретных входов *DII...40*, сигнал «Включение» по сети, «Работа АПВ 1», «Работа ЧАПВ 1», «Работа ВНР».

На «Выход включения» сигнал проходит при отсутствии сигналов «Выход отключения» и «Выход аварийного отключения».

Если одновременно на «Входе включения» и на «Входе отключения» или на «Входе аварийного отключения» будет вынуждающий сигнал, то выдача сигнала «Выход включения» блокируется и выдается сигнал на «Выход РБМ». Блокировка снимается при снятии вынуждающего сигнала с «Входа включения».

Предусмотрена возможность блокировки выхода включения по факту появления сигнала аварийное отключение до квитирования (блокировка выхода включения должна разрешаться из меню). При этом команда включения от АПВ подается мимо этой блокировки, так как включение от АПВ должно происходить именно после аварийного отключения. После завершения полного цикла неуспешного АПВ (двукратного или однократного при выведенном втором крате) эта блокировка на другие виды включения продолжает действовать. После успешного АПВ с целью приведения алгоритма АУВ в исходное состояние указанная блокировка автоматически снимается коротким импульсом с выхода органа времени подготовки АПВ.

На вход «Вход отключения» в качестве вынуждающего сигнала могут действовать кнопка включения на лицевой панели, один из дискретных входов *DII...40*, сигнал «Отключение» по сети, «Работа АВР».

Предусмотрена возможность задания блокирования управления выключателем по положению ШР, ЛР, ЗН по прямому/инверсному сигналу дискретного входа, управляемого соответствующими блок-контактами.

На вход «Вход аварийного отключения» в качестве вынуждающего сигнала могут действовать защиты МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, НЦТ, АЧР, ЛЗШ 1...2, УРОВ 1...2, ДГЗ 1...3. Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АУВ назначены

защиты МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, то вынуждающий сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа» или «Работа с ускорением». Если в качестве вынуждающего сигнала на пуск АПВ назначены УРОВ 1...2, АЧР 1, ЛЗШ1...2, Дф 1...8 то вынуждающий сигнал будет формироваться при наличии сигнала «Работа».

На (Рисунок 54) приведена блок схема алгоритма работы АУВ.

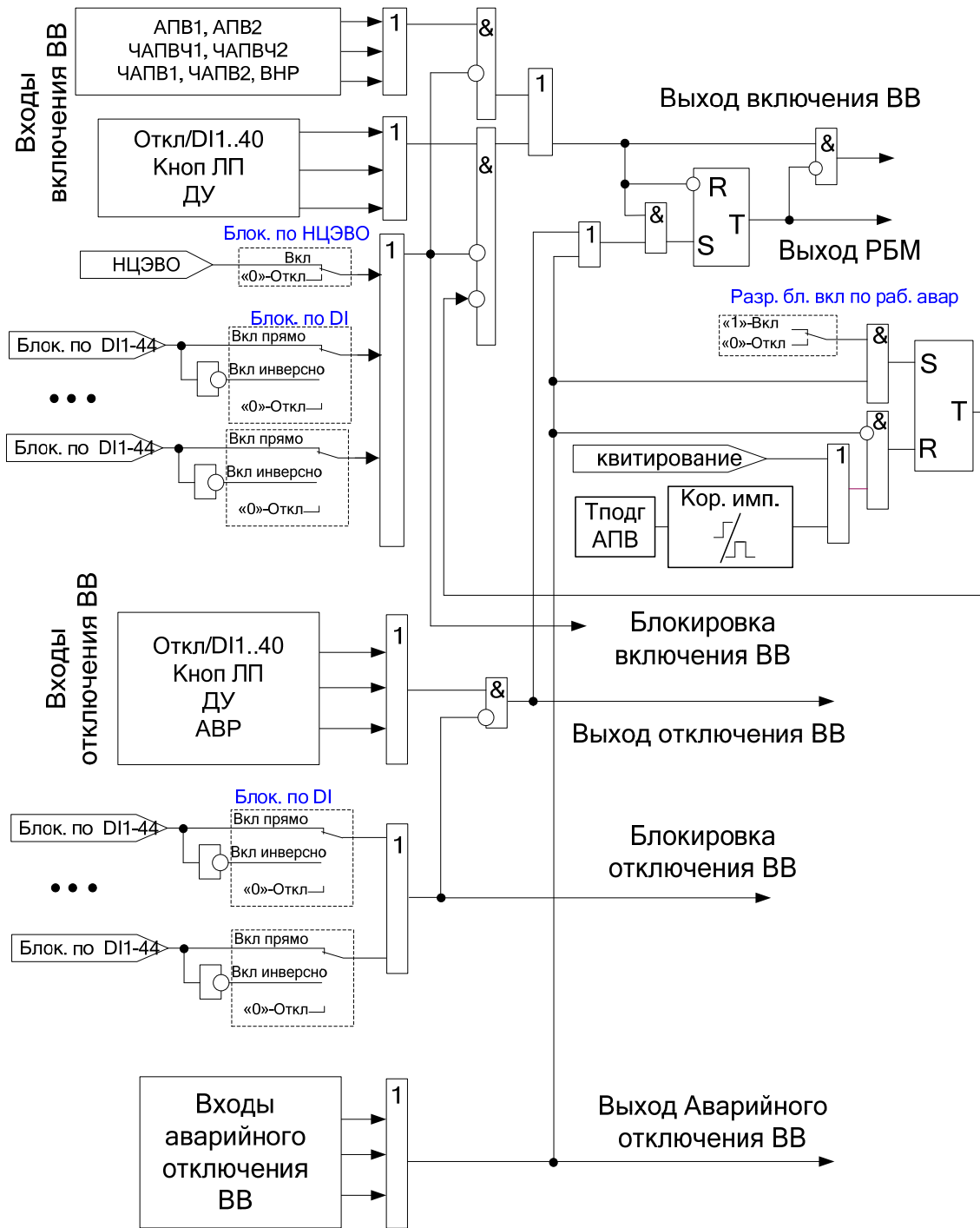


Рисунок 54 – Блок схема алгоритма работы АУВ

Конфигурация АУВ представлена в (Таблица 24).

Таблица 24 – Конфигурация АУВ

Название уставки или параметра	Диапазон
Назначение на входы включения	–
Назначение на блокировку включения входа DI, НЦЭВО, аварийного отключения	–
Назначение на входы отключения	–
Назначение на блокировку отключения входа DI	–
Назначение на входы аварийного отключения	–
Выбор БКВ	–

#### 4.17 Функция контроля ресурса выключателя (КРВ)

В устройстве реализована функция контроля ресурса выключателя. Функция посчитывает остаточный ресурс выключателя и сигнализирует при достижении предельного ресурса. Пересчет ресурса происходит по факту появления сигнала отключение выключателя или аварийное отключение выключателя из алгоритма автоматики управления выключателем.

Для расчета ресурса выключателя устройство по параметрам выключателя рассчитывает два вспомогательных параметра:

$$C = \frac{\ln \frac{I_{\text{откл\_мах}}}{I_{\text{откл\_ном}}}}{\ln \frac{I_{\text{мах}}}{0,001 I_{\text{ном}}}}, \quad A = \frac{I_{\text{откл\_ном}}}{(0,001 I_{\text{ном}})^C},$$

Новый выключатель имеет остаточный ресурс 100%. После каждого отключения тока выключателем значение остаточного ресурса изменяется следующим образом:

1. При  $0,001 I_{\text{н}} \leq I_0 \leq I_0 \text{ мах}$ :

$$P_i = P_{i-1} - \frac{100}{A I_0^C},$$

где  $P_{i-1}$  – остаточный ресурс (%) после предыдущего отключения;

$I_0$  – значение тока  $I_{\text{ф1}}$  в момент отключения выключателя.

2. При  $I_0 < 0,001 I_{\text{н}}$  – соответственно к требованиям пункта 1 для значения  $I_0 = 0,001 I_{\text{н}}$ .

3. При  $I_0 > I_0 \text{ мах}$ :  $P_i = 0$

И в журнале фиксируется запись о завершении ресурса выключателя.



Уставки КРВ представлены в (Таблица 25).

Таблица 25 – Уставки КРВ

Название уставки или параметра	Диапазон
Выбор уставки по номинальному току выключателя $I_{ном}$	100...5000 А, с шагом 10 А
Выбор уставки по максимально допустимому току отключения выключателя $I_{max}$	10...100 кА, с шагом 1 кА
Выбор уставки по количеству отключений номинального тока $Notkl_{ном}$	500...500000, с шагом 100
Выбор уставки по количеству отключений максимального тока $Notkl_{max}$	10...1000, с шагом 1
Выбор уставки по сигнализации о предельном значении ресурса $P_c$	0...50, с шагом 1
Выбор начального значения ресурса $P_t$	0...100, с шагом 1
Установка флага инициализации	Откл., Вкл.

После изменения уставок КРВ необходимо установить флаг инициализации в положение «Вкл.». Только после этого устройство воспримет новые уставки для данной функции. Все остальные функции воспринимают новые уставки в момент их изменения.

#### 4.18 Осциллографирование

По факту пуска начинается запись осциллограммы с учетом времени доаварийной записи. Время доаварийной записи составляет 1 с. Общее время записи задаются отдельными уставками ( $T_{зап}$ ). Время  $T_{зап}$  задается от 1,5 до 15 секунд с шагом 0,1 сек. Общее время записи осциллограмм – 1 минута.

##### В осциллограф пишутся следующие сигналы:

- дата и время пуска осциллографа;
- факт, по которому произошел пуск;
- аналоговые сигналы  $I_A, I_B, I_C, 3I_0, 3U_0$ ;
- состояния дискретных входов  $DII \dots 40$ ;
- состояния выходных реле  $KLI \dots 40$ ;
- логические сигналы пуска, работы и работы с ускорением – МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2;
- логические сигналы пуска и работы – ДГЗ1...3, ЛЗЩ, УРОВ1...2, НЦТ, ДФ 1...8;

- логический сигнал состояний АПВ;
- логический сигнал состояний НЦЭВО;

#### **Сигналы, по которым может быть разрешен запуск осциллографа:**

- по пуску МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8;
- по работе МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8, АПВ 1...2, АЧР 1...2, ЧАПВ 1...2, НЦЭВО, АВР, ВНР;
- по аварийному отключению;
- по дискретному входу *DII...40*;
- команда ТУ «Пуск осциллографа».

#### **4.19 Функция квитирования**

В устройстве предусмотрено три варианта квитирования:

- по кнопке "К" на лицевой панели;
- по сети;
- по дискретному входу.

Квитирование по кнопке «К» всегда разрешено. Алгоритм квитирования по нажатию на кнопку «К» следующий: по факту нажатия на кнопку «К» появится окно: Для квитирования нажмите: Ввод. По факту нажатия на кнопку «ВВОД», пройдет импульсная команда на квитирование. По нажатию на кнопку «ВЫХОД», произойдет переход из данного окна по меню вверх, и команда на квитирование не пройдет. Повторное квитирование по кнопке «СБРОС» после повторного выполнения алгоритма, описанного выше.

Квитирование по сети всегда разрешено. Команда квитирования по сети действует один такт. Повторное квитирование по данной команде после повторного прихода данной команды.

Квитирование по дискретному входу разрешается уставкой из меню. По дискретному входу квитирование происходит в момент появления переднего фронта, т.е. в момент прихода напряжения с уровнем срабатывания «логической единицы». Для

повторного квитирования необходимо снять сигнал с дискретного входа и подать его снова.

Алгоритм работы функции квитирования представлен на (Рисунок 55).



Рисунок 55 – Алгоритм работы функции квитирования

#### 4.20 Непрерывный контроль исправности терминала

Контроль исправности устройства осуществляется в результате непрерывного выполнения в фоновом режиме программы самотестирования микропроцессорной системы. При этом контролируется наличие уставок и данных конфигурации устройства, целостность информации, передаваемой между модулями устройства. Каждый цикл успешного прохождения указанной программы завершается формированием команды на удержание реле исправности, расположенного на модуле *PW* клеммы 17, 18 и поддержание свечения зеленым светом светодиода исправности. В случае отсутствия указанной команды на протяжении заданного времени, которое с запасом перекрывает интервал между двумя соседними циклами прохождения программы тестирования, реле отпадает и светодиод гаснет. В результате этого происходит замыкание нормально замкнутого контакта реле исправности, что сигнализирует о неисправности устройства. Такая организация контроля исправности позволяет во всех случаях сформировать сигнал неисправности, в том числе и неисправным устройством. Следует иметь в виду, что замыкание контакта реле исправности устройства происходит и при отключении питания устройства.

#### 4.21 Работа дискретных входов

В устройстве физически установлено 15/20/26/31/37 дискретных входов (по исполнению). Всего устройство обрабатывает до 40 виртуальных дискретных входов. Виртуальные дискретные входы могут быть использованы в логике работы защит через *GOOSE* сообщения. Дискретные входы являются аппаратными средствами ввода в устройство внешних логических сигналов. Их характеристики (пороги переключения) скоординированы с исполнением устройства по номинальному значению напряжения питания. С целью повышения помехоустойчивости дискретных входов они выполнены с броском потребляемого тока в момент включения (появления «логической единицы») и возможностью демпфирования. Следует иметь в виду, что время демпфирования, задаваемое уставкой, повышая помехоустойчивость, замедляет реакцию устройства на переключение дискретного входа как в состояние «логической единицы», так и в состояние «логического нуля». Оптимальное время демпфирования для большинства применений следует считать равным 50 мс.

**Функции, на которые могут быть назначены дискретные входы *D11...40*:**

- Блокировка: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3; УРОВ 1...2, ЧАПВ, ЛЗШ 1...2, АВР, ВНР, АПВ, ТУ.
- Ускорение: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2.

#### 4.22 Работа выходных реле

На входы каждого реле назначаются входные сигналы на включение. Каждый входной сигнал может быть включен прямо или с инверсией. Все входные сигналы могут быть объединены по логике «И» или по логике «ИЛИ» и могут действовать на выходное реле с задержкой через таймер.

Выходом у каждого реле есть физическое реле и логическое состояние реле. Выход каждого реле может быть инвертирован. При этом инвертируется и реле, и команда, подаваемая на физическое реле и логический выход. Логическое состояние реле может быть использовано для реализации логики ускорения или блокировки защит, а также для пуска Дф (подробнее описано в функциях защит).

Каждое выходное реле может работать в четырех режимах, которые задаются из меню: импульсный, двойной импульсный, потенциальный или с фиксацией. В импульсном режиме реле включается в момент прихода вынуждающего сигнала, формируемого с учетом логики объединения сигналов по входам. Включение происходит на время включения, заданного из меню. Повторное включение реле в импульсном режиме произойдет после снятия вынуждающего сигнала и повторного его появления.

Алгоритм работы выходных реле в импульсном режиме представлен на (Рисунок 56).

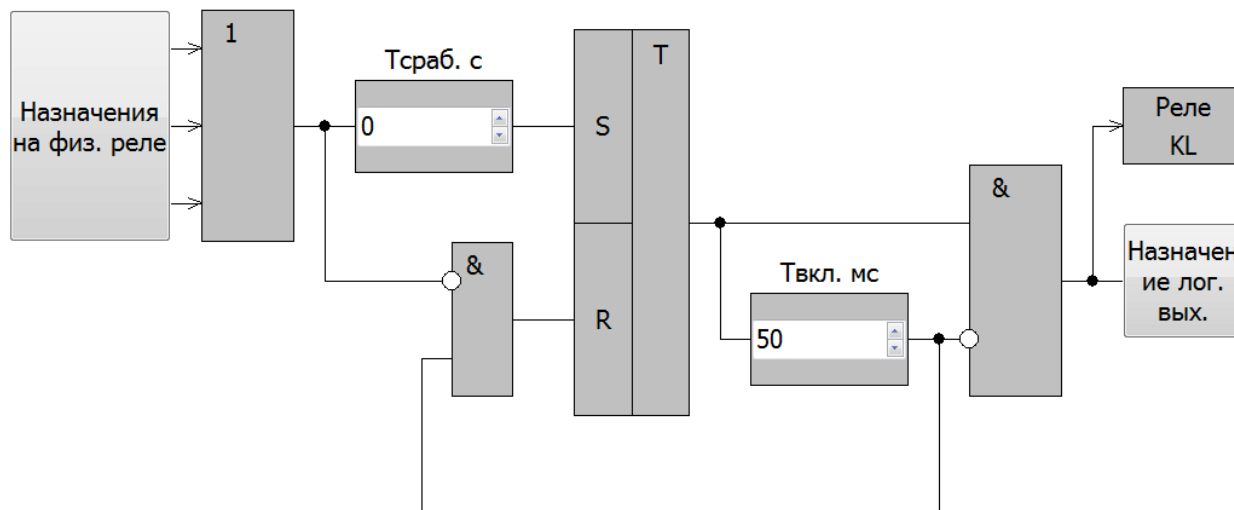


Рисунок 56 – Алгоритм работы реле в импульсном режиме

Временная диаграмма работы реле в импульсном режиме представлена на (Рисунок 57).

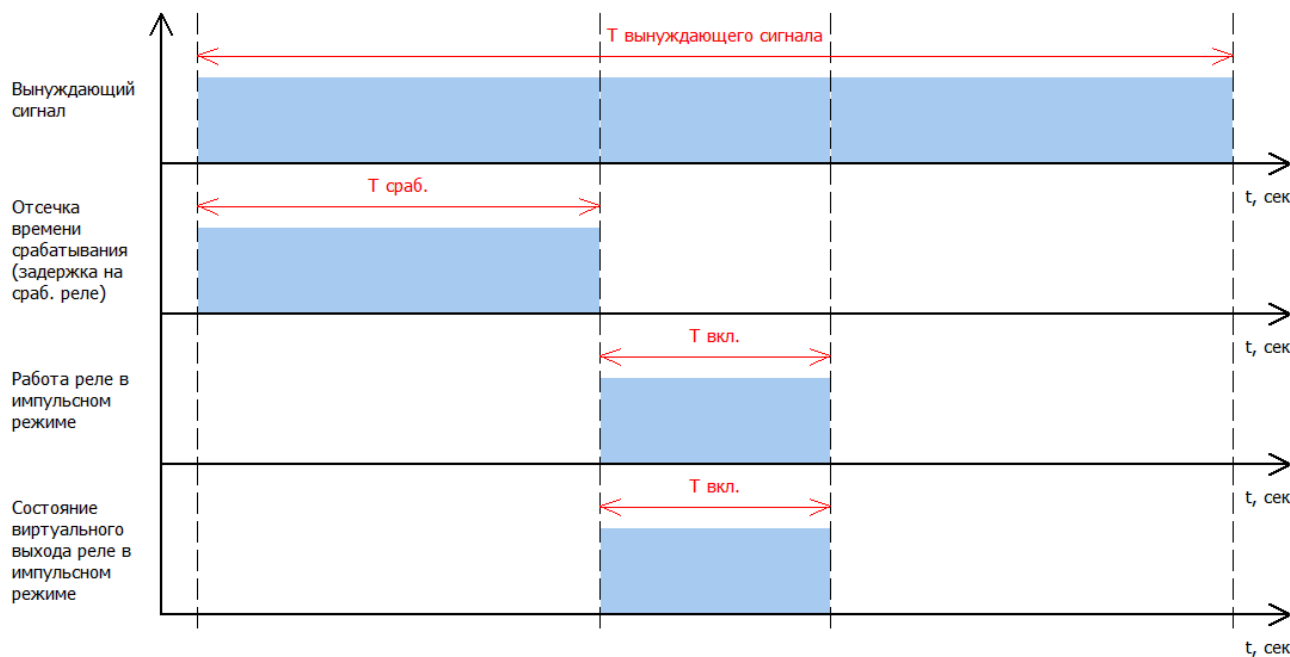


Рисунок 57 – Временная диаграмма работы реле в импульсном режиме

В двойном импульсном режиме реле включается в момент прихода вынуждающего сигнала на время включения, заданного из меню. Затем реле отключается на время отключения, заданного из меню. И затем реле повторно включается на время включения, заданного из меню. Повторный цикл включения реле в двойном импульсном режиме произойдет после снятия вынуждающего сигнала и повторного его появления.

Алгоритм работы выходных реле в двойном импульсном режиме представлен на (Рисунок 58).

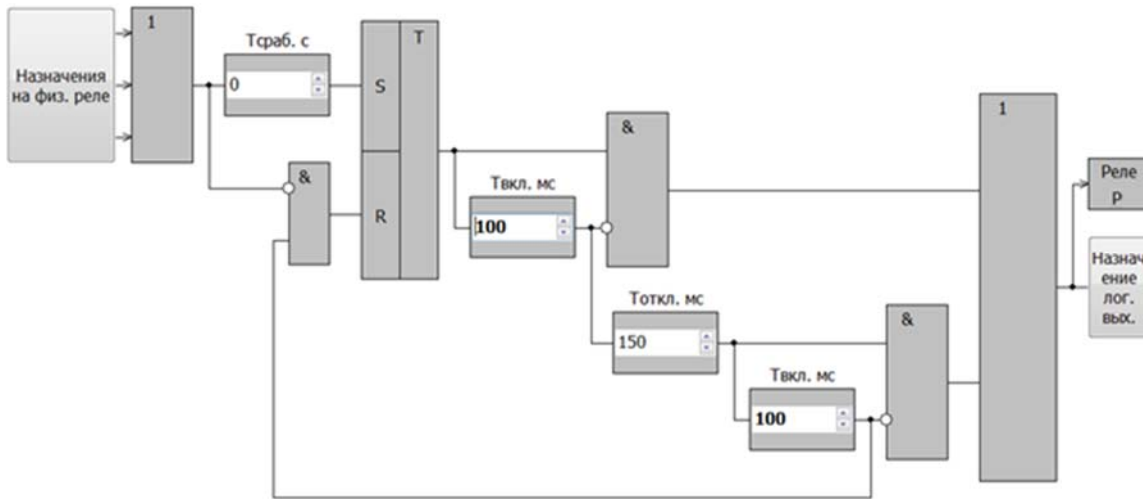


Рисунок 58 – Алгоритм работы реле в импульсном режиме

Временная диаграмма работы реле в двойном импульсном режиме представлена на (Рисунок 59).

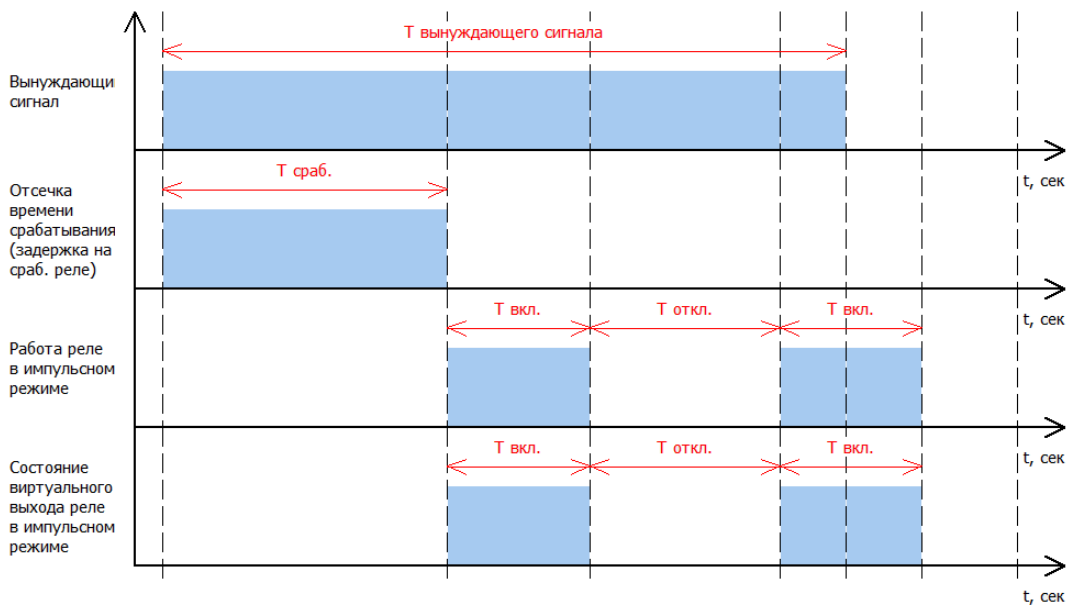


Рисунок 59 – Временная диаграмма работы реле в двойном импульсном режиме

В потенциальном режиме реле включается в момент прихода вынуждающего сигнала на время действия вынуждающего сигнала и отключается после снятия вынуждающего сигнала через время отключения, которое задается из меню. Алгоритм работы выходных реле в потенциальном режиме представлен на (Рисунок 60).

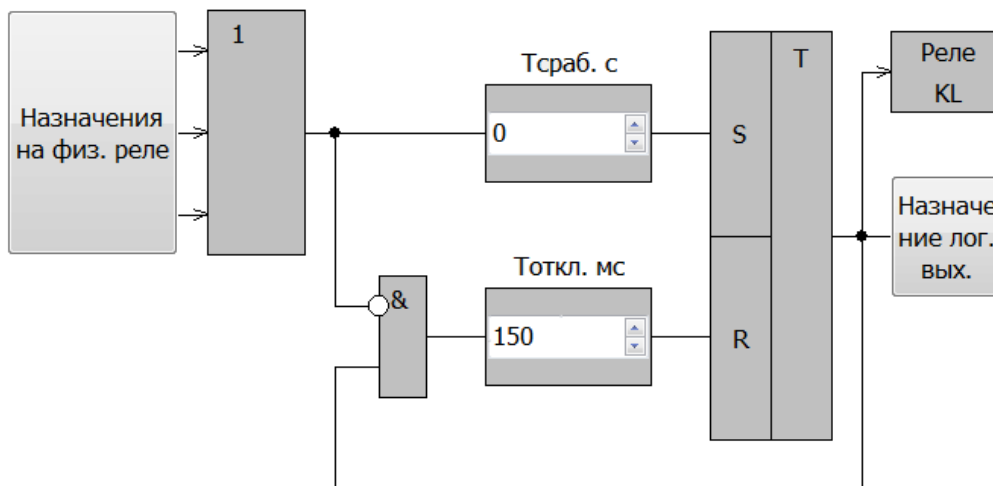


Рисунок 60 – Алгоритм работы реле в потенциальном режиме

Временная диаграмма работы реле в потенциальном режиме представлена на (Рисунок 61).

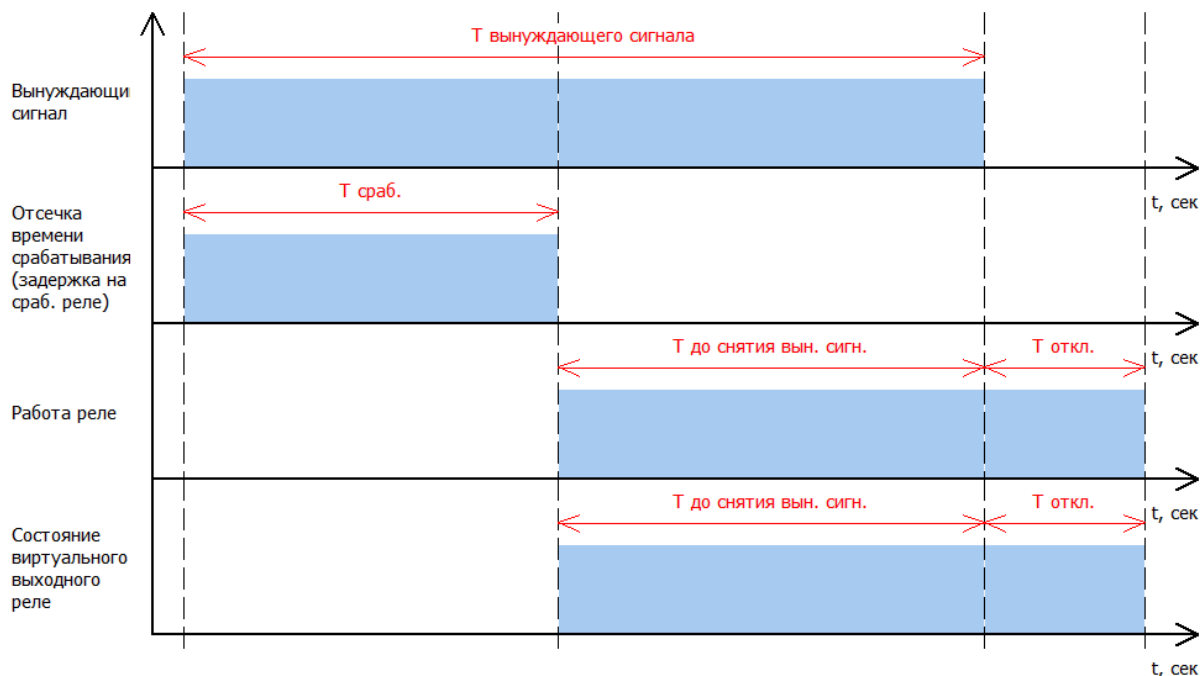


Рисунок 61 – Временная диаграмма работы реле в потенциальном режиме

В режиме с фиксацией реле включается в момент прихода вынуждающего сигнала. Отключается реле по факту прихода сигнала «Сброс» при условии отсутствия в этот момент вынуждающего сигнала.

Алгоритм работы выходных реле в режиме с фиксацией представлен на (Рисунок 62).

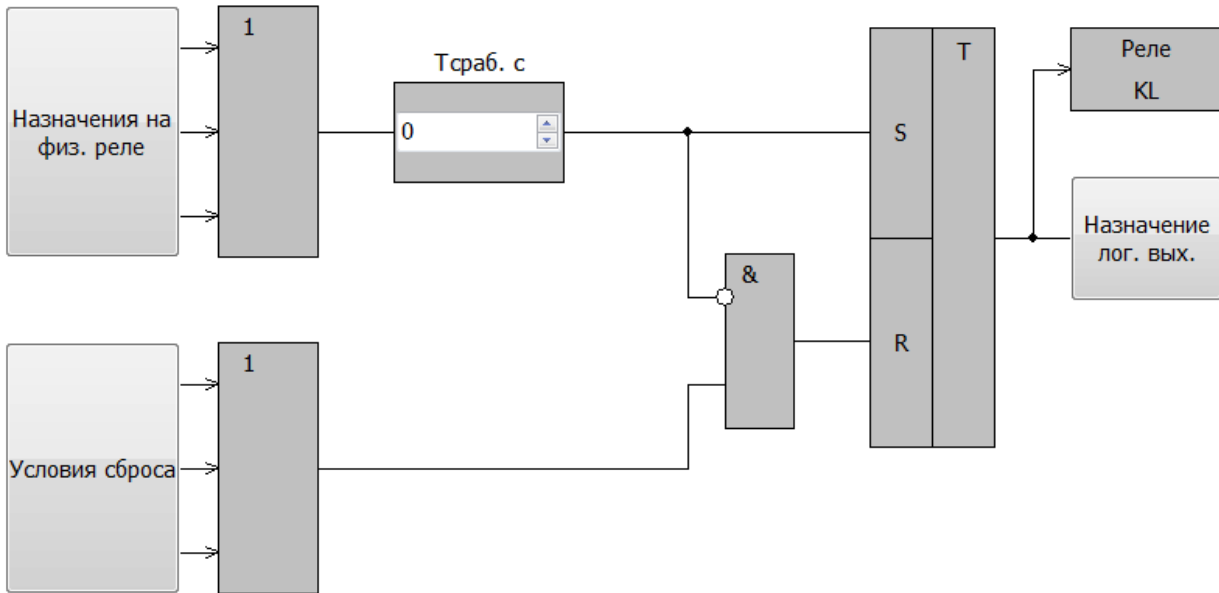


Рисунок 62 – Алгоритм работы реле в режиме с фиксацией

Временная диаграмма работы реле в режиме с фиксацией представлена на (Рисунок 63).

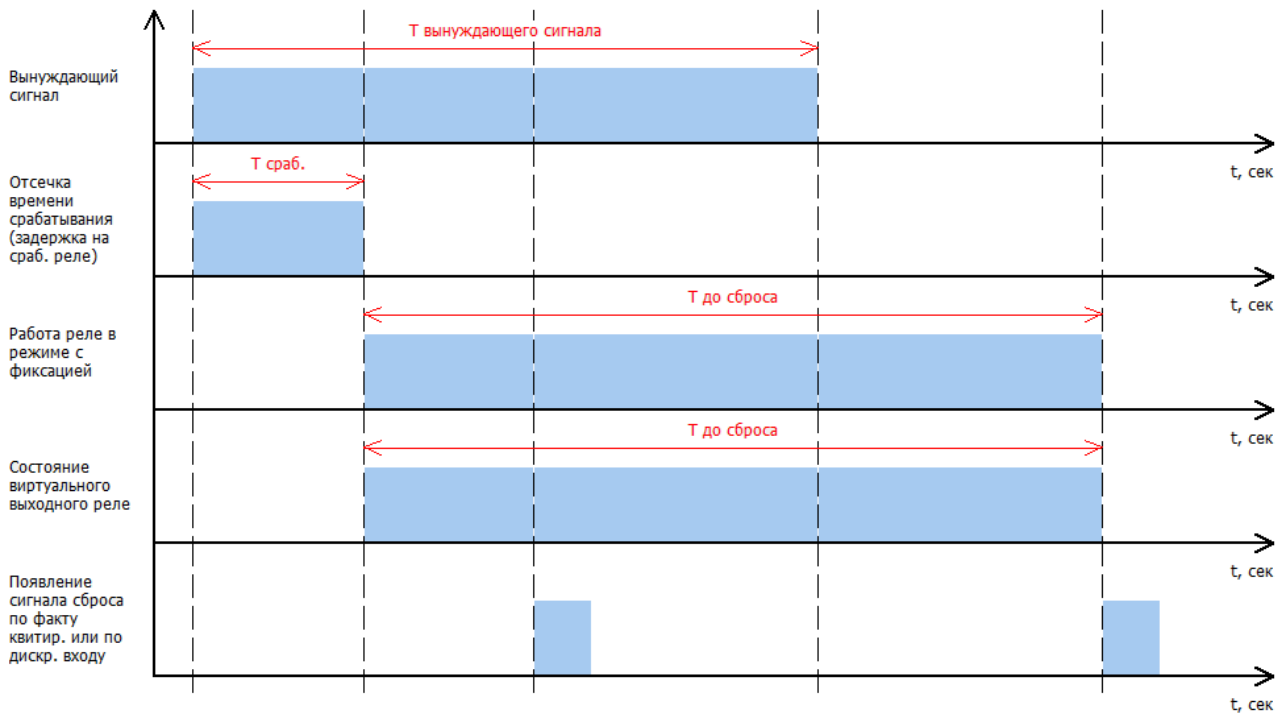


Рисунок 63 – Временная диаграмма работы реле в режиме с фиксацией



**Функции, на которые могут быть назначены логические выходы реле *KL1...40*:**

- Блокировка: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3; УРОВ 1...2, ЧАПВ, ЛЗШ 1...2, АВР/ ВНР, АПВ.
- Ускорение: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2.

**Список выходов функций, которые могут быть назначены как вынуждающие сигналы на включение реле *KL1...40*:**

- Пуск: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8;
- Работа: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ 1...2, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8, АПВ 1...2, АЧР 1...2, ЧАПВ 1...2, НЦЭВО, АВР, ВНР;
- Работа с ускорением: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ЛЗШ 1...2;
- Работа АУВ: Включение ВВ; Отключение ВВ; Аварийное отключение ВВ, РМБ;
- Ресурс выключателя;
- *DII...40*;
- Команда ТУ на *KL1...40*;

**Список выходов функций, которые могут быть назначены на сброс реле *KL1...40* в режиме работы с фиксацией:**

- По факту квитирования (Ввод/вывод);
- По одному из дискретных входов *DII...40* (по выбору);
- Отключение ВВ;
- Включение ВВ;
- Пуск ДФ 1... 8.

**4.23 Работа устройства при питании от тока**

В устройстве предусмотрена возможность работы при питании от тока. Устройство начинает работать при подаче от 4 А по одной из фаз токового источника питания.

При питании только от тока (питание по напряжению отсутствует) в устройстве есть аппаратные ограничения, отключаются следующие компоненты:

- индикатор на передней панели;

- светодиоды на передней панели;
- связь по *USB* и по *RS-485*;
- работа выходных реле, кроме реле *KL1...4*, которые размещены на модуле *PW-RL*;
- работа дискретных входов, кроме входов реле *DII...4*, которые размещены на модуле *CPU*.

При наличии напряжения питания никаких аппаратных ограничений нет.

В устройстве есть исполнения с дешунтированием и конденсатором на 24 В. Управляющий сигнал на разряд конденсаторов и на работу дешунтирования формируется параллельно с одним из реле, которое предварительно назначено на данную функцию. После назначения управляющего реле данные функции повторяют работу реле.

Конденсатор на 24 В заряжается как от сети 220 В, так и от токового питания.

В модуле *AD-M2* предусмотрен внутренний источник для питания до 4 дискретных входов. При этом напряжение питания дискретных входов должно быть 110 В. Рекомендуется запитывать от внутреннего источника *DII...4*, т.к. они установлены на модуле *CPU* и остаются в работе при наличии только токового питания.

#### 4.24 Работа светодиодной индикации

В устройстве на лицевой панели установлено шестнадцать двухцветных программируемых светодиодов, два светодиода индицирующих положение выключателя и светодиод режима «Исправно». На планке выхода порта *RS-485* два светодиода, сигнализирующих о работе порта связи и один светодиод, указывающий состояние предохранителя в цепи питания. Цвет свечения программируемых светодиодов красный или зеленый задается из меню.

На входы каждого программируемого светодиода назначаются вынуждающие сигналы на включение. Все вынуждающие сигналы объединяются по логике «ИЛИ».

Каждый программируемый светодиод может работать в двух режимах, которые задаются из меню: потенциальный или с фиксацией.

В потенциальном режиме светодиод включается в момент прихода одного из вынуждающих сигналов на время действия вынуждающего сигнала и отключается после снятия вынуждающего сигнала.

Алгоритм работы светодиодов в потенциальном режиме представлен на (Рисунок 64).

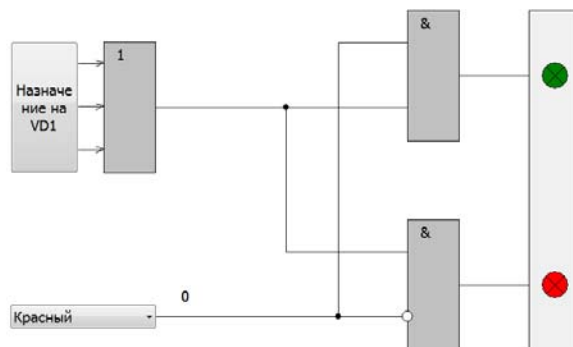


Рисунок 64 – Алгоритм работы светодиодов в потенциальном режиме

Временная диаграмма работы реле в потенциальном режиме представлена на (Рисунок 65).

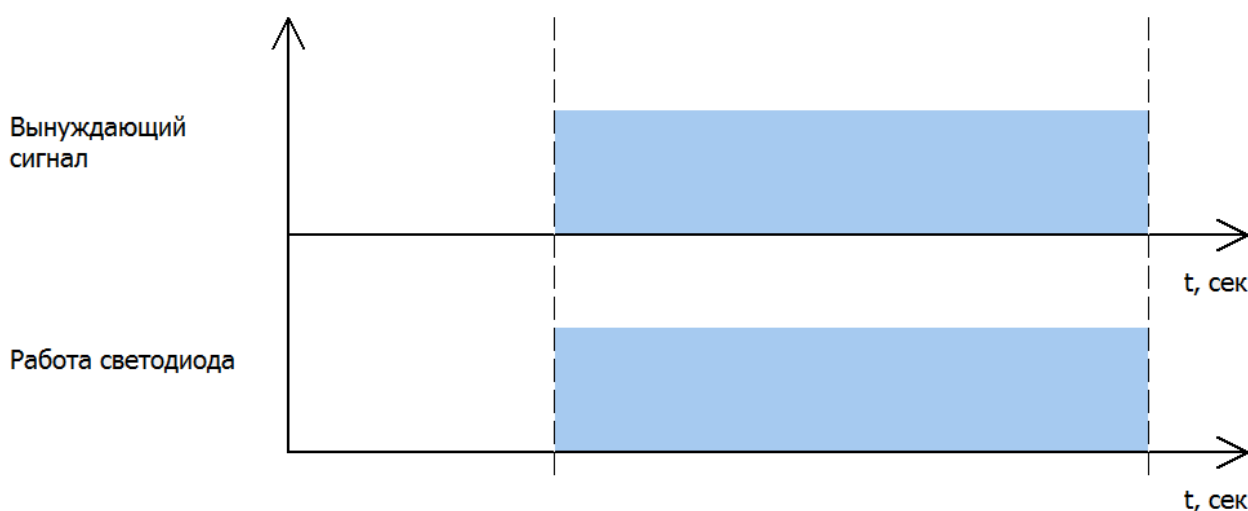


Рисунок 65 – Временная диаграмма работы светодиодов в потенциальном режиме

В режиме с фиксацией светодиод включается в момент прихода одного из вынуждающих сигналов на время действия вынуждающего сигнала. Отключается по факту прихода сигнала «Сброс».

Алгоритм работы светодиодов в режиме с фиксацией представлен на (Рисунок 66).

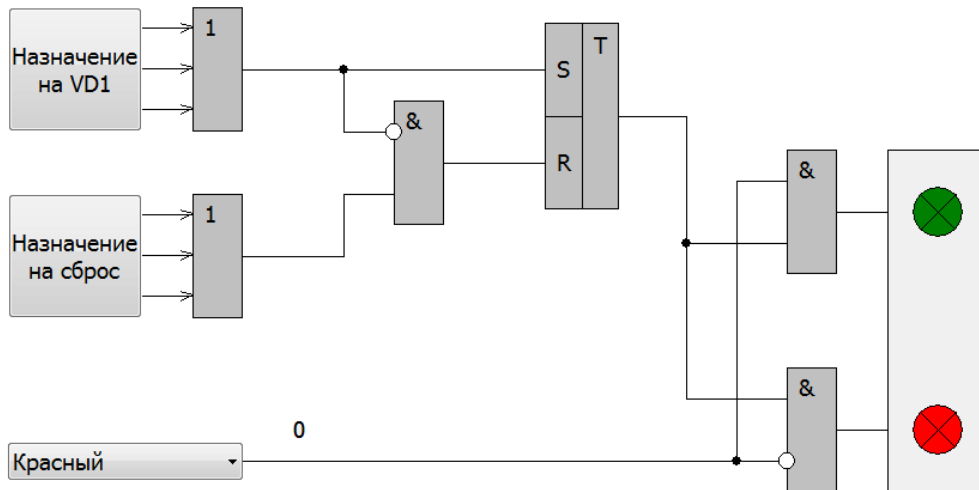


Рисунок 66 – Алгоритм работы светодиодов в режиме с фиксацией

Временная диаграмма работы светодиодов в режиме с фиксацией представлена на (Рисунок 67).

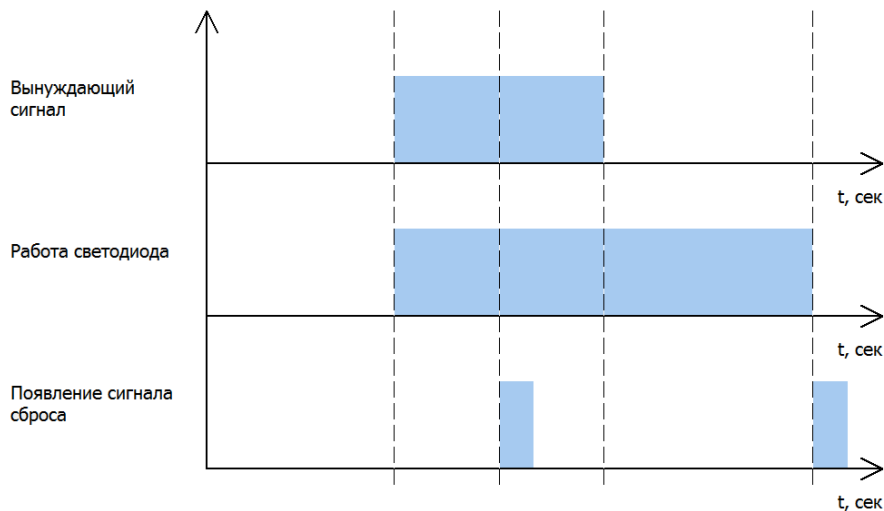


Рисунок 67 – Временная диаграмма работы светодиодов в режиме с фиксацией

**Список выходов функций, которые могут быть назначены на включение светодиодов VD1 ... 16:**

- Пуск: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8;
- Работа: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8, АПВ 1...2, АЧР 1...2, ЧАПВ 1...2, НЦЭВО, АВР, ВНР;
- Работа с ускорением: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2;
- Работа АУВ: Включение ВВ; Отключение ВВ; Аварийное отключение ВВ, РМБ;

- Ресурс выключателя;
- $DII...40$ ;

**Список выходов функций, которые могут быть назначены на сброс светодиодов  $VD1... 16$ : в режиме работы с фиксацией:**

- По факту квитирования (Ввод/вывод);
- По одному из дискретных входов  $DII...40$  (по выбору);
- Отключение ВВ;
- Включение ВВ;
- Пуск ДФ 1...8.

#### 4.25 Журнал аварий

Устройство имеет встроенный журнал аварий. Журнал пишет по стеку до 254 сообщений. Для записи сообщения в журнал аварий необходимо разрешить запись его через меню.

Сообщение об аварийном отключении записывается в журнал аварий без предварительного разрешения.

Сообщения, для которых есть возможность разрешения или запрета записи в журнал аварий: МТЗ 1...5, ЗНЗ 1...4, ЗНЗ ВГ 1...2, ОБР 1...2, ДГЗ 1...3, АЧР, ЧАПВ, ЛЗШ, УРОВ 1...2, НЦТ, Дф 1...8, АПВ 1...2, АЧР 1...2, ЧАПВ 1...2, НЦЭВО, АВР, ВНР.

Для записи указанных сообщения в журнал событий необходимо разрешить в меню конфигурации данное действие.

Отдельно от указанного списка сообщений стоит сообщение «Аварийное отключение». Данное сообщение не зависит от разрешений и пишется в журнал аварий всегда. Допускается переименование дополнительных функций на произвольные имена (можно только через «BURZA») длиной 5 символов с записью в журнал аварий после переименования указанных имен вместе с номерами дополнительных функций.

К каждому сообщению в журнале аварий дополнительно пишется:

- дата и время сообщения;
- название сработавшей ступени защиты или автоматики;
- вид повреждения и поврежденные фазы
- аналоговые сигналы:  $I_A, I_B, I_C, 3I_0, 3U_0$  в виде модулей и аргументов (углов);

- состояния дискретных входов *DII...40*;
- состояния релейных выходов *KLI...40*;
- ОМП – после срабатывания МТЗ.

После любой новой записи в журнал аварий устройство автоматически переходит в режим чтения журнала аварий (последней записи) на цифровом индикаторе с возможностью перемещением по его содержимому, клавишами «Вверх» - «Вниз». Выход из такого состояния осуществляется квитированием или по факту включения выключателя.

#### 4.26 Журнал событий

Устройство имеет встроенный журнал событий. Журнал пишет по стеку до 254 сообщений. Для записи сообщения в журнал аварий необходимо разрешить запись его через меню.

**Сообщения, для которых есть возможность разрешения или запрета записи в журнал событий:**

- Пуск защит;
- Работа защит;
- Работа автоматики управления выключателем;
- Изменение состояния дискретных входов;
- Изменение состояния дискретных выходов;
- Блокировки и компараторы функций.

**Сообщения, которые всегда пишутся в журнал событий:**

- квитирование;
- изменение группы уставок на 1...2;
- команда на включение от кнопки с ЛП;
- команда на отключение от кнопки с ЛП;
- команда на включение по *DI*;
- команда на отключение по *DI*;
- команда на включение по сети;
- команда на отключение по сети;
- команда на включение ВВ;

- команда на отключение ВВ;
- команда на аварийное отключение ВВ;
- изменение уставок;
- время включения устройства;
- время отключения устройства.

К каждому сообщению в журнале событий дополнительно пишется:

- дата и время сообщения;
- тип сообщения.

#### 4.27 Программное обеспечение (ПО)

Программное обеспечение «BURZA» специально разработано для наладчиков устройства, предоставляя простую и эффективную работу с устройством. ПО используется как средство эффективного доступа к параметрам устройства, получения и задания уставок, получение информации о текущих величинах и данных аварийных процессов.

ПО предоставляет пользователю следующие преимущества:

- простой, удобный и наглядный интерфейс пользователя,
- работа с параметрами в оперативном режиме (*on-line*) и с файлами параметров в автономном режиме (*off-line*);
- параметризация и выгрузка осциллограмм;
- расширяемость системы;
- поддержка протокола *Modbus-RTU*;
- локальное применение через передний и задний порт;
- простота использования и минимум затрат на конфигурацию.

#### 4.28 Коммуникационные интерфейсы и протоколы

Параметры коммуникационных интерфейсов задаются при помощи сервисного ПО «BURZA». Все параметры настраиваются независимо для каждого порта. Доступ к настройкам коммуникационных интерфейсов устройства осуществляется из главного меню (пункт «Настройки COM-модуля»).

### 4.28.1 Настройки RS-485

Интерфейс *RS-485* предназначен для организации локальной информационной сети и допускает включение в одну сеть до 32 устройств. Устройство может содержать до двух портов с интерфейсом *RS-485*. Интерфейс *RS-485* обеспечивает возможность связи с системой управления верхнего уровня (*SCADA*) по протоколам *Modbus RTU* и *IEC60870-5-103*.

На (Рисунок 68 - Рисунок 70) представлены настройки порта *RS-485* в программе «*BURZA*».

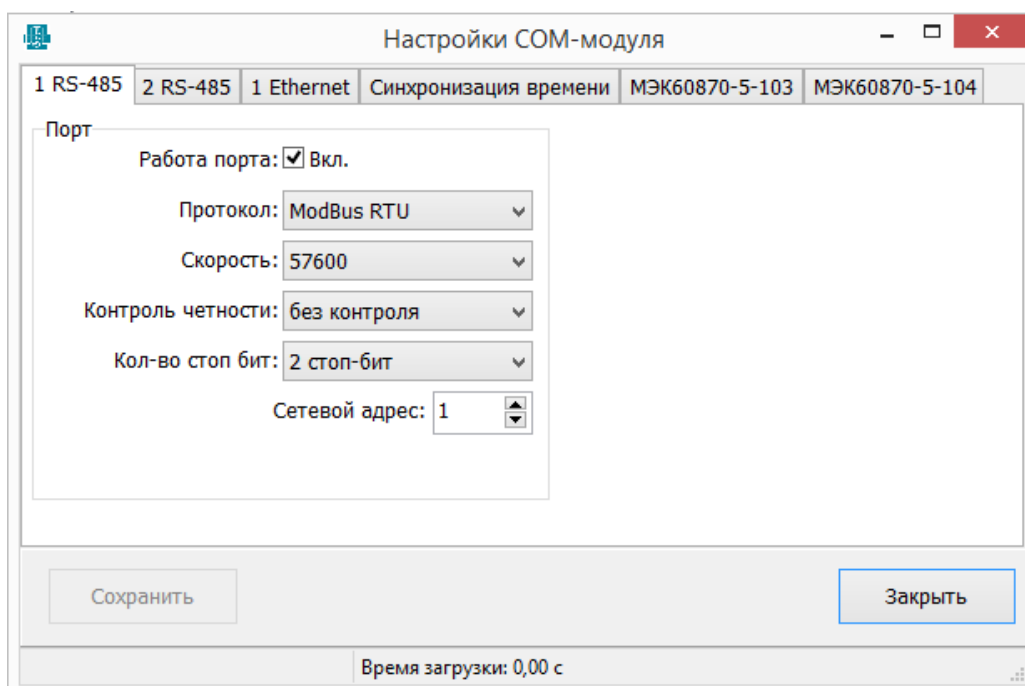


Рисунок 68 – Параметры порта *RS-485* для протокола *Modbus RTU*

Протокол *МЭК60870-5-103*, как и протокол *Modbus-RTU*, использует небалансную передачу. Управляющая система является ведущей, а устройство защиты ведомым, то есть управляющая система всегда является первичной станцией, а устройство защиты — всегда вторичной станцией. Первична станция всегда является инициатором на линии. Вторична станция (устройство защиты) всегда ожидает запроса от первичной станции, чтобы отправить собственное сообщение.

Для широковещательной передачи используется адрес 255.



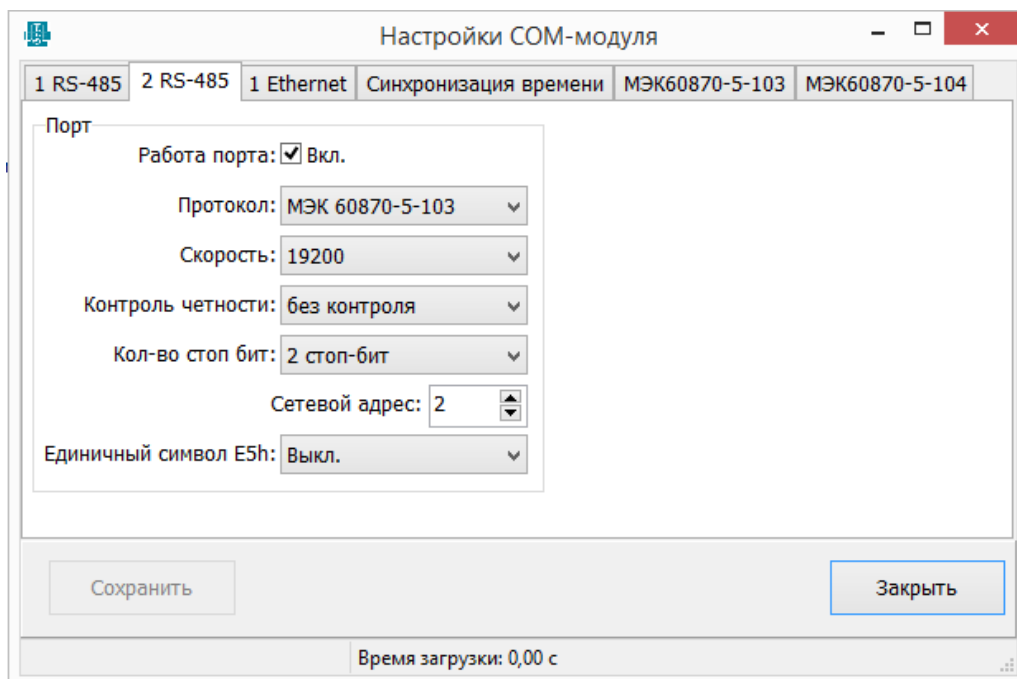


Рисунок 69 – Параметры порта *RS-485* для протокола *МЭК60870-5-103*

При поступлении запроса устройство выдает сообщение о возникновении события. Событиями в устройстве являются изменения состояния дискретных входов и релейных выходов. Так как в устройстве заложены принципы свободно конфигурированной логики, то на каждый дискретный вход или релейный выход можно назначить один или комбинацию большого количества сигналов. Таким образом, сконфигурировав нужным образом дискретные входы и релейные выходы можно получить интересующий набор выходных сигналов устройства. Например, на дискретный вход может быть назначено (в любой комбинации): блокировка любой из защит, ускорение любой защиты, блокировка УРОВ, блокировка АПВ и пр. На релейный выход может быть назначено: пуски/срабатывания любых защит, пуски/срабатывания УРОВ, работу АЧР, работу АПВ и пр. Допускается назначение на так называемое «виртуальное» реле, за которым не закреплено физическое реле, но с помощью которого можно получать состояния сигналов устройства, не выведенных на физические релейные выходы.

По протоколу *МЭК60870-5-103* можно произвести точную синхронизацию времени (согласно стандарту, п. 7.4.2 «команда установки времени содержит текущее реальное время в момент, когда передается первый бит сообщения»), получить значения

всех измеряемых и рассчитываемых величин, передавать команды телеуправления (релейные выходы, выключатель).

На (Рисунок 70) представлено окно для выбора событий для спорадической передачи.

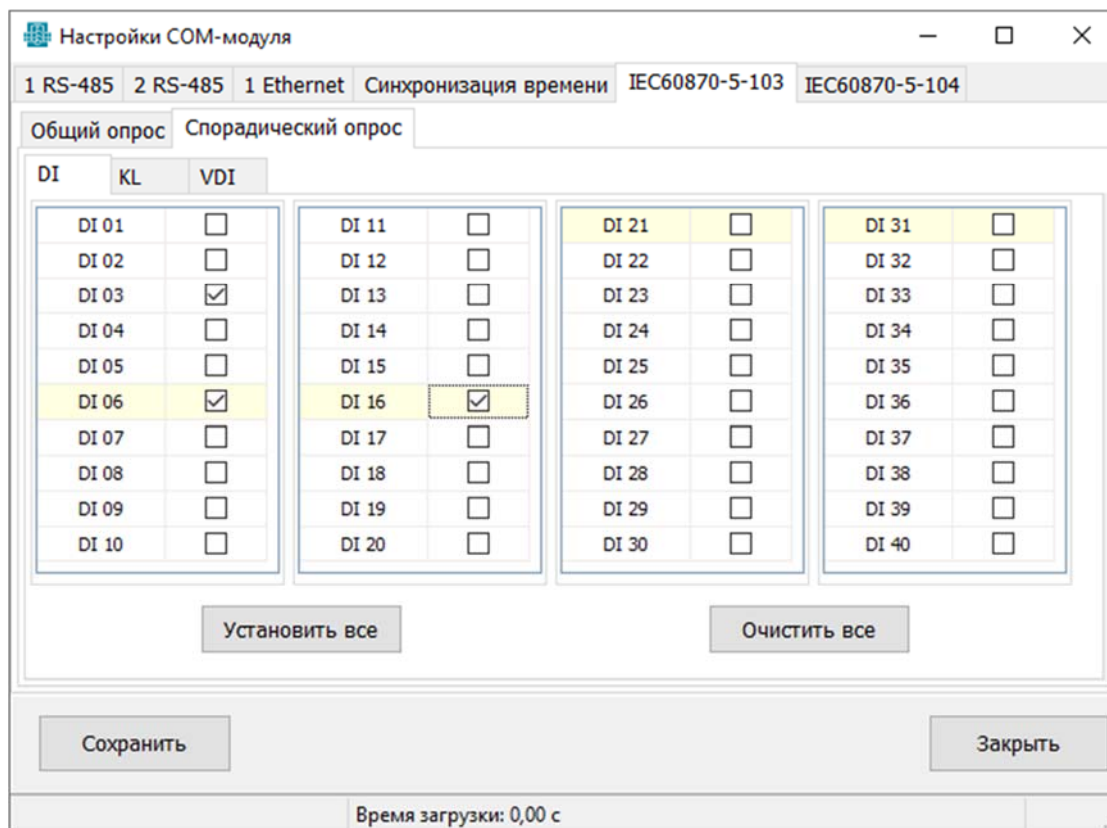


Рисунок 70 – Выбор событий для спорадической передачи

В окне имеется 3 вкладки:

- *DI* – состояние дискретных входов
- *KL* – состояние релейных выходов
- *VDI* – состояние виртуальных дискретных входов

Настройка событий для процедуры общего опроса аналогична процедуре настройки событий для спорадической передачи.

Настройки Общего опроса и Спорадического опроса для протокола МЭК60870-5-103 общие для всех портов *RS-485*.

#### 4.28.2 Настройки *Ethernet*

Электрический интерфейс *Ethernet* доступен в устройстве при наличии модуля *CPU-LJ*, *CPU-EE* или *COM-LE4* (1 порт *RJ-45*), оптический интерфейс доступен в модуле *CPU-LO*, *CPU-EO* или *COM-LO4* (1 порт *SC*).

Модули обеспечивают поддержку двух протоколов передачи данных: *МЭК60870-5-104* и *Modbus TCP*. Каждый протокол поддерживает до 4-х активных клиентских соединений.

Параметры сети при работе по интерфейсу *Ethernet* настраиваются через *USB*, «1 *RS-485 порт*», «2 *RS-485 порт*» по протоколу *Modbus RTU*.

Вкладка «Глобальные настройки» (Рисунок 71) содержит *MAC*-адрес устройства (изменять *MAC*-адрес нельзя) и настройки *IP*-адреса устройства, маски подсети и основного шлюза.

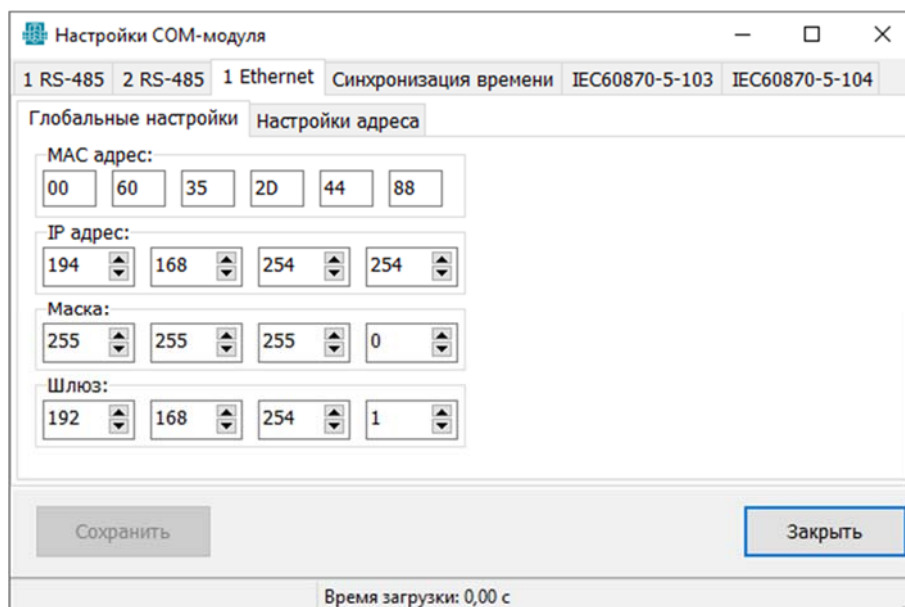


Рисунок 71 – Глобальные настройки сети *Ethernet*

Вкладка «Настройки адреса» (Рисунок 72) предназначена для настройки фильтра *IP*-адресов. Здесь можно задать до 4-х разрешенных *IP*-адресов. Настройки фильтра *IP*-адресов распространяются на протоколы *МЭК60870-5-104*, *Modbus TCP*. Если не выбран ни один из адресов, фильтр *IP*-адресов отключен и доступ к устройству разрешен с любого *IP*-адреса.

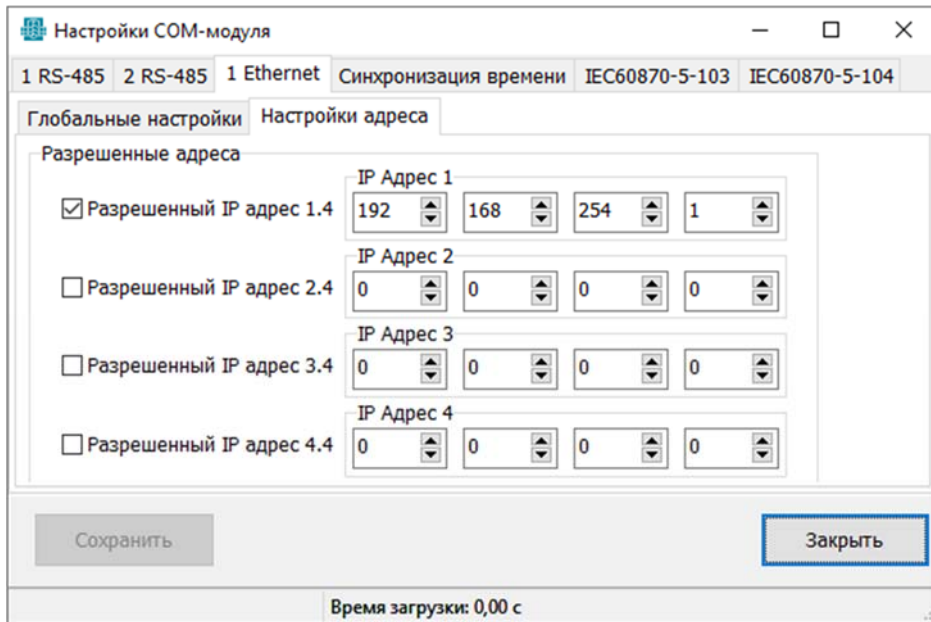


Рисунок 72 – Настройка фильтра IP-адресов

Локальная сеть для протокола *МЭК60870-5-104* строится по топологии «звезда» (Рисунок 73).

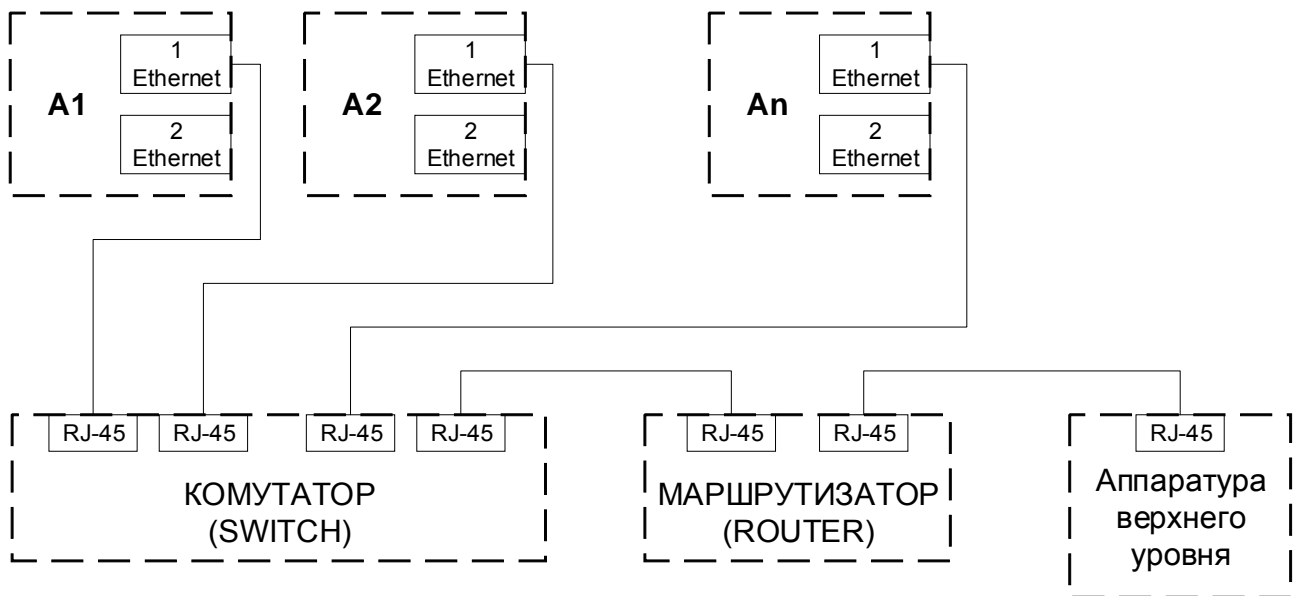


Рисунок 73 – Организация локальной сети для протокола *МЭК60870-5-104*

Протокол *МЭК60870-5-104* использует *TCP*-соединение по фиксированному порту 2404. Инициатором *TCP*-соединения всегда выступает аппаратура верхнего уровня, а устройство настроено на прием *TCP*-запроса на соединение. После установления соединения аппаратура верхнего уровня и устройство может обмениваться данными. Однако перед началом передачи данных нужно послать специальный запрос (*START\_DT*), разрешающий устройству передавать данные. Каждая

передача данных в любую сторону должна подтверждаться «квитанцией» с противоположной стороны. Если на момент разрыва *TCP*-соединения устройство содержит не подтвержденные пакеты с данными, то при следующем *TCP*-соединении устройство повторно их передаст. Количество данных (пакетов данных), которое устройство может отправить без подтверждения, ограничивается параметрами протокола *k* и *w*.

Параметры протокола *МЭК60870-5-104* настраиваются по любому доступному интерфейсу с использованием протокола *Modbus-RTU: USB*, «*1 RS-485 порт*» или «*2 RS-485 порт*». Параметры протокола представлены в (Таблица 34).

Таблица 34 – Параметры протокола *МЭК60870-5-104*

Наименование	Параметры <i>МЭК60870-5-104</i>	Комментарий
Адрес <i>ASDU</i>	1...65535	
<i>k</i>	1...32767	Передатчик прекращает передачу при достижении числа <i>k</i> неподтвержденных <i>APDU</i> формата <i>I</i>
<i>w</i>	1...32767	Передатчик передает подтверждение по крайней мере после получения <i>w</i> <i>APDU</i> формата <i>I</i>
<i>t1</i>	1...255 с	Тайм-аут при посылке или тестировании
<i>t2</i>	1...255 с	Тайм-аут для подтверждения в случае отсутствия сообщения с данными $t2 < t1$
<i>t3</i>	1...255 с	Тайм-аут для посылки блоков тестирования в случае долгого простоя

Основные параметры можно настроить на вкладке «Общие настройки» для протокола *МЭК60870-5-104* показанной на (Рисунок 74).

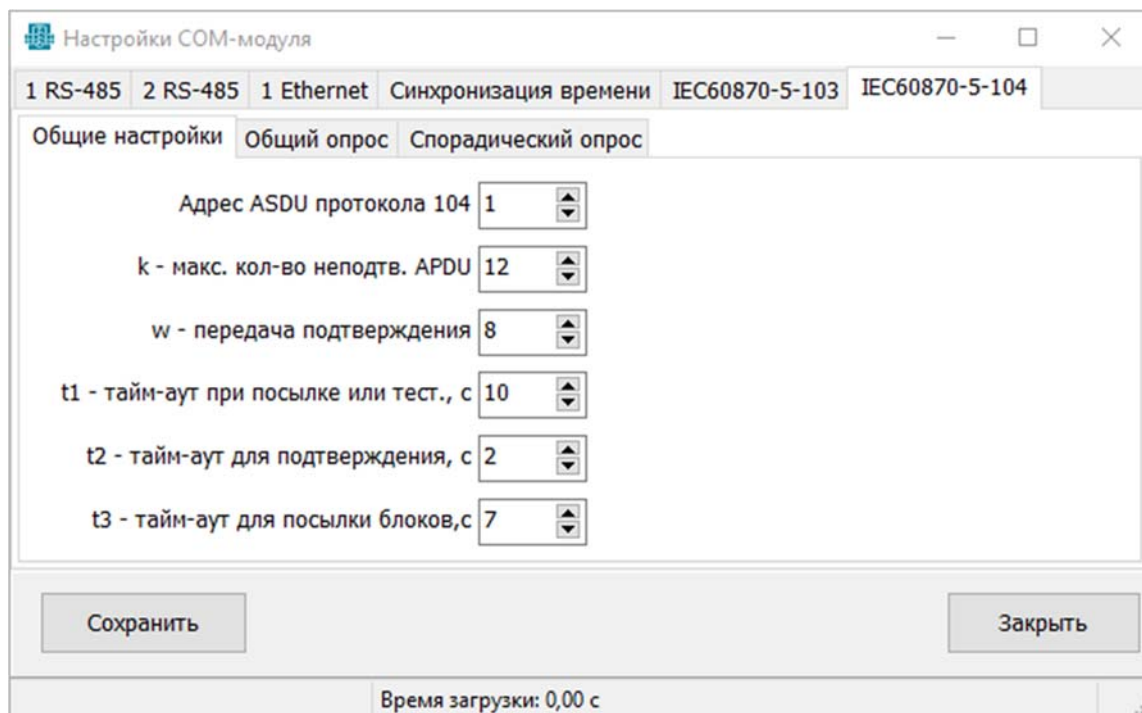


Рисунок 74 – Окно общих настроек протокола МЭК60870-5-104

Настройка сигналов, участвующих в общем опросе, производится на вкладке «Общий опрос» (Рисунок 75). В окне показан древовидный список сигналов, которые участвуют в общем опросе.

Все сигналы разделены на 5 категорий:

- *DI* – состояние дискретных входов
- *KL* – состояние релейных выходов
- *VDI* – состояние виртуальных дискретных входов
- *DIQ* – двухэлементные сигналы
- *AV* – аналоговые сигналы.

Для редактирования списка сигналов нужно нажать на кнопку «Редактировать сигналы» и в открывшемся окне (Рисунок 76) выбрать нужные сигналы. Аналоговые сигналы (*AV*) передаются в первичных величинах в формате *IEEE STD 754*.

Настройка сигналов для спорадической передачи производится на вкладке «Спорадический опрос» (Рисунок 77). Процедура выбора нужных сигналов аналогична процедуре выбора сигналов для общего опроса.

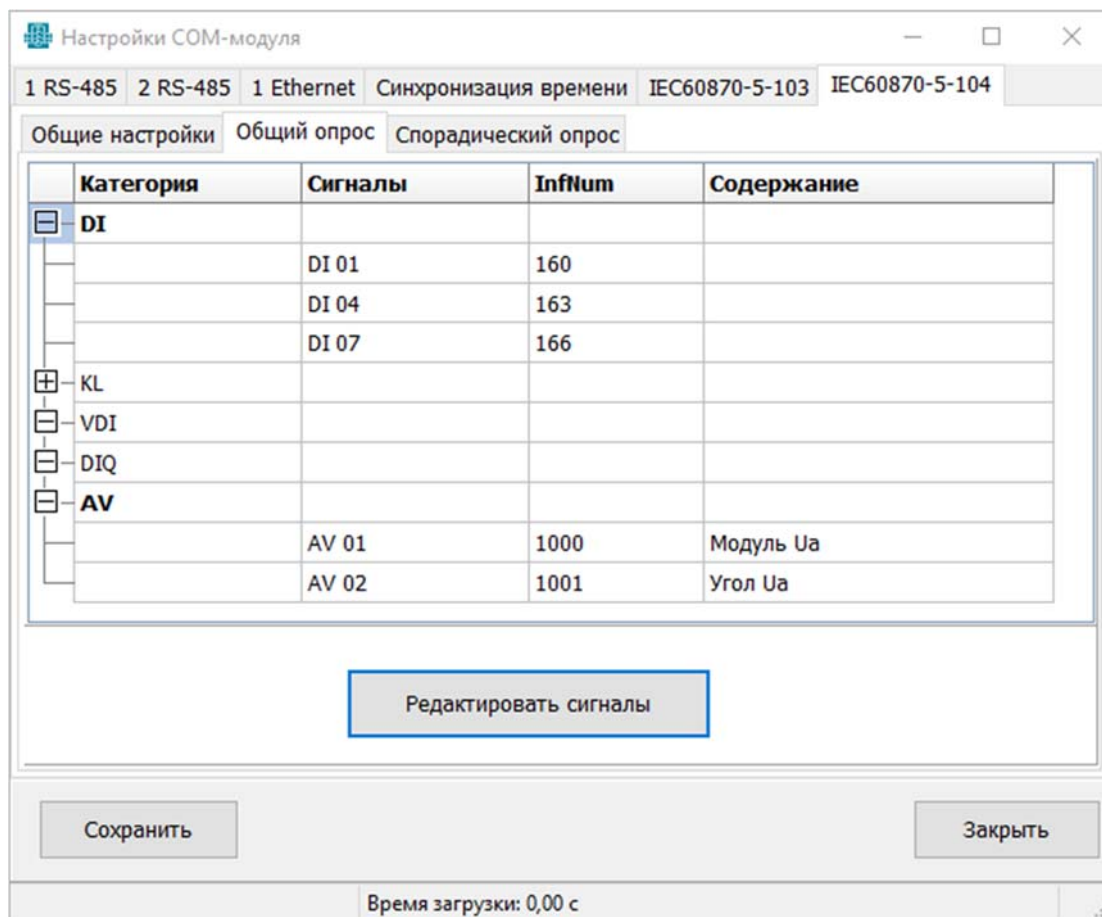


Рисунок 75 – Окно настройки сигналов общего опроса

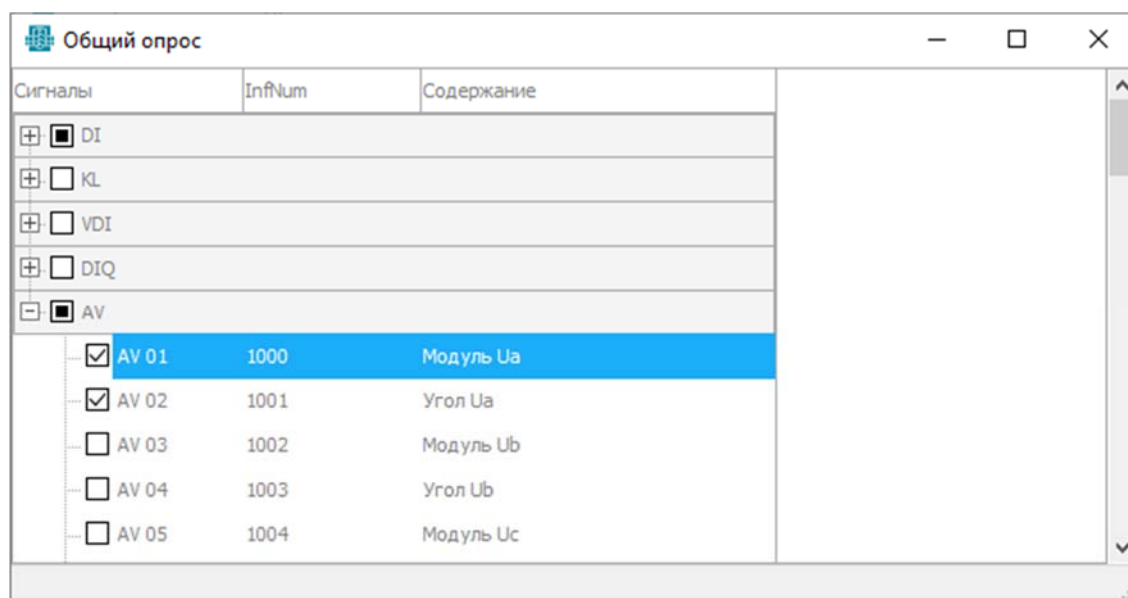


Рисунок 76 – Окно выбора сигналов общего опроса

Для аналоговых сигналов (AV) во вкладке «Спорадический опрос» дополнительно задается зона нечувствительности для каждого сигнала. Аналоговые сигналы передаются в первичных величинах в формате *IEEE STD 754*.



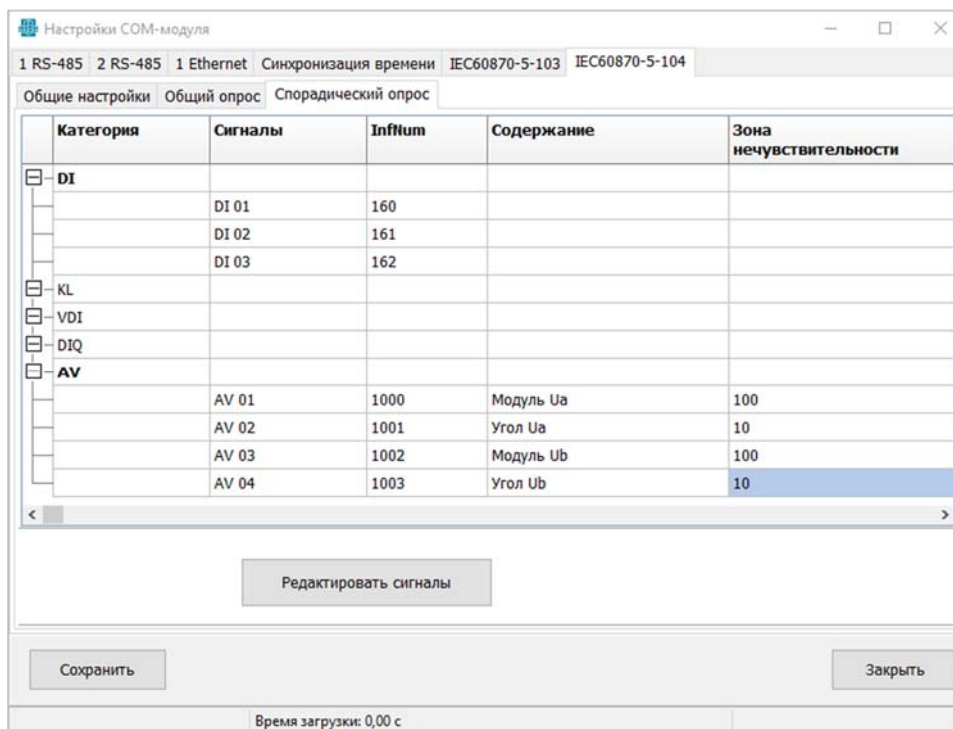


Рисунок 77 – Окно настройки спорадической передачи

### 4.28.3 Настройки синхронизации времени

Устройство поддерживает синхронизацию времени по протоколам *SNTP*, *МЭК60870-5-103* и *МЭК60870-5-104*. Можно настроить до восьми источников синхронизации. На (Рисунок 78) показано окно настройки источников синхронизации и их приоритетов. Синхронизацию по каждому источнику можно включить/отключить. Для каждого источника синхронизации можно задать приоритет от 0 до 31, где 0 – самый высокий приоритет, а 31 – самый низкий.

Синхронизация времени по протоколу *SNTP* работает в режиме запрос-ответ.

Синхронизация времени по протоколу *МЭК60870-5-104* работает только с включенной фильтрацией *IP*-адресов. Каждый источник синхронизации по протоколу *МЭК60870-5-104* соответствует разрешенному *IP*-адресу. Если доступ к устройству разрешен с любого *IP*-адреса синхронизация времени по протоколу *МЭК60870-5-104* производиться не будет.



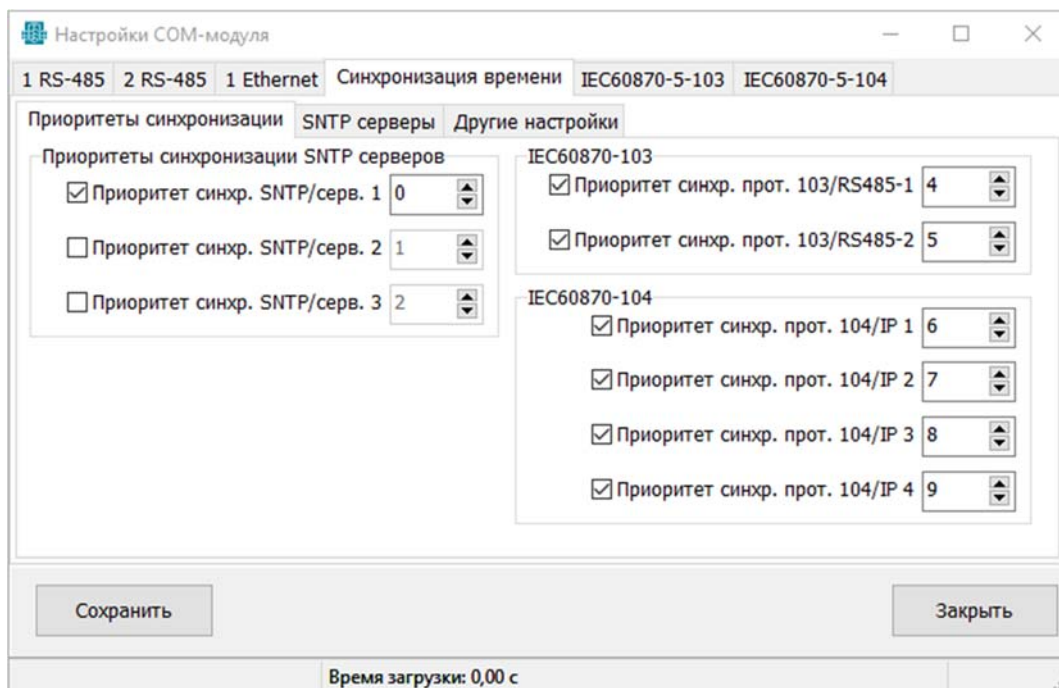


Рисунок 78 – Окно настройки источников синхронизации

На вкладке «*SNTP* серверы» (Рисунок 79) задаются *IP*-адреса *SNTP* серверов. Можно задать до 3-х *SNTP* серверов.

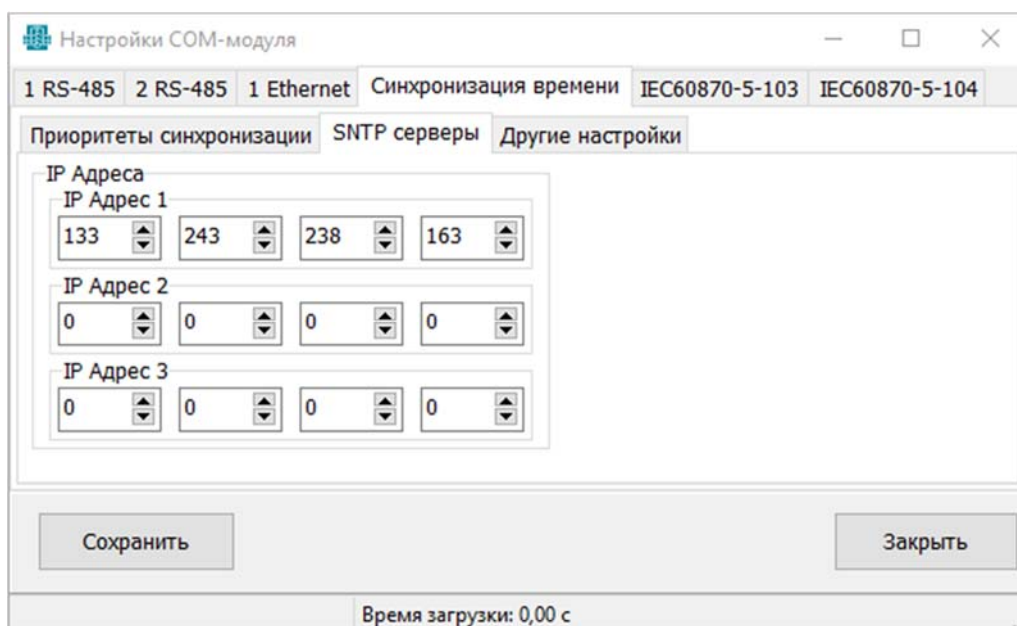


Рисунок 79 – Окно настройки *IP*-адресов *SNTP* серверов.

На вкладке «Другие настройки» (Рисунок 80) задается период синхронизации и часовой пояс. Настройка «Период синхронизации» имеет двойное назначение:

- первое – это время периодичности отправки запросов на сервера по протоколу *SNTP*.

– второе – если за время больше трех периодов синхронизации не было успешной синхронизации времени ни с одним из разрешенных источников синхронизации метка времени устройства становится не валидной.

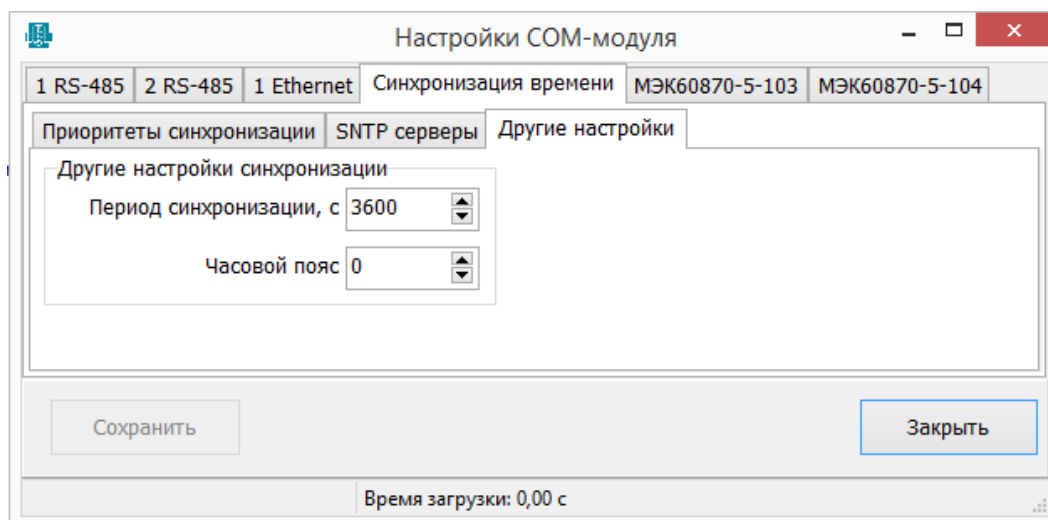


Рисунок 80 – Окно «Другие настройки»

## 5 Техническое обслуживание

### 5.1 Общие указания

Техническое обслуживание устройства предполагает выполнение следующих действий:

- проверку и наладку при первом включении;
- тестовый контроль;
- периодические проверки технического состояния.

### 5.2 Меры безопасности

- Техническое обслуживание устройств должно производиться в режимах и условиях, установленных настоящим Руководством в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок», нормами и правилами по охране труда.

- К проведению работ по техническому обслуживанию должен допускаться квалифицированный персонал, прошедший специальную подготовку и ознакомленный с настоящим Руководством.

- Конструкция устройства по требованиям защиты человека от поражения электрическим током соответствует классу 1 по ГОСТ 12.2.007.0-75.

- Извлечение и замену модулей устройства, а также работы на его внешних соединителях и клеммах следует производить при принятых мерах по предотвращению поражения обслуживающего персонала электрическим током, а также предохранению терминала от повреждения.

- Перед включением и во время работы устройство должно быть надежно заземлено.

### 5.3 Порядок технического обслуживания

- Проверку и наладку при первом включении проводят с максимальным использованием сервисных возможностей, заложенных в устройство.

- Периодические проверки проводят не реже 1 раза в 6 лет. Первая периодическая проверка должна проходить через год после включения устройства. При

периодической проверке выполняется внешний осмотр, удаление пыли, проверка механического крепления, качества электрических соединений и сочленения разъемов. Электрические испытания при периодической проверке могут проводиться в объеме проверок первого включения или в сокращенном объеме, предусмотренном местными регламентами.

- При проверке в объеме профилактического контроля выполняется сравнение измеряемых устройством токов и напряжений текущего режима с показаниями внешних измерительных приборов, сравнение состояния дискретных входов, отображаемого в пункте «Дискретные входы» раздела меню «Контроль» и известного истинного состояния сигналов датчиков, подключенных к дискретным входам, контроль правильности показаний часов и календаря, а также наличия новых записей в журналах аварий, осциллограмм и событий.

- Перед профилактическим контролем вся новая информация из журналов должна переписываться, а осциллограммы обязательно сохраняются в виде компьютерных файлов.

Периодичность профилактического контроля на разных объектах определяется местными регламентами.

#### **5.4 Рекомендации по выполнению проверок при первом включении**

Полный объем проверок при первом включении определяется соответствующими требованиями и специальной методикой. В настоящем разделе приведены рекомендации по выполнению проверок общей работоспособности устройства и его наиболее важных функций с учетом особенностей их реализации.

##### **5.4.1 Проверка работоспособности изделия**

##### **5.4.2 Внешний осмотр**

Провести внешний осмотр устройства, убедиться в отсутствии внешних повреждений и соответствии исполнения устройства.

##### **5.4.3 Проверка электрического сопротивления изоляции**

Проверку электрического сопротивления изоляции выполняют между цепями устройства.

Сопротивление изоляции должно быть не меньше 50 Мом.

#### 5.4.4 Проверка светодиодов

Зайти в пункт меню «Диагностика» → «Проверка светодиодов» и нажать кнопку «Ввод». В результате, до момента отпускания кнопки «Ввод», сначала должны включиться все светодиоды зеленым цветом, спустя несколько секунд – красным.

#### 5.4.5 Проверка цифрового индикатора

Зайти в пункт меню «Сервис» → «Диагностика» → «Тест индикатора» и нажать кнопку «Ввод». В результате должны погаснуть все пиксели индикатора. При нажатии кнопки навигации «Вверх» или «Вниз» должны засветиться все пиксели индикатора.

#### 5.4.6 Проверка кнопок управления

Зайти в пункт меню «Сервис» → «Диагностика» → «Проверка кнопок». После нажатия на кнопки управления на индикаторе должно отобразиться название кнопки. При нажатии на кнопку «Сброс», должен произойти выход из меню «Проверка кнопок».

#### 5.4.7 Проверка дискретных входов

- Зайти в пункт меню «Контроль» «Дискретные входы и выходы» → «Сост. ДИ ...40».
- Подавать поочередно на входы напряжение оперативного тока.

Убедиться в появлении «1» в ячейках, соответствующих тому дискретному входу, на который подается напряжение. Убедиться в появлении «0» при снятии напряжения с входа.

#### 5.4.8 Проверка аналоговых входов

Зайти в пункт меню «Измерения» и по очереди вызывая отображение контролируемых устройством токов и напряжений сравнивать их значения с показаниями соответствующих внешних измерительных приборов.

### 5.5 Замена батареи резервного питания

Новый элемент питания (батарея типа *ER10450, 3.6 В, 800 мА\*ч*) в устройстве без оперативного питания обеспечивает хранение информации в среднем в течение 5 лет.

Расчетный срок службы батареек при условии присутствия на реле напряжения в течение 90 % времени – 10 лет.

О разряде батареи сигнализирует мигание соответствующего символа на индикаторе устройства. В появлении данного сигнала необходимо произвести замену элемента питания. Для установки/извлечения/замены батареи, необходимо отключить устройство от питания и извлечь модуль *PW-RL* из устройства. Отсек для установки литиевой батареи расположен на плате модуля.

## 6 Текущий ремонт

- Устройство представляет собой достаточно сложное изделие и ремонт его должен осуществляться квалифицированными специалистами с помощью специальной отладочной аппаратуры.
- При отказе элементов печатных плат допускается замена вышедшего из строя модуля на исправный.
- Ремонт устройств в послегарантийный период целесообразно организовать централизованно, например, в базовой лаборатории энергосистемы или по договору с изготовителем.

## 7 Средства измерения, инструменты

- Для проведения контрольных операций, регулировок, настройки, выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту изделия, для измерения параметров работы устройства, указанных в настоящем Руководстве, следует применять универсальные измерительные приборы с классом точности не хуже 0,5.
- Для задания и измерения режимов проверок и настроек функций релейной защиты и автоматики устройства рекомендуется использовать автоматизированные испытательные комплексы «РЕТОМ», «РЗА ТЕСТЕР», специализированные установки У5053 или аналогичное оборудование.



## 8 Маркировка и пломбирование

- Устройство снабжается маркировочной табличкой, размещенной на его наружной боковой поверхности с указанием:

- товарного знака и наименования предприятия-изготовителя;
- наименования и обозначения устройства;
- номера исполнения;
- серийного (заводского) номера;
- даты изготовления (месяц и год);
- страны изготовления.

Маркировка выполняется устойчивой к воздействию внешних механических и климатических факторов.

- Пломбировка устройства не предусмотрена.
- Маркировка тары устройства выполняется по ГОСТ 14192 типографским способом или трудноудаляемыми наклейками с наличием манипуляционных знаков «Хрупкое, осторожно», «Верх», «Беречь от влаги».

## 9 Упаковка

- Упаковка устройств, производится в индивидуальную тару из гофрокартона по ГОСТ 23216, для условий хранения и транспортирования и допустимых сроков сохранности, как указано в разделе 1.7.5 (см. ниже).

- При групповой поставке устройств в индивидуальной упаковке, должны укладываться в ящик из гофрированного картона по ГОСТ 9142 или иную аналогичную тару.

- Для предотвращения перемещения устройств в ящике необходимо применять уплотнительные прокладки из гофрокартона или иного пористого предохранительного материала.

На ящике должна быть наклеена этикетка с указанием:

- наименования и товарного знака предприятия-изготовителя;
- наименования и обозначения устройства;
- номера исполнения;
- даты (месяца и года) изготовления;
- количества устройств.

Допускается нанесение данных непосредственно на ящик.

Масса брутто ящика - не более 40 кг.

- Допускается по согласованию с заказчиком отгрузка устройств без транспортной тары в универсальных малотоннажных контейнерах, на паллетах в крытом транспорте с соблюдением мер предосторожности, исключающих повреждение упаковки и устройств при транспортировке.

- В транспортную упаковку укладывается упаковочный лист с указанием номеров исполнений устройств, количества устройств, подписи упаковщика и даты упаковки, штампа отдела технического контроля ОТК.

- Устройства в транспортной таре должны выдерживают без повреждений действие механических факторов по группе «С» ГОСТ 23216 и климатических факторов, соответствующих условиям хранения 5 в соответствии с ГОСТ 15150.

## 10 Хранение

- Условия хранения должны удовлетворять требованиям условий хранения 2 по ГОСТ 15150. Устройства следует хранить в складах изготовителя (потребителя) на стеллажах в потребительской таре.
- Допускается хранение в складах в транспортной таре. При этом тара должна быть очищена от пыли и грязи. Размещение устройств на складах должно обеспечивать их свободное перемещение и доступ к ним. Расстояние между стенами, полом, потолком склада и устройством должно быть не меньше, чем 100 мм. Расстояние между обогревательными приборами складов и устройством должно быть не меньше, чем 0,5 м.

## 11 Транспортирование

Транспортирование упакованных в тару устройств допускается осуществлять любым транспортом с обеспечением защиты от атмосферных осадков при следующих условиях:

- прямые перевозки автомобильным транспортом на расстояние до 1000 км по дорогам с асфальтовым и бетонным покрытием (дороги первой категории) без ограничения скорости или со скоростью до 40 км/час на расстояние до 250 км по каменным и грунтовым дорогам (дороги второй и третьей категории);
- смешанные перевозки железнодорожным, воздушным (в отапливаемых герметизированных отсеках), речным видами транспорта, в соединении их между собой и автомобильным транспортом, морские перевозки.
- виды отправок при ж/д перевозках – мелкие малотоннажные, среднетоннажные;
- транспортирование в пакетированном виде – по чертежам предприятия-изготовителя;
- при транспортировании должны выполняться правила, установленные в действующих нормативных документах.

Условия транспортирования должны удовлетворять требованиям:

- по действию механических факторов – группе С, в соответствии с ГОСТ 23216;
- по действию климатических факторов – условиям хранения 5, в соответствии с ГОСТ 15150.

## 12 Утилизация

- После окончания срока службы устройство подлежит демонтажу и утилизации.
- В состав устройства не входят драгоценные металлы, а также ядовитые, радиоактивные, взрывоопасные или другие вещества и элементы, представляющие повышенную опасность для здоровья человека или окружающей среды.
- Демонтаж и утилизация устройства не требует применения специальных мер безопасности и может выполняться без специальных инструментов и приспособлений.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Габаритные, присоединительные размеры и виды монтажа устройства РС83-А3

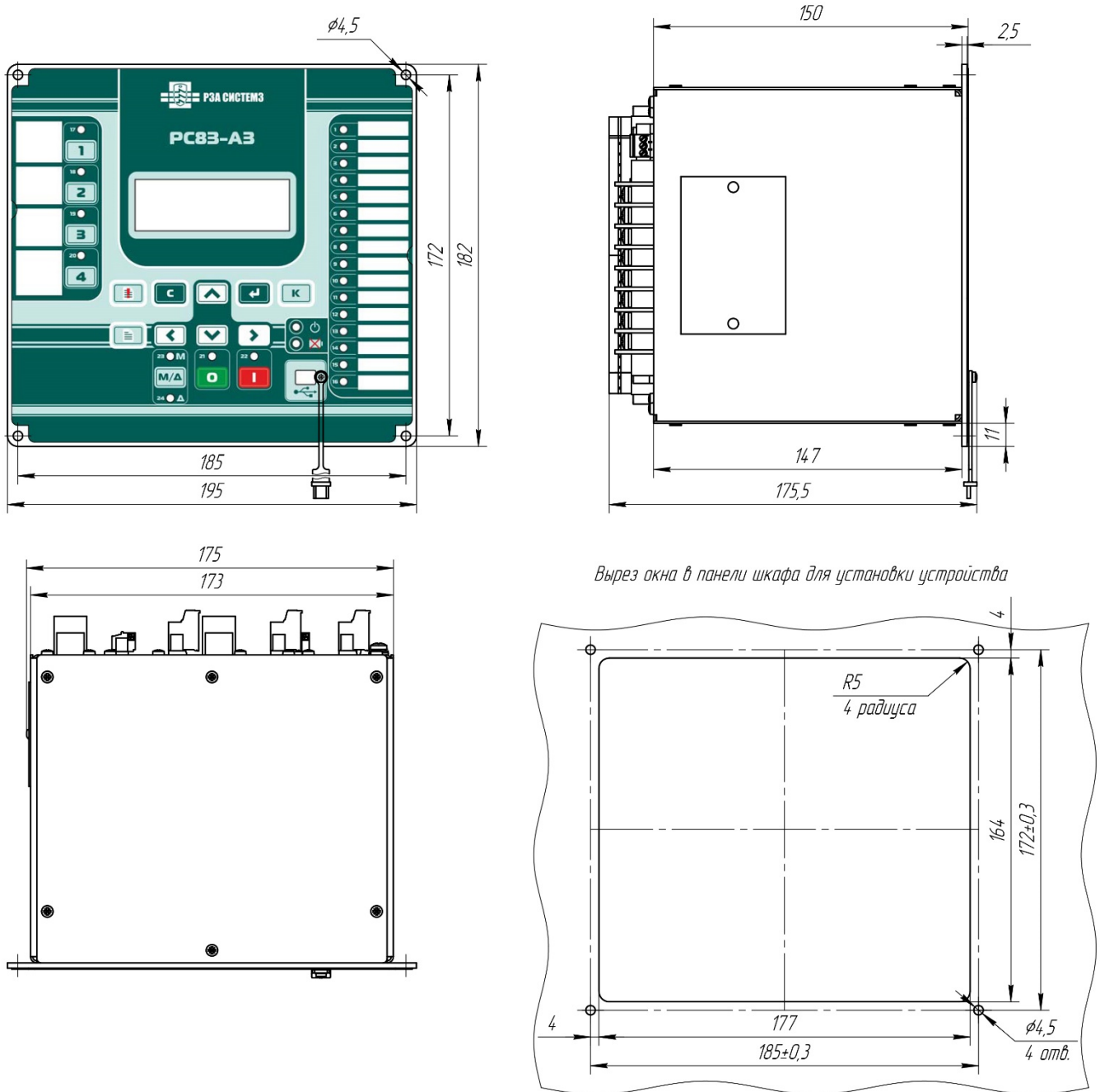


Рисунок А.1 – Габаритные и присоединительные размеры устройства РС83-А3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Схемы внешних подключений устройства РС83-А3

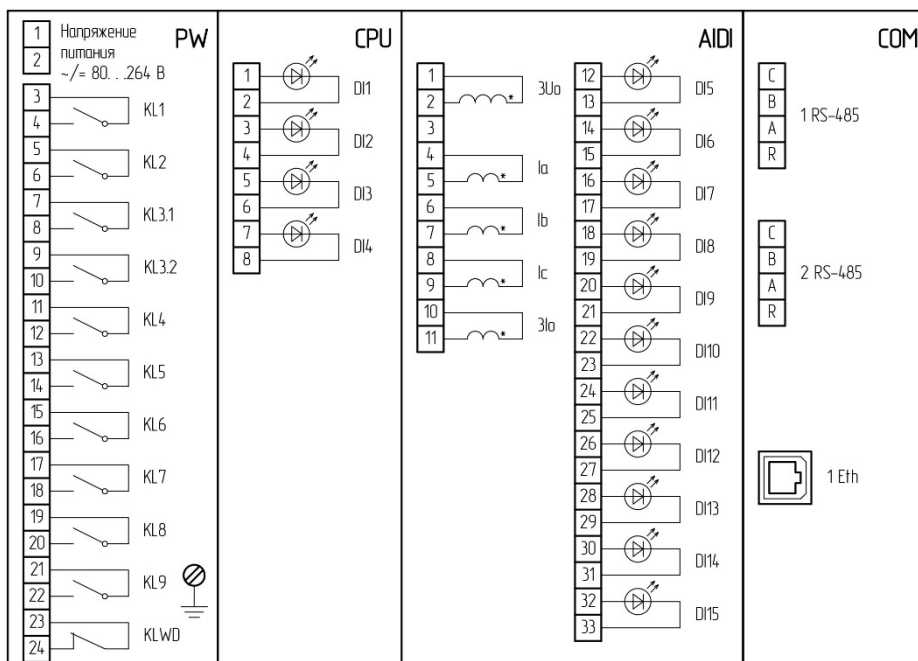


Рисунок Б.1 – Схема подключения устройства РС83-А3 (исполнение с *PW-RL*, 15 *DI*, 10 *KL*, *CPU-L* и *COM-LE4*)

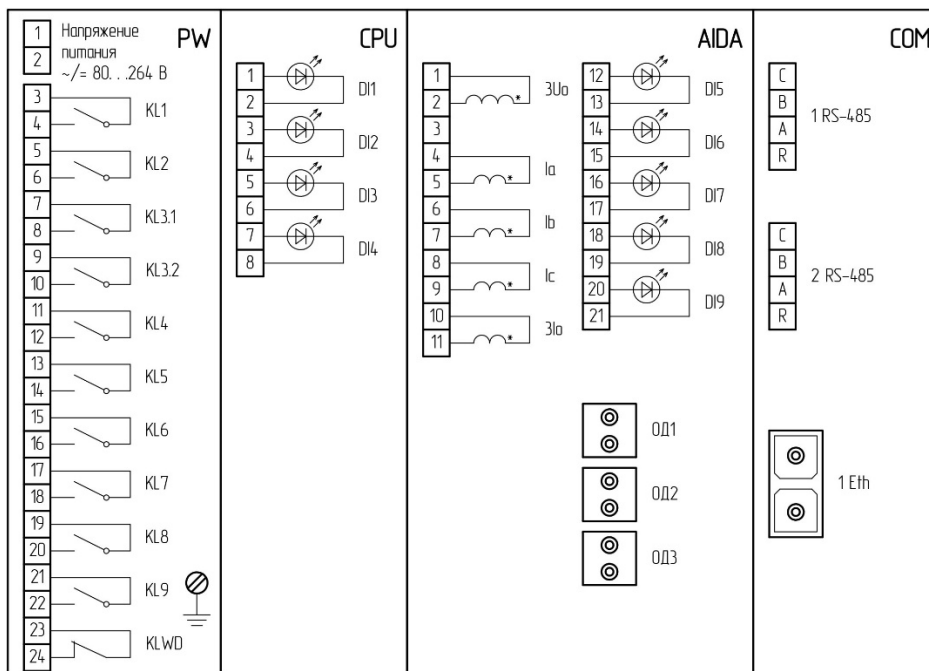


Рисунок Б.2 – Схема подключения устройства РС83-А3 (исполнение с *PW-RL*, 15 *DI* (9 *DI* + 6 *ДГЗ*), 10 *KL*, *CPU-L* и *COM-LO4*)

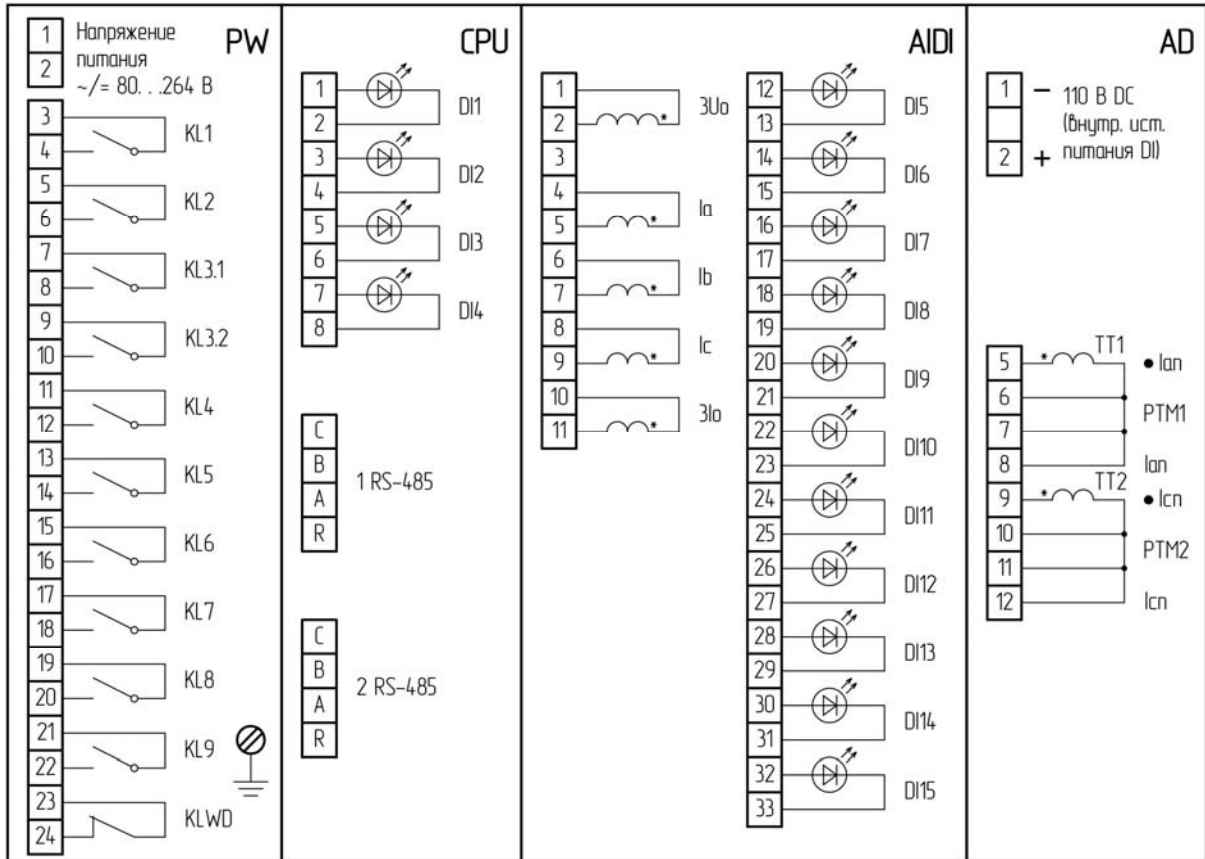


Рисунок Б.3 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 15 *DI*, 10 *KL*, *CPU-LS* и *AD-MI*)

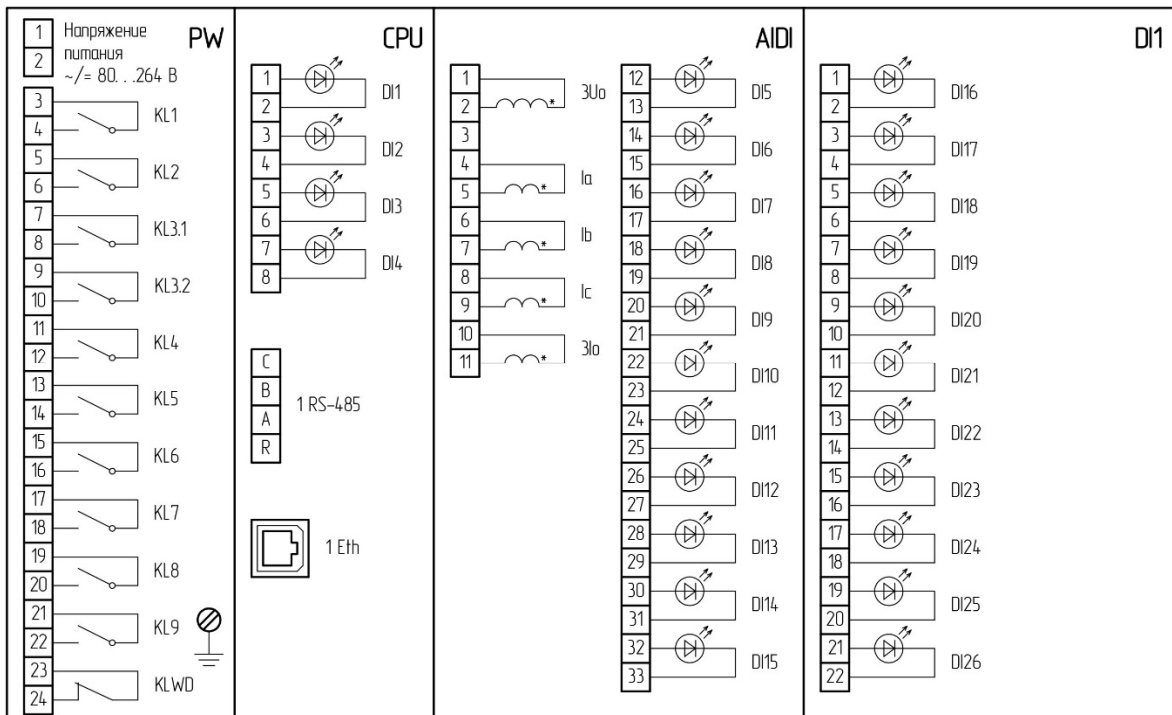


Рисунок Б.4 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 26 *DI*, 10 *KL* и *CPU-LJ*)



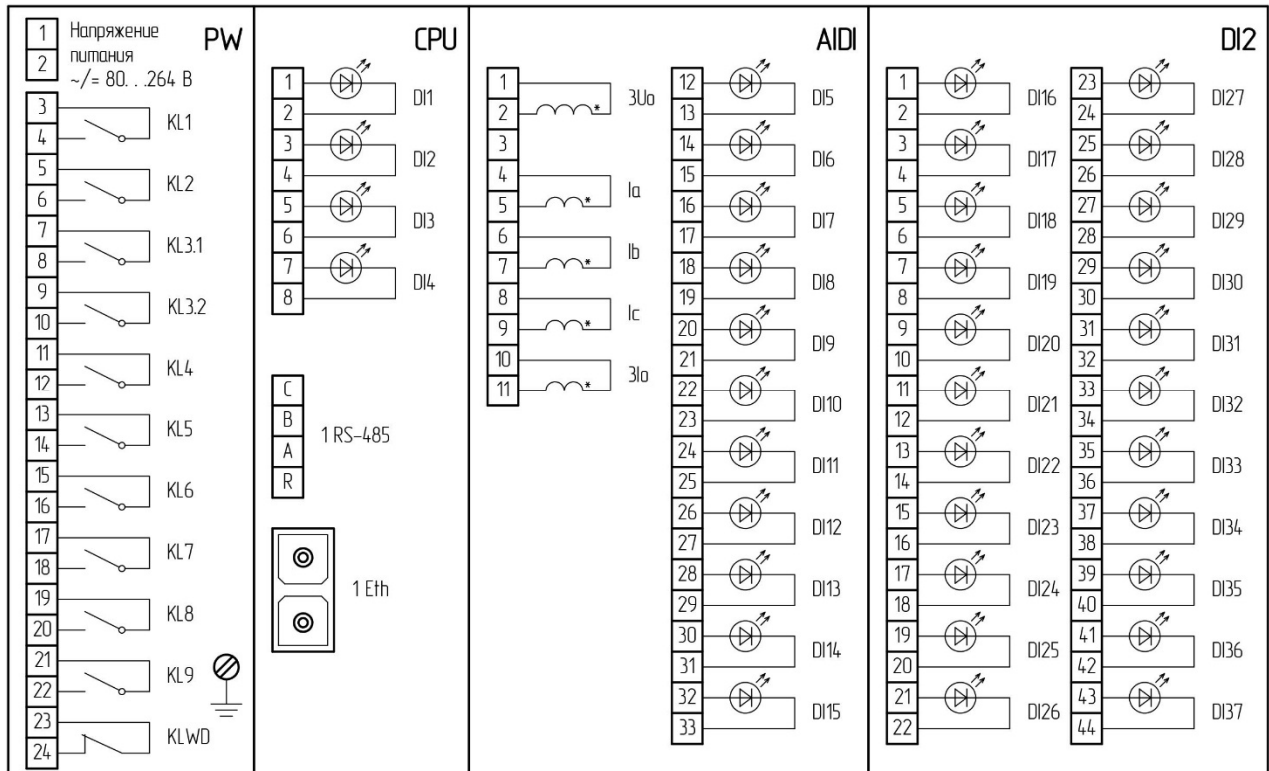


Рисунок Б.5 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 37 *DI*, 10 *KL* и *CPU-LO*)

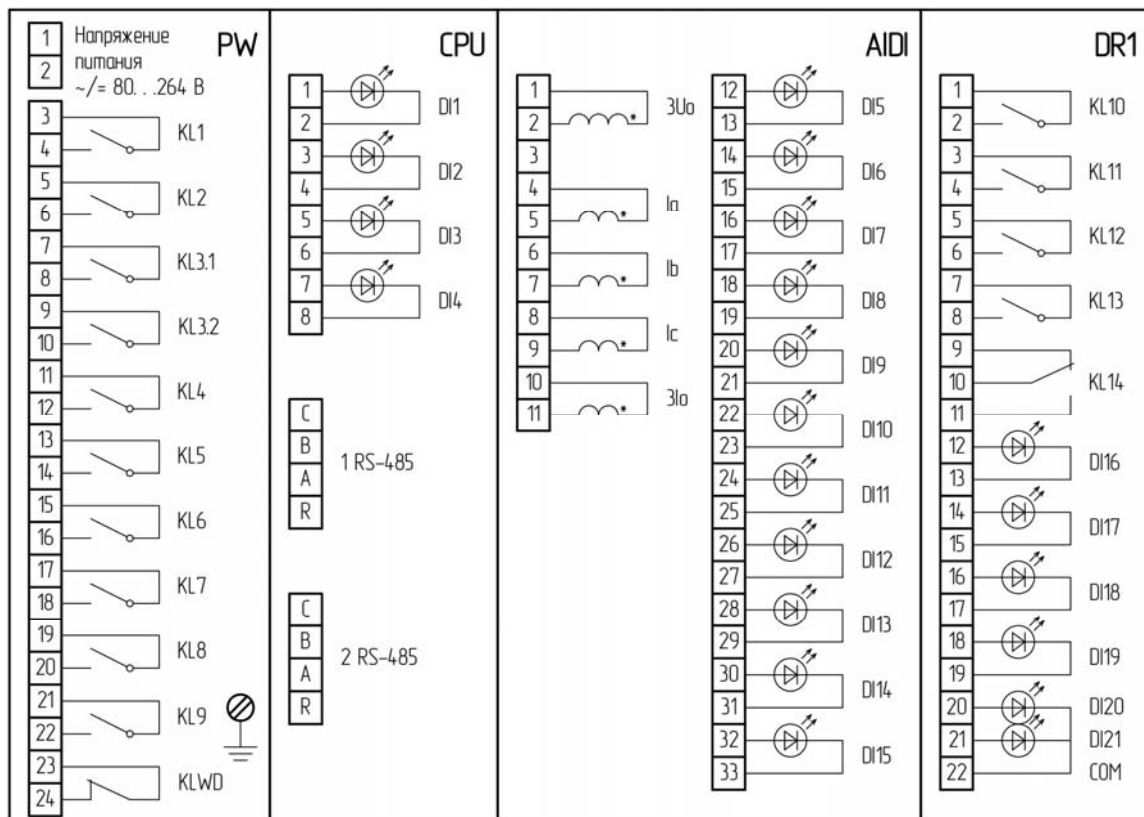


Рисунок Б.6 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 21 *DI*, 15 *KL* и *CPU-LS*)

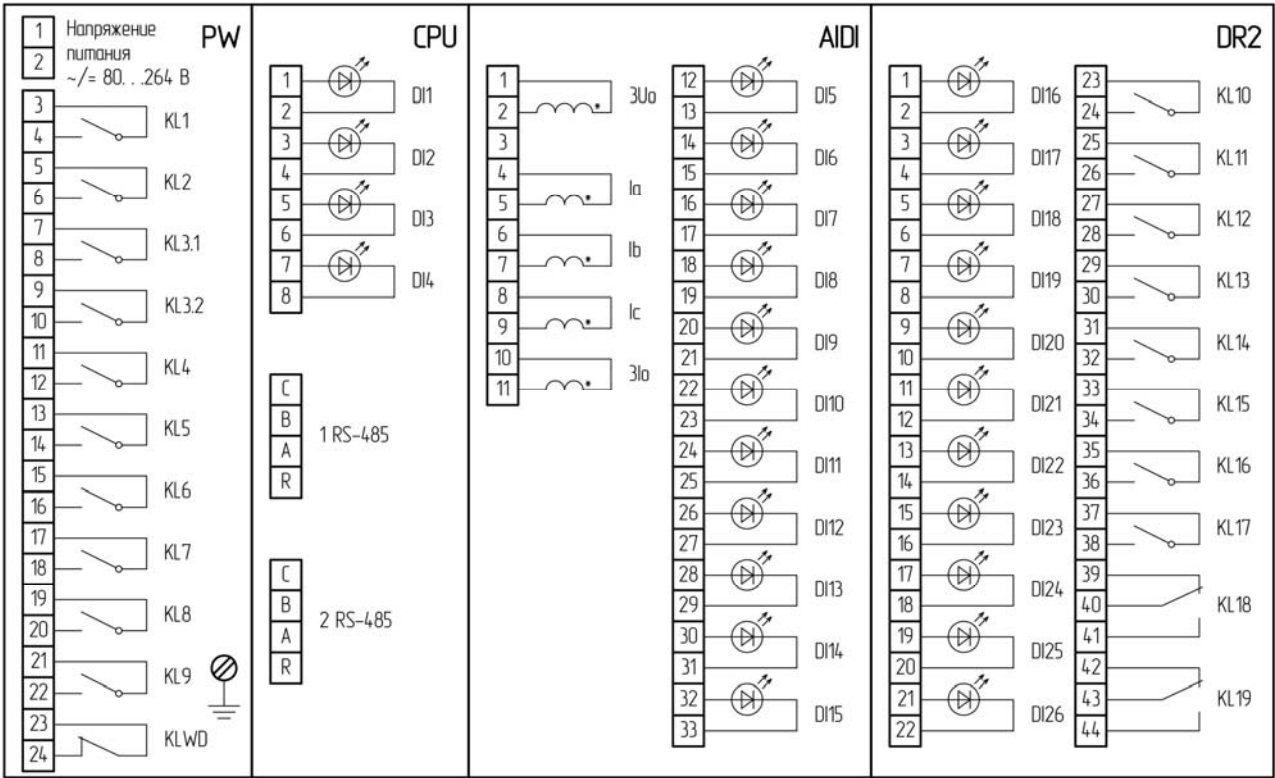


Рисунок Б.7 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 26 *DI*, 20 *KL* и *CPU-LS*)

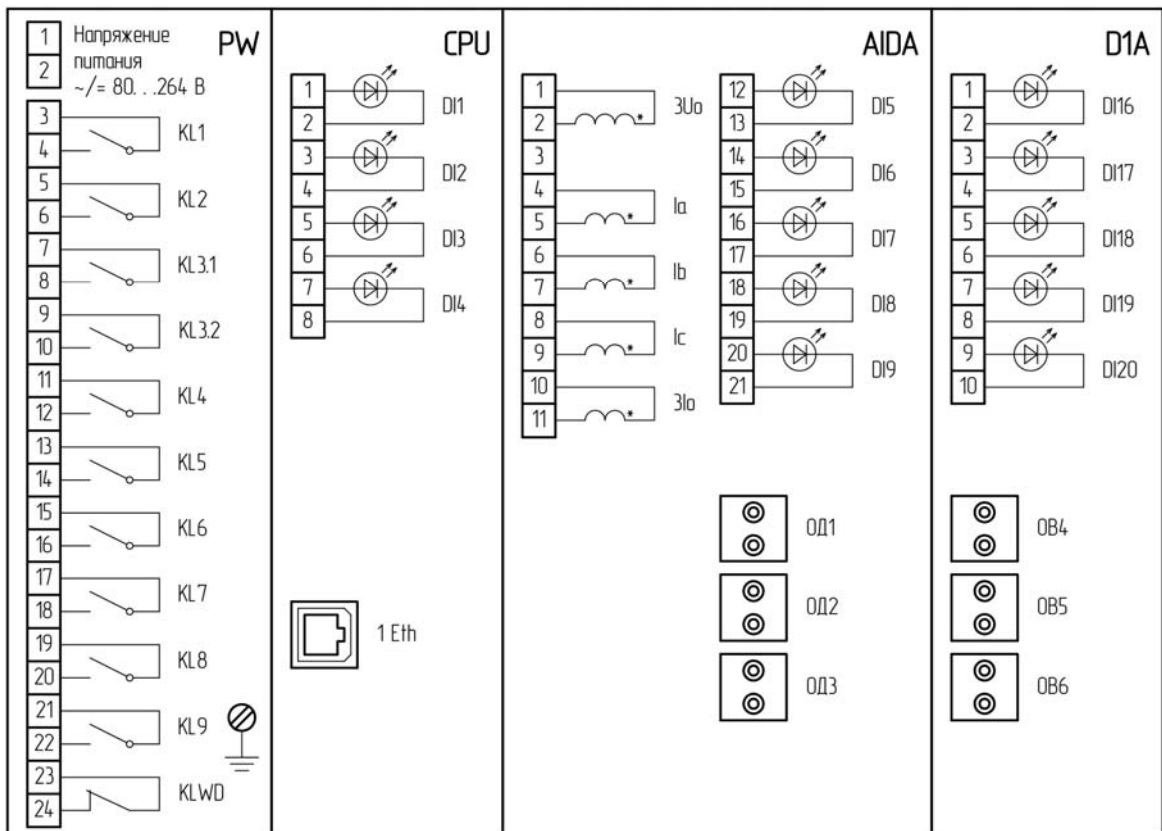


Рисунок Б.8 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 26 *DI* (14 *DI* + 12 *ДГЗ*), 10 *KL* и *CPU-EE*)

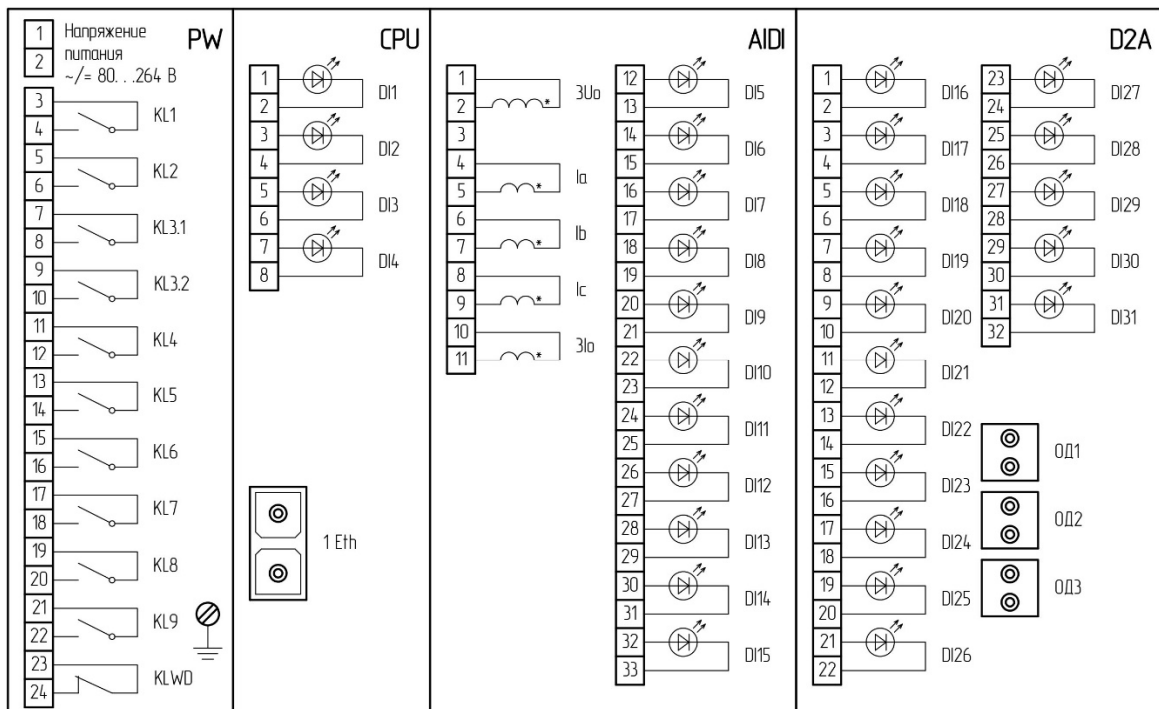
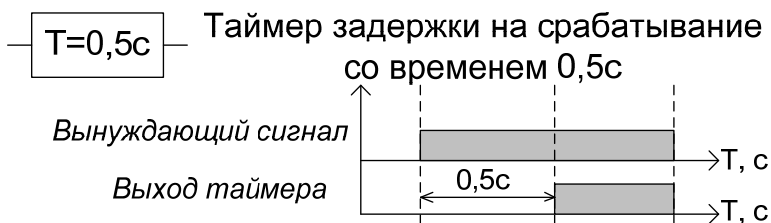
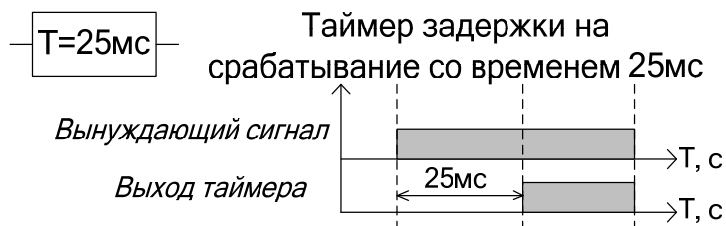
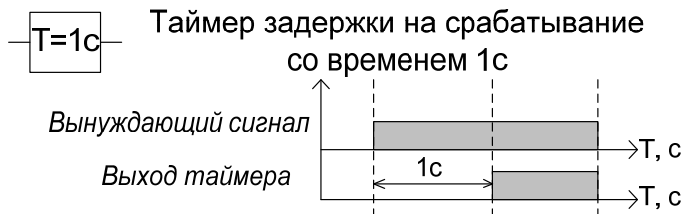
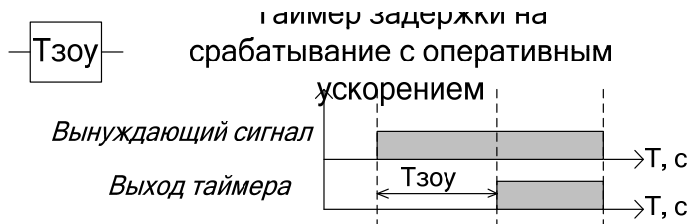
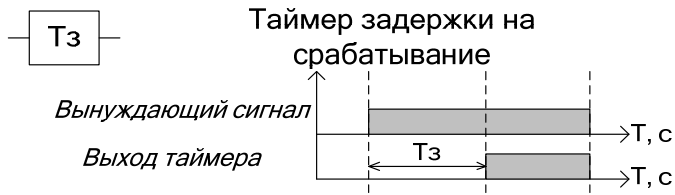


Рисунок Б.9 – Схема подключения устройства PC83-A3 (исполнение с *PW-RL*, 37 *DI* (31 *DI* + 6 ДГЗ), 10 *KL* и *CPU-EO*)

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

## (рекомендуемое)

## Типовые элементы функциональных схем



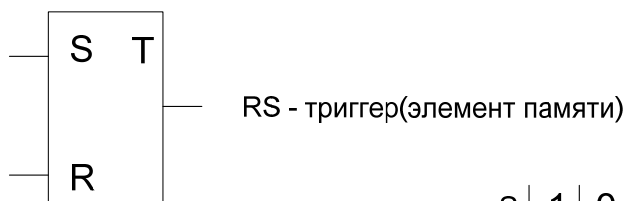
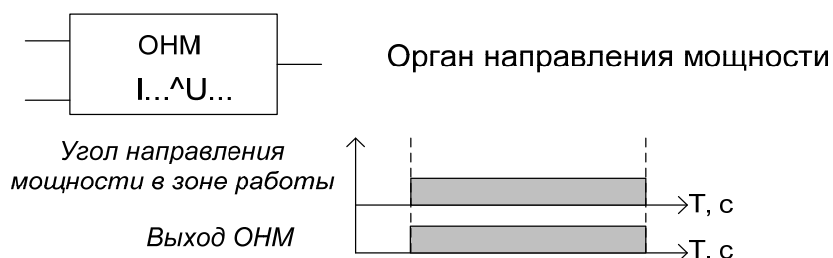
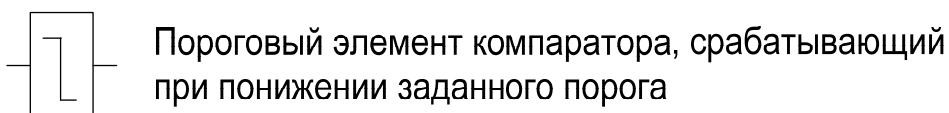
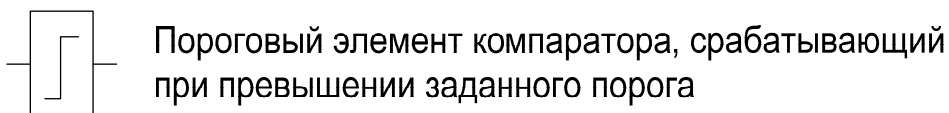
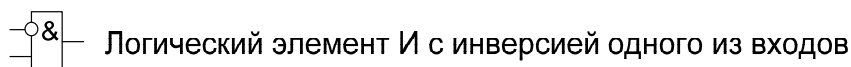
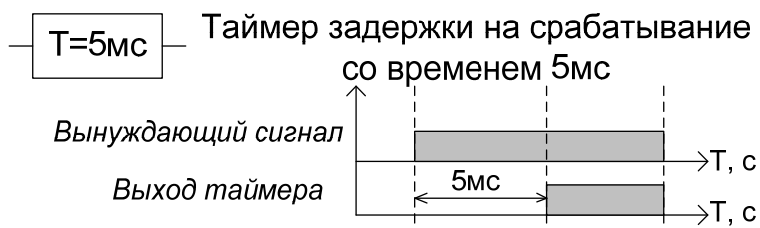


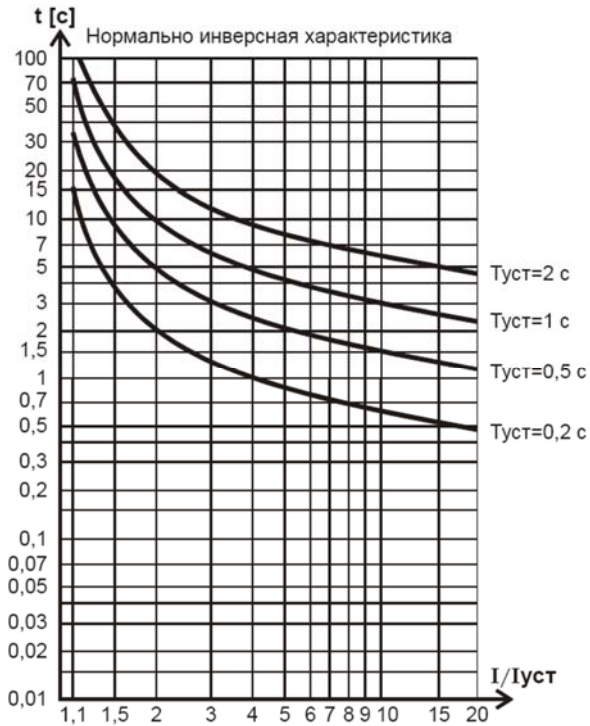
Таблица функционирования RS - триггера

S	1	0	0
R	0	1	1
T	1	0	0

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

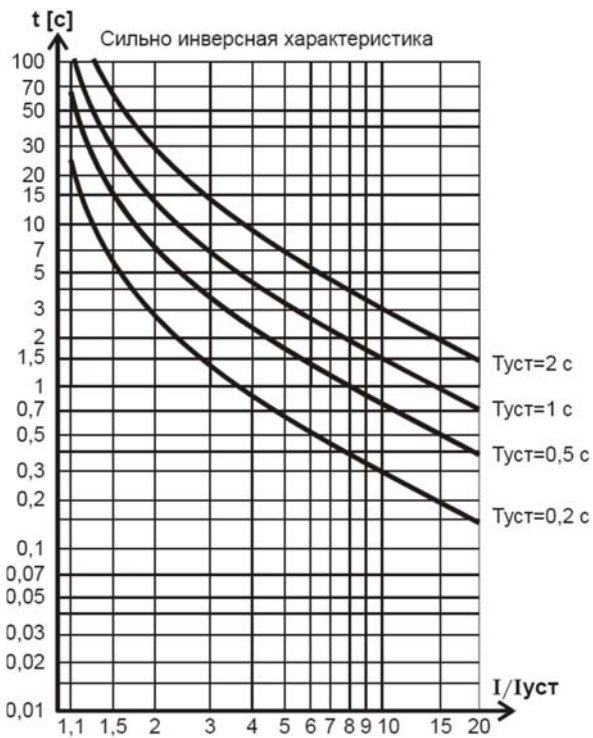
(информационное)

## Времятоковые характеристики



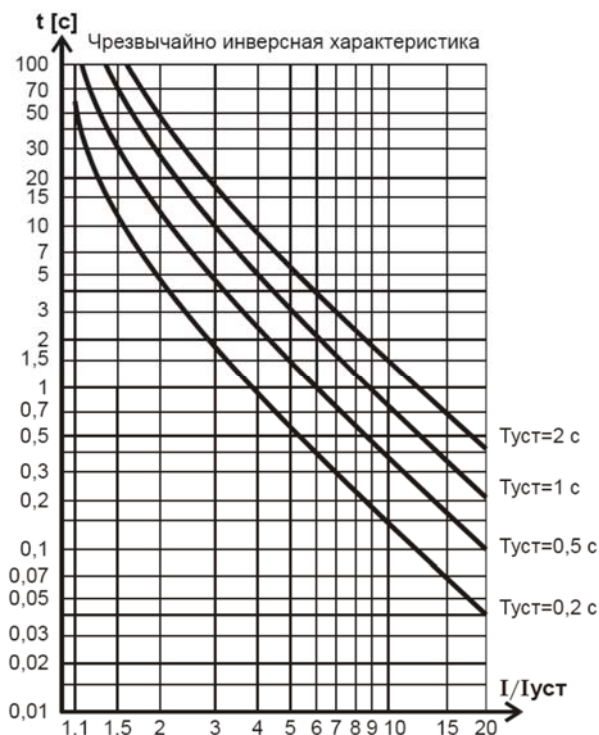
$$t = \frac{0,14 \cdot T_{уст}}{(I/I_{уст})^{0,02} - 1}, [с]$$

Рисунок Г.1 – Нормально инверсная характеристика по МЭК 255-4



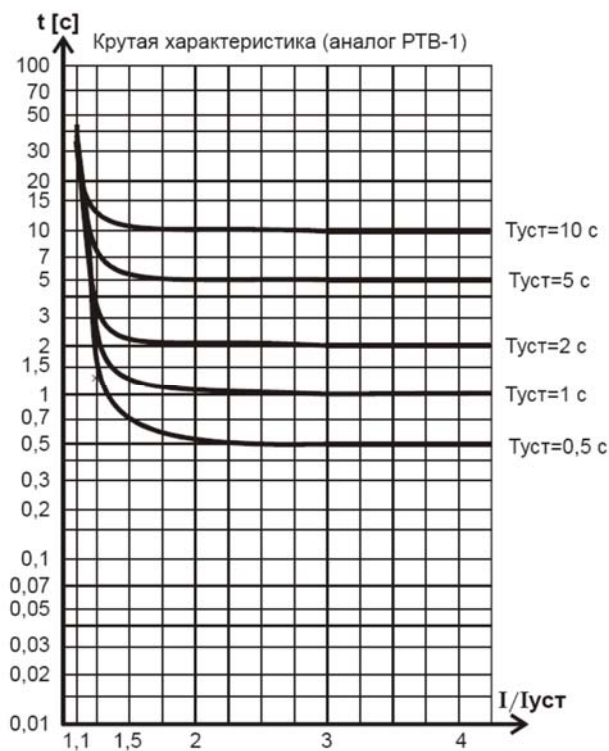
$$t = \frac{13,5 \cdot T_{уст}}{(I/I_{уст}) - 1}, [с]$$

Рисунок Г.2 – Сильно инверсная характеристика по МЭК 255-4



$$t = \frac{80 \cdot T_{уст}}{(I/I_{уст})^2 - 1}, [с]$$

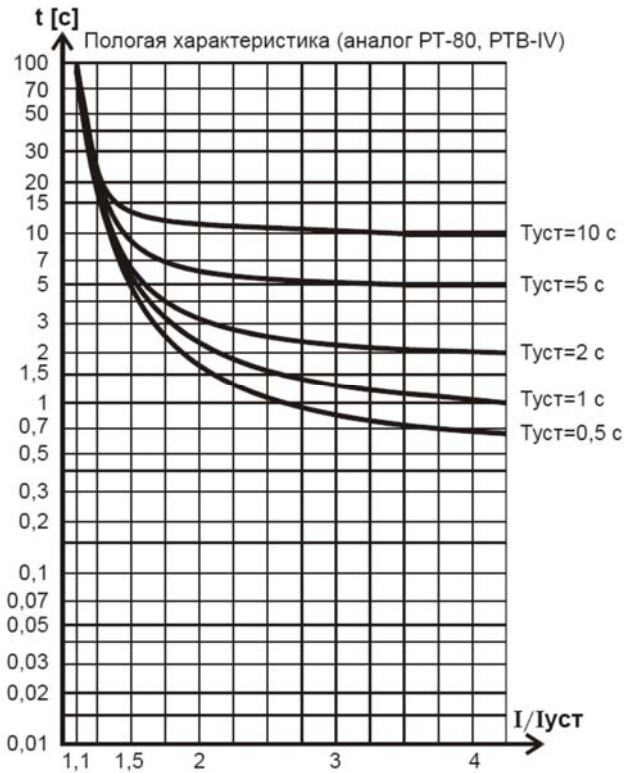
Рисунок Г.3 – Чрезвычайно инверсная характеристика по МЭК 255-4



$$t = \frac{1}{30 \cdot (I/I_{уст} - 1)^3} + T_{уст}, [с]$$

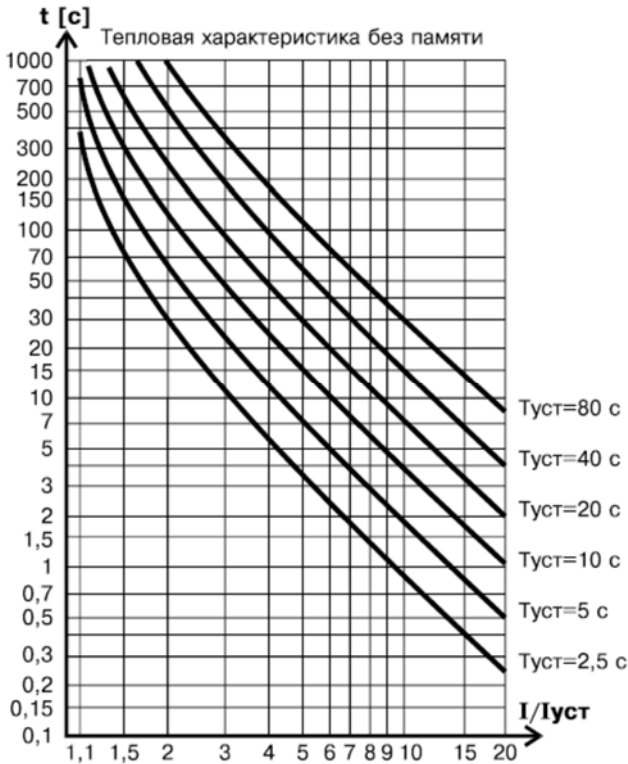
Рисунок Г.4 – Крутая характеристика (аналог РТВ-1)





$$t = \frac{1}{20 \cdot ((I / I_{уст} - 1) / 6)^{1,8}} + T_{уст}, [c]$$

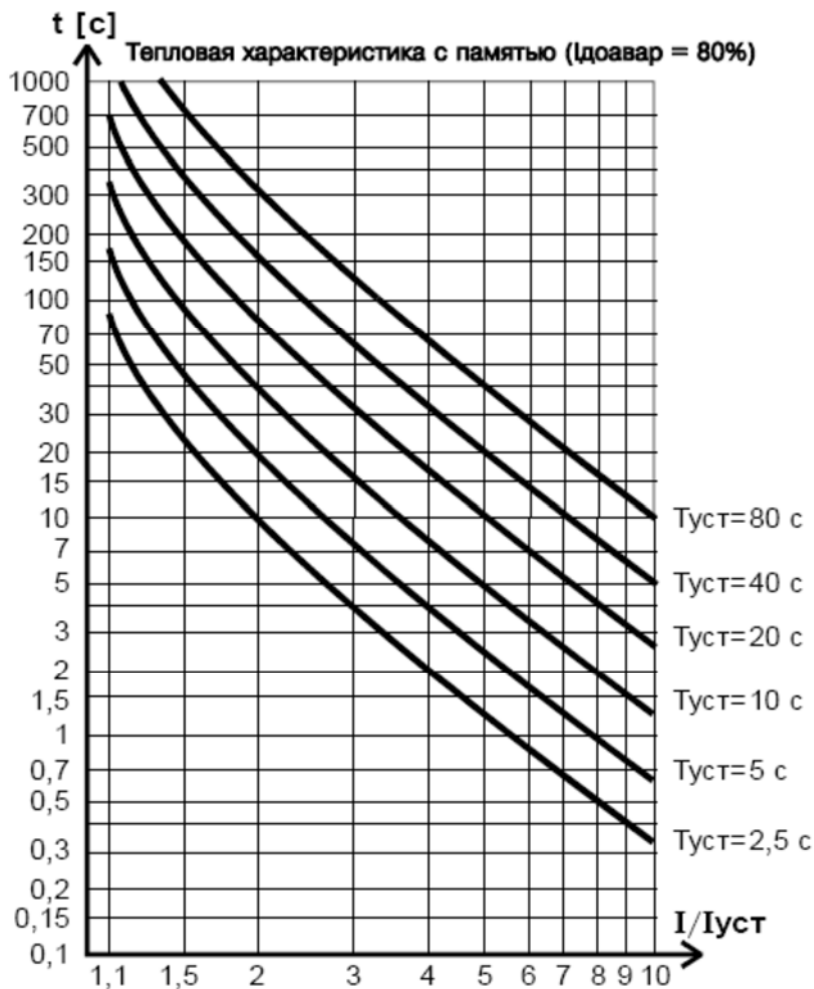
Рисунок Г.5 – Пологая характеристика (типа реле РТ-80, РТВ-IV)



$$t = \frac{35 \cdot T_{уст}}{(I / I_{уст})^2 - 1}, [c]$$

Рисунок Г.6 – Тепловая характеристика без памяти





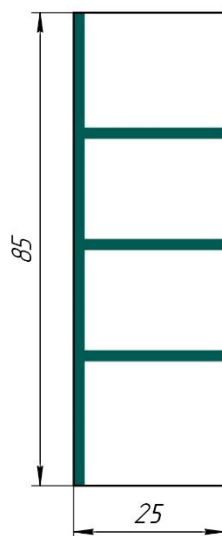
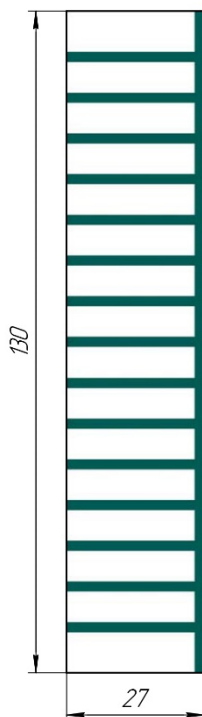
$$t = 35,5 \cdot T_{уст} \cdot \ln \frac{(I/I_{уст})^2 - (I_{доавар}/I_{уст})^2}{(I/I_{уст})^2 - 1}, [с]$$

Рисунок Г.7 – Тепловая характеристика с частичной памятью (по МЭК 255-8), при доаварийном токе равном 80 % от тока уставки

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(информационное)

## Размеры вкладышей для обозначения наименований кнопок функций и светодиодов

Рисунок Д.1 – Размеры вкладыша для обозначения названий кнопок функций «1», «2», «3», «4» и светодиодов *VD17...20*Рисунок Д.2 – Размеры вкладыша для обозначения названий светодиодов *VD1...16*