



ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ МР5 ВЕРСИЯ ПО 75

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПШИЖ 166.750.00.00.001 РЭ

Редакция 2.19 (29.10.2021)
Версии ПО 1.00, 1.01

БЕЛАРУСЬ
220101, г. Минск, ул. Плеханова, 105а,
☎/факс +375173780905/375173798656
www.bemn.by, upr@bemn.by

ОКП РБ 27.12.24.300

МКС 29.120.70

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ	5
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	7
3 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА	11
3.1 Устройство и работа изделия.....	11
3.2 Программное обеспечение	12
4 ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЙ	13
5 КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ	14
5.1 Контроль положения выключателя.....	15
5.2 Определение момента включения/отключения выключателя.....	16
5.3 Выдача команд управления выключателем	16
5.4 Аварийное отключение выключателя	17
6 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ.....	18
6.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ.....	18
6.2 ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ	18
6.2.1 Направленная защита от повышения тока	18
6.2.2 Направленная защита от повышения тока нулевой последовательности	24
6.2.3 Направленная защита от повышения тока обратной последовательности	27
6.2.4 Защита от повышения суммарного тока высших гармоник нулевой последовательности	30
6.2.5 Защита от обрыва провода	32
6.3 ЗАЩИТЫ ПО НАПРЯЖЕНИЮ	33
6.3.1 Защита от повышения напряжения	33
6.3.2 Защита от понижения напряжения.....	34
6.3.3 Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	37
6.3.4 Защита от повышения напряжения обратной последовательности	38
6.4 ЗАЩИТЫ ПО ЧАСТОТЕ.....	41
6.4.1 Защита от повышения частоты	41
6.4.2 Защита от понижения частоты	43
6.5 АВТОМАТИКА	45
6.5.1 Автоматическое повторное включение (АПВ)	45
6.5.2 Функция УРОВЗ (совместная реализация устройства резервирования отказа выключателя УРОВ и логической защиты шин ЛЗШ)	47
6.5.3 Устройство автоматического включения резерва (АВР)	48
6.5.4 Внешние защиты.....	50
6.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ.....	52
6.7 ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ЛОГИКА	53
6.7.1 Общие положения.....	53
6.7.2 Разъёмы	53
6.7.3 Логический элемент «И».....	54
6.7.4 Логический элемент «ИЛИ»	55
6.7.5 Логический элемент «Исключающее ИЛИ»	55
6.7.6 Логический элемент «НЕ»	55
6.7.7 RS- и SR-триггеры	56
6.7.8 Таймеры	56
6.7.9 Мультиплексор.....	59
6.7.10 Текстовый блок	60
7 РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ	61
7.1 Органы управления и индикации.....	61
7.2 СТРУКТУРА МЕНЮ	63
7.3 ПРОСМОТР ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ИЗМЕРЕННЫХ ВЕЛИЧИН.....	64
7.4 СБРОС ИНДИКАЦИИ	66
7.5 ЖУРНАЛЫ.....	66

7.5.1 Просмотр журнала аварий	66
7.5.2 Просмотр журнала системы.....	70
7.5.3 Меню статистика.....	71
7.5.4 Сброс журналов.....	71
7.6 ПРОСМОТР ЖУРНАЛА РЕСУРСА ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ.....	72
7.7 ДИАГНОСТИКА	73
7.8 КОНФИГУРИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.....	74
7.8.1 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЙ».....	75
7.8.2 Подменю «ВХОДНЫЕ СИГНАЛЫ»	77
7.8.3 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ».....	79
7.8.4 Подменю «ПАРАМЕТРЫ УПРАВЛЕНИЕ»	80
7.8.5 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ЗАЩИТ».....	81
7.8.6 Подменю «ПАРАМЕТРЫ АВТОМАТИКИ»	93
7.8.7 Подменю «СИГНАЛ НЕИСПРАВНОСТЬ»	98
7.8.8 Подменю «ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ».....	99
7.8.9 Подменю «ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ»	101
7.8.10 Параметры осциллографа.....	103
7.8.11 Параметры логики	105
7.12 КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА	105
8 ПОДГОТОВКА И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ	106
9 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	107
10 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК И ПО ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИКИ ТЕРМИНАЛА ЗАЩИТЫ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ МР5 ПО 75	107
10.1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ УСТАВОК МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ	107
10.1.1 Расчёт токов срабатывания ненаправленной максимальной токовой защиты (МТЗ) ...	107
10.1.2 Расчёт токов срабатывания направленной МТЗ	109
10.1.3 Выбор времени срабатывания и времятоковой характеристики МТЗ.....	109
10.1.4 Расчёт угла максимальной чувствительности.....	111
10.1.5 МТЗ с пуском по напряжению.....	112
10.1.6 Ускорение максимальной защиты при включении выключателя.....	112
10.2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ УСТАВОК ТОКОВЫХ ОТСЕЧЕК.....	112
10.2.1 Расчет тока срабатывания селективной токовой отсечки без выдержки времени	112
10.2.2 Отсечка с выдержкой времени на линиях электропередачи	115
10.3 ПРИМЕР РАСЧЕТА УСТАВОК ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ МТЗ С ЗАВИСИМОЙ ВРЕМЯТОКОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ.....	116
10.4 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА РАБОЧИХ УСТАВОК СТУПЕНЧАТЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ОТ МЕЖДУФАЗНЫХ КЗ	118
10.5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ.....	122
10.5.1 Требования к защита от замыканий на землю в сетях 6-35 кВ	122
10.5.2 Расчёт уставок направленной защиты от замыканий на землю в сетях 6-35 кВ.....	124
10.6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК ЗАЩИТЫ ОТ ПОВЫШЕНИЯ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ	126
10.7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК ЗАЩИТЫ ОТ ОБРЫВА ПРОВОДА	127
10.8 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ.....	127
11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	130
12 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ	130
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	133
ПРИЛОЖЕНИЕ В	135
КАРТА ЗАКАЗА НА ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ МР5.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ предназначен для изучения терминала защиты энергооборудования МР5.

В состав данного документа включено: описание устройства и принципа работы терминала защиты энергооборудования МР5, технические характеристики, а также сведения, необходимые для правильной эксплуатации.

Содержание этого документа распространяется на все модификации изделия.

Предприятие оставляет за собой право внесения изменений, не ухудшающих параметров изделия (для их уточнения следует обращаться к разработчику).

1 НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ

Терминал защиты энергооборудования МР5, версия программного обеспечения ПО 75 (далее – ПО 75), предназначен для защиты и автоматики:

- пунктов секционирования 6-35 кВ;
- кабельных и воздушных линий электропередачи напряжением 6-35 кВ с двухсторонним питанием.

Терминал защиты энергооборудования МР5 (далее – МР5) являются современными цифровыми устройствами защиты, управления и противоаварийной автоматики, и представляют собой комбинированные многофункциональные устройства, объединяющее различные функции защиты, измерения, контроля, местного и дистанционного управления.

Использование в МР5 современной аналого-цифровой и микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений и постоянство характеристик, что позволяет существенно повысить чувствительность и быстродействие защит, а также уменьшить ступени селективности.

Функции, выполняемые терминалом защиты энергооборудования МР5, и их сравнительные характеристики по функциям приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Функции	Код ANSI	Количество ступеней/Наличие
Направленная/ненаправленная защита от повышения тока с пуском по напряжению	67/51/51V	4
Ненаправленная защита от повышения тока (мощности) нулевой последовательности с пуском по напряжению	67N/51N/32P	4
Защита от повышения тока нулевой последовательности высших гармоник с пуском по напряжению	—	1
Направленная/ненаправленная защита от повышения тока (мощности) обратной последовательности с пуском по напряжению	46	2
Защита от обрыва провода (I2/I1)	46BC	1
Защита от понижения напряжения с уставкой на возврат	27	2
Защита от повышения напряжения с уставкой на возврат	59	2
Защита от повышения напряжения, измеренного по четвертому каналу напряжения, с уставкой на возврат	59N	2
Защита от повышения напряжения обратной последовательности с уставкой на возврат	47	2
Защита от снижения частоты с уставкой на возврат	81U-R	2
Защита от повышения частоты с уставкой на возврат	810	2
Определение места повреждения	—	+

Продолжение таблицы 1.1

Четырёхкратное АПВ	79	+
Контроль состояния выключателя с УРОВ	50BF	+
АВР пункта секционирования	—	+
Внешняя защита	—	8
8 входных логических сигналов по логике «И» или «ИЛИ»	—	+
8 выходных логических сигналов по логике «ИЛИ»	—	+
Определяемая пользователем логика – функциональные блоки: входы, выходы, записи в журнал, логические элементы И, ИЛИ, исключающее ИЛИ, НЕ, триггер, таймер, мультиплексор, текстовый блок	—	+
Индикация токов фаз, прямой, обратной и нулевой последовательности; линейных напряжений, напряжений прямой и обратной последовательностей; частоты; активной и реактивной мощности; коэффициента мощности	—	+
Местное и дистанционное управление выключателем, переключение режима управления	—	+
Блокирование от многократных включений	—	+
Местный и дистанционный ввод, хранение и отображение уставок защит и автоматики	—	+
Регистрация событий в журналах аварий и системы	—	+
Осциллографирование	—	+
Контроль ресурса выключателя	—	+
Обмен информацией с верхним уровнем (АСУ ТП)	—	+
Непрерывная самодиагностика аппаратной и программной части	—	+

Устройство имеет четыре группы уставок, которые могут быть выбраны при программировании через клавиатуру, персональный компьютер или сеть связи. Установленная группа уставок индицируется на МКИ.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица 2.1

Параметр	Значение
Аналоговые входы: Цепи измерения тока ■ количество; ■ диапазон входных токов: ○ рабочий; ○ аварийный в фазах; ○ нулевой последовательности I_n; ■ термическая устойчивость: ○ длительно; ○ в течение 2 с; ○ в течение 1 с ■ потребляемая мощность: Цепи напряжения ■ количество; ■ входное напряжение: ○ номинальное в фазах (U_n); ○ рабочее (U_p); ■ термическая устойчивость: ○ длительно; ○ в течение 10 с; ■ потребляемая мощность: Частота ■ номинальное значение; ■ рабочий диапазон	4 от 0,1 I_n до 2 I_n; * от 2 I_n до 40 I_n; от 0 до 5 I_n; 4 I_n; 40 I_n; 100 I_n при номинальном токе не более 0,25 В·А; 4; 220 В эф.; до 256 В эф.; 260 В эф.; 300 В эф.; при номинальном напряжении не более 0,25 В·А; 50 Гц; 40 – 60 Гц
Дискретные входы: ■ количество; ■ номинальное напряжение; ■ напряжение срабатывания; ■ коэффициент возврата; ■ потребляемый ток в установленном режиме; ■ импульс режекции; ■ задержка по входу, не более; ■ минимальная длительность сигнала (антидребезговая задержка)	16 программируемых, изолированных между собой ≈ 230 В (≈ 110; ≈ 48; ≈ 24 В – по заказу); 0,6-0,7 $U_{вх.ном}$; $K_v \geq 0,95$; 0,8-1,4 мА; $I_{реж} \geq 20$ мА; $t_{реж} \geq 10$ мс; 20 мс 7 мс
Релейные выходы: ■ количество; ■ номинальное напряжение; ■ номинальный ток нагрузки; ■ коммутационная способность в цепи управления выключателем, $L/R \leq 40$ мс; ■ размыкающая способность для постоянного тока; ■ количество коммутаций на контакт: ○ нагруженный; ○ ненагруженный	3; 250 В; 8 А; до 10 А на время 1,0 с до 30 А на время 0,2 с до 40 А на время 0,03 с 24 В, 8 А; 48 В, 1 А; 110 В, 0,4 А; 220 В, 0,3 А; 10 000 100 000

Продолжение таблицы 2.1

Параметр	Значение
Электропитание: ■ номинальное напряжение питания; ■ рабочий диапазон питания: ○ напряжение переменного тока; ○ напряжение постоянного тока; ■ потребляемая мощность: ○ в нормальном режиме; ○ при срабатывании защит	≈ 230 В (≈ 110 ; $=48$; $=24$ В – по заказу); от 100 до 253 В; от 100 до 300 В (допустимый уровень пульсаций 20%); не более 5 В·А; не более 10 В·А
Интерфейс человеко-машинный: ■ индикаторы светодиодные: ○ количество; ○ свободно назначаемые; ■ клавиатура; ■ дисплей	12; 8; 10 клавиш; светодиодный, 2 строки по 16 символов
Локальный интерфейс: ■ скорость передачи данных	USB-2.0 921600 бит/с
Удаленный интерфейс: ■ тип канала; ■ скорость передачи данных; ■ дальность связи по каналу; ■ протокол связи	2-х проводная физическая линия; RS-485 (изолированный, один порт) 1200/ 2400/ 4800/ 9600/ 19200/ 38400/ 57600; 115200 бит/с; До 1000 м; “МР-СЕТЬ” (MODBUS)
Осциллографирование: ■ длительность записи общая; ■ число выборок на период; ■ число аналоговых каналов; ■ длительность записи от аварий; ■ формат представления данных	в соответствии с п. 7.8.10; 20; 8 аналоговых, 124 дискретных; 0-99% от общей длительности; беззнаковый 16 р. преобразование в формате COMTRADE при помощи программной оболочки «УниКон»
Регистрация сообщений: ■ журнал аварий; ■ журнал событий;	32; 128;
Показатели надежности: ■ средняя наработка на отказ ■ среднее время восстановления ■ полный срок службы ■ поток ложных срабатываний устройства в год	100000 ч; не более 1 ч; не менее 20 лет; не более $1 \cdot 10^{-6}$
Рабочий диапазон температур окружающего воздуха	Минус 25... +40 °С
Предельный рабочий диапазон температур окружающего воздуха с сохранением функций защит	Минус 40... +70 °С
Относительная влажность: ■ в рабочих условиях эксплуатации; ■ при транспортировании	до 95 % (при +25 °С и ниже);** до 98 % (при +25 °С и ниже)
Атмосферное давление	79,743 ... 106,7 кПа
Номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов	по ГОСТ 17516.1-90 для группы механического исполнения М40 (соответствует по сейсмостойкости 9 баллам)
Устойчивость к механическим внешним воздействующим факторам при транспортировании	В соответствии с условиями транспортирования «С» по ГОСТ 23216-78
Габаритные размеры***	143×156×247 мм
Масса	Не более 4 кг

Продолжение таблицы 2.1

Параметр	Значение
Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой (корпусом);	IP30 по ГОСТ 14254-2015;
степень защиты клеммных разъёмов	IP20 по ГОСТ 14254-2015
* I_n – номинальный входной ток (номинальный вторичный ток от фазных трансформаторов тока), $I_n=5$ А (1 А) ** Не допускается конденсация влаги при эксплуатации микропроцессорных реле *** Габаритные и присоединительные размеры приведены в приложении 1	

Требования электромагнитной совместимости в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5 – 2006 (МЭК 61000-6-5) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний» приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Параметр	Значение
Устойчивость к воздействию наносекундных импульсных помех в соответствии с требованиями СТБ МЭК 61000-4-4-2006 (МЭК 61000-4-4:2004): - для входных цепей питания; - для остальных независимых цепей; - критерий качества функционирования	4 кВ 2 кВ “А”
Устойчивость к провалам и кратковременным прерываниям напряжения сети электропитания в соответствии с требованиями СТБ МЭК 61000-4-11-2006 (МЭК 61000-4-11:2004): а) уровень испытательного напряжения в % от номинального напряжения электропитания: 1) для прерываний; 2) для провалов; б) длительность провалов; в) прерываний; в) критерий качества функционирования	0 %; 40 %; ΔU 30% (20 мс); ΔU 60% (1 с); ΔU 50% (100 мс) ΔU 100% (1 с) “А”
Устойчивость к электростатическим разрядам в соответствии с требованиями СТБ ИЕС 61000-4-2-2011 (МЭК 61000-4-2:2001): - при контактном разряде; - при воздушном разряде; - критерий качества функционирования	6 кВ; 8 кВ; “А”
Устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех в соответствии с требованиями ГОСТ ИЕС 61000-4-5-2017 (МЭК 61000-4-5:2014): - амплитуда напряжения испытательного импульса; - критерий качества функционирования	(4,0±0,4) кВ при подаче помехи по схеме «провод-земля»; (2,0±0,1) кВ при подаче помехи по схеме «провод-провод»; “А”

Продолжение таблицы 2.2

Параметр	Значение
Устойчивость к воздействию повторяющихся колебательных затухающих помех частотой 0,1 и 1 МГц в соответствии с требованиями ГОСТ ИЕС 61000-4-12-2016: - амплитудное значение первого импульса испытательного напряжения; - критерий качества функционирования	(2,5±0,25) кВ при подаче помехи по схеме «линия – земля»; (1±0,1) кВ при подаче помехи по схеме «линия – линия»; “А”
Устойчивость к воздействию магнитного поля промышленной частоты в соответствии с требованиями ГОСТ ИЕС 61000-4-8-2013 (ИЕС 61000-4-8:2009): - напряжённость непрерывного магнитного поля постоянной интенсивности; - критерий качества функционирования	30 А/м; “А”
Устойчивость к воздействию импульсного магнитного поля в соответствии с требованиями ГОСТ ИЕС 61000-4-9-2013 (ГОСТ 30336-95): - максимальная напряжённость импульсного магнитного поля; - критерий качества функционирования	300 А/м; “А”
Устойчивость к воздействию радиочастотного электромагнитного поля в соответствии с требованиями СТБ ИЕС 61000-4-3-2009 (ИЕС 61000-4-3:2008): - напряжённость излучаемого однородного электромагнитного поля, - диапазон частот электромагнитного поля; - критерий качества функционирования	10 В/м; от 80 до 1000 МГц; “А”
Устойчивость к затухающему колебательному магнитному полю по ГОСТ Р 50652-94: - степень жёсткости испытаний; - критерий качества функционирования	3; «А»
Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями, по СТБ ИЕС 61000-4-6-2011 (ИЕС 61000-4-6:2006): - степень жёсткости (испытательное напряжение); - диапазон частот электромагнитного поля; - критерий качества функционирования	3 (10 В); от 150 кГц до 80 МГц; «А»
Устойчивость к колебательному затухающему магнитному полю, по ГОСТ ИЕС 61000-4-10-2014: - испытательный уровень; - критерий качества функционирования; - степень жесткости	30 А/м; «А»; Класс 4
Помехоустойчивость к колебаниям питающего сетевого напряжения, по ИЕС 61000-4-17:2015: - пульсация напряжения электропитания	10%

Продолжение таблицы 2.2

Параметр	Значение
Помехоустойчивость к падению напряжения, коротким замыканиям и изменению питающего постоянного напряжения, по IEC 61000-4-29:2000: - перерыв электропитания без изменения параметров	ΔU 30% - 0,1 сек; ΔU 60% - 0,1 сек; ΔU 100% - 0,05 сек

Сопrotивление изоляции независимых внешних электрических цепей (кроме низковольтных цепей) относительно корпуса и между собой, измеренное мегаомметром постоянного тока с выходным напряжением 500 В, не менее 100 МОм.

Изоляция всех независимых электрических цепей устройства (кроме низковольтных цепей) относительно корпуса и между собой выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения 2 кВ практически синусоидальной формы частотой 50 Гц.

Изоляция всех независимых электрических цепей устройства (кроме низковольтных цепей) относительно корпуса и между собой выдерживает без повреждений воздействие импульсного напряжения в соответствии с разделом 8 ГОСТ 30328-95 (максимальная амплитуда импульса 5 кВ).

Устройство по пожарной безопасности соответствует требованиям ГОСТ 12.1.004-91.

Устройство не предназначено для установки и эксплуатации во взрывоопасных и пожароопасных помещениях по ПУЭ (“Правила устройства электроустановок”).

3 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

3.1 Устройство и работа изделия

MP5 имеет модульную структуру и состоит из следующих модулей:

- модуль центрального процессора (МЦП);
- модуль (ввода) сигналов аналоговых токовый (МСАТ);
- модуль (ввода) сигналов аналоговых напряжения (МСАН);
- модуль (ввода) сигналов дискретных (МСД);
- модуль клавиатуры и индикации (МКИ);
- блок питания (БП).

Все модули ввода-вывода имеют разъемы для связи с модулем центрального процессора и блоком питания посредством кросс-платы.

Модули устанавливаются внутри корпуса MP5. Для подключения внешних цепей на всех модулях имеются клеммные колодки пружинного и винтового (для токовых входов) типа (по заказу все клеммы могут быть выполнены винтовыми).

Входные напряжения и токи на входах **модулей сигналов аналоговых** преобразуются датчиками напряжения и тока и фильтруются аналоговыми фильтрами низких частот, отсекающими высшие гармоники во входном сигнале, а затем, передаются на МЦП.

Модуль центрального процессора выполняет функции аналого-цифрового преобразования, вычисления и связи. При помощи 12-разрядного АЦП аналоговые сигналы, поступающие от МСА, преобразуются в цифровой код и обрабатываются процессором. Получаемые в итоге данные определяют условия срабатывания защит.

Для предотвращения зависания процессора предусмотрен сторожевой таймер, перезагружающий систему в случае сбоя. Параметры журнала аварийных событий, конфигурация защит, уставки, пароль пользователя для входа в систему хранятся в ЭППЗУ. Данные осциллографирования хранятся в энергонезависимом ОЗУ.

Также на модуле центрального процессора находится разъем для подключения модуля клавиатуры и индикации.

Модуль сигналов дискретных позволяет устройству получать сигналы от внешних устройств.

Модуль клавиатуры и индикации (пульт) образует интерфейс между пользователем и устройством. На МКИ расположены: клавиатура, жидкокристаллический дисплей и светодиодные индикаторы. Индикаторы отображают состояние защищаемой линии, коммутационного аппарата и исправность самого устройства.

Блок питания позволяет питать устройство, как от постоянного, так и переменного оперативного тока в широком диапазоне изменения питающего напряжения. На модуле БП расположены сигнальные реле «неисправность», «включить», «отключить».

3.2 Программное обеспечение

МР5 работает под управлением ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ (ОСРВ), обеспечивающей обработку программных задач в доступное время и в необходимом порядке очерёдности.

Программное обеспечение включает в себя следующие задачи:

- задача обработки входных дискретных сигналов;
- задача цифровой фильтрации и осциллографирования;
- задача логики защит и автоматики;
- задача часов реального времени;
- задача реализации функций человеко-машинного интерфейса и самодиагностики;
- задача ввода-вывода по последовательному интерфейсу;

Реализация уставок по времени для разных защит в программе осуществляется при помощи одноканального таймера и системы прерываний. Программное обеспечение имеет встроенный механизм контроля собственного кода.

4 ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения в МР5 производятся по четырём каналам тока и четырём каналам напряжения. Первичные токи трансформаторов тока (ТТ) и коэффициенты трансформации трансформатора напряжения (ТН) задаются согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон первичного тока ТТ	0-5000 А
2	Диапазон первичного тока трансформатора тока нулевой последовательности (ТТНП)	0-1000 А
3	Диапазон уставок по коэффициенту трансформации ТН	0-128000
4	Диапазон уставок по коэффициенту трансформации трансформатора напряжения нулевой последовательности (ТННП)	0-128000
5	Дискретность уставок: по току по коэффициенту трансформации	1 А 0,01; 10*
* 0,01 в диапазоне от 0 до 128, 10 в диапазоне от 130 до 128000		

Номинальный первичный ток ТТНП рассчитывается по формуле

$$I_n = I_{n_2} \cdot k_{\text{ТТНП}}, \quad (4.1)$$

где I_{n_2} - номинальный ток четвертого измерительного токового входа (1 или 5 А);

$k_{\text{ТТНП}}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности.

В меню «Параметры напряжения» задается способ контроля напряжения U_{ca} : «Расчет» или «Измерение». При параметре «Расчет» напряжение U_{ca} рассчитывается на основе измеренных напряжений U_{ab} и U_{bc} , при этом обеспечивается определение направления и пуск по напряжению защит от повышения тока, расчет напряжений прямой и обратной последовательности.

Отдельно для каналов измерения линейных и нулевого напряжений можно задать внешние сигналы неисправности «НЕИСПРАВНОСТЬ ТН» и «НЕИСПРАВНОСТЬ ТННП» соответственно.

Напряжения считаются определёнными недостоверно:

- *расчётные, нулевой и обратной последовательности*, при всех фазных ниже 5 В или при появлении сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ ТН»;
- *фазное*, при его уровне ниже 5 В или при появлении сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ ТН»;
- *линейное*, при уровне обоих из составляющих его фазных ниже 5 В или при появлении сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ ТН»;
- *измеренное по нулевому каналу*, при появлении сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ ТННП».

При недостоверном определении напряжения защита, измерительный орган которой использует это напряжение, блокируется.

Частота считается определённой недостоверно при любом из следующих условий:

- при всех фазных напряжениях ниже 10 В;
- при появлении сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ ТН»;
- частоте вне диапазона 40 – 60 Гц.

При недостоверном определении частоты защиты по частоте блокируются.

В меню «Параметры напряжения» задается канал, по которому измеряется частота: «МАХ» (динамический выбор канала с наибольшим линейным напряжением), « U_{ab} », « U_{bc} », « U_{ca} ».

Коэффициент возврата для токовых измерительных органов (ИО) максимального действия принят равным 0,95, для напряженческих ИО максимального действия - 0,98, а для напряженческих ИО минимального действия - 1,02, для защит частоты возврат 0,05 Гц при неиспользовании уставок возврата.

5 КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ

Для осуществления функций контроля положения, изменения состояния выключателя используются внешние сигналы с блок-контактов выключателя. Для реализации управления выключателем предусмотрены следующие возможности подачи команд (рисунки 5.1):

- от встроенных кнопок «ВКЛ/ОТКЛ»;
- от внешнего ключа управления;
- от внешней схемы (например, АВР, телемеханика);
- по интерфейсу связи (от СДТУ).

Управление от встроенных кнопок и по интерфейсу связи может быть запрещено. Управление от внешнего ключа и от внешней схемы может быть введено на «РАЗРЕШЕНО» или «КОНТРОЛЬ». Сигналы с ключа или от внешней схемы действуют:

- в режиме «РАЗРЕШЕНО» на соответствующие реле МР5 «ВКЛЮЧИТЬ» или «ОТКЛЮЧИТЬ»;
- в режиме «КОНТРОЛЬ» действие не выполняется. Сигналы используются только в логике работы автоматики.

Управление от СДТУ может быть заблокировано от внешних сигналов «блок-ка СДТУ».

При одновременной подаче команд на включение и отключение приоритетной является команда на отключение.

По факту включения выключателя осуществляется блокировка АПВ на время T_b (см. п. 6.5.1) и ускорение токовых защит на время «ДЛИТ-ТЬ УСКОР.» (Тдл. уск.). Также в алгоритмах управления выключателем используются следующие величины:

- Тимп – время выдачи импульса на включение или отключение выключателя;
- «ВРЕМЯ УРОВ» (Туров) – время отключения выключателя, используется в логике УРОВ (УРОВЗ).
- «ТОК УРОВ» (Iуров) – минимальный ток, при котором разрешено действие УРОВ.

При неиспользовании функции УРОВ параметры Iуров и Туров применяются при формировании сигнала неисправности «Отказ выключателя» и соответствующей записи в журнале системы (см. п. 5.4).

Внимание! Значение Iуров должно быть меньше наименьшей уставки токовых защит и ЛЗШ.

Внимание! Значение Iуров должно быть выше 0, иначе каждое аварийное отключение выключателя будет приводить к формированию неисправности «Отказ выключателя».

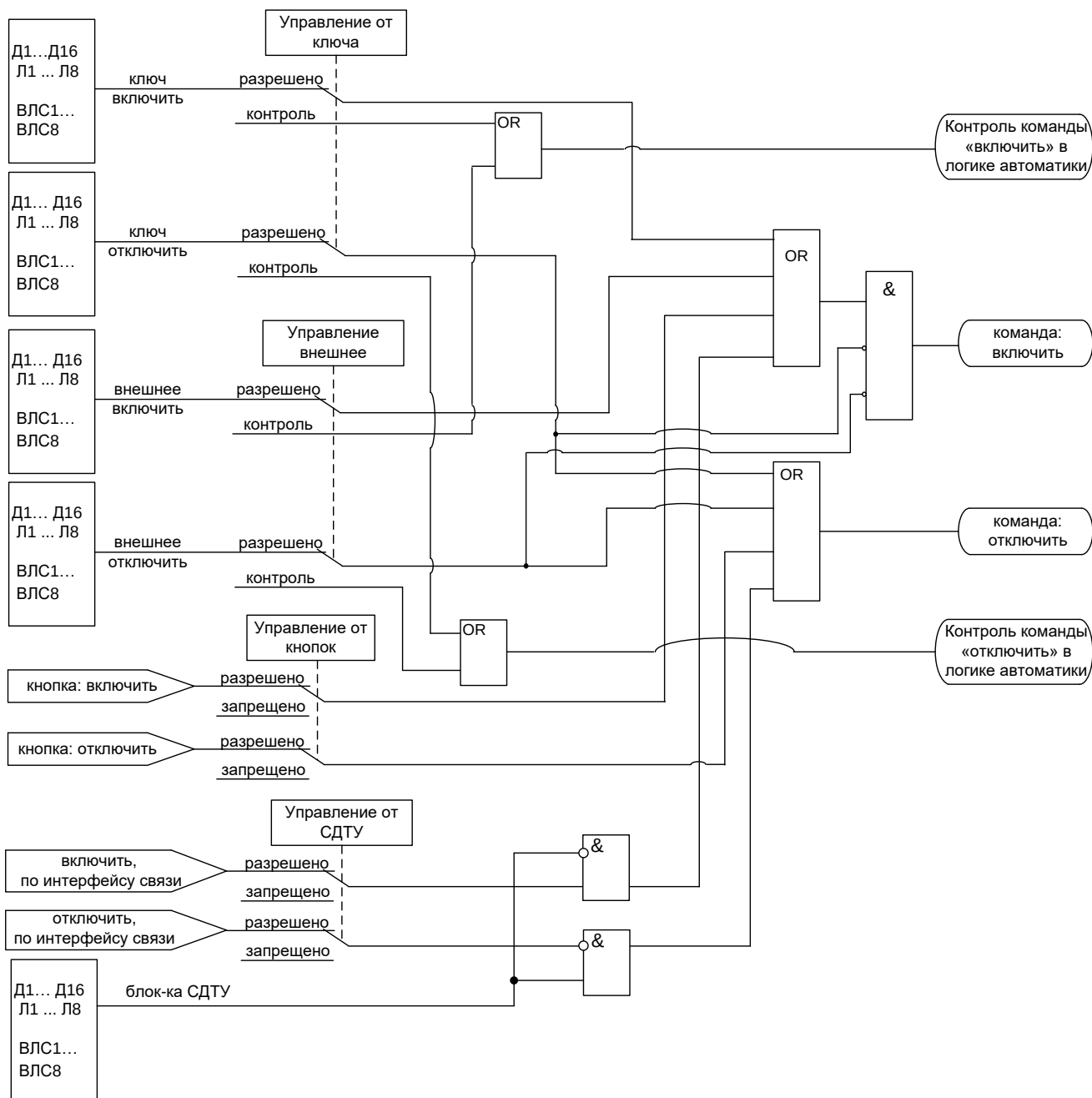


Рисунок 5.1 – Логика выдачи команд управления

5.1 Контроль положения выключателя

Сигналы с блок-контактов выключателя («сост. включено» и «сост. отключено») распознаются согласно алгоритму, показанному на рисунке 5.2. Если блок-контакт «включено» разомкнут, а блок-контакт «отключено» замкнут, то вырабатывается сигнал «положение: отключён». В случае, когда блок-контакт «включено» замкнут, а «отключено» - разомкнут, вырабатывается сигнал «положение: включён». Если оба сигнала имеют одинаковое значение больше времени Тимп, то вырабатывается сигнал «неисправность выключателя».

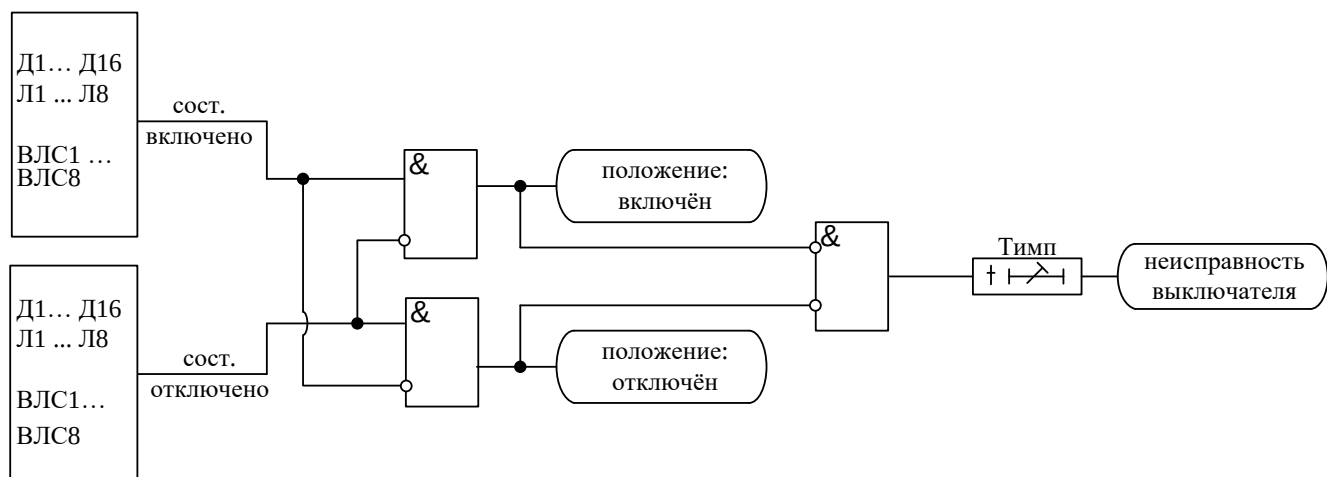


Рисунок 5.2 – Логика определения положения выключателя

5.2 Определение момента включения/отключения выключателя

Определение момента включения/отключения выключателя (сигналы «выключатель включён», «выключатель отключён») осуществляется по изменению положения блок-контактов согласно алгоритму, показанному на рисунке 5.3. По включению выключателя осуществляется ускорение токовых защит и блокировка АПВ.

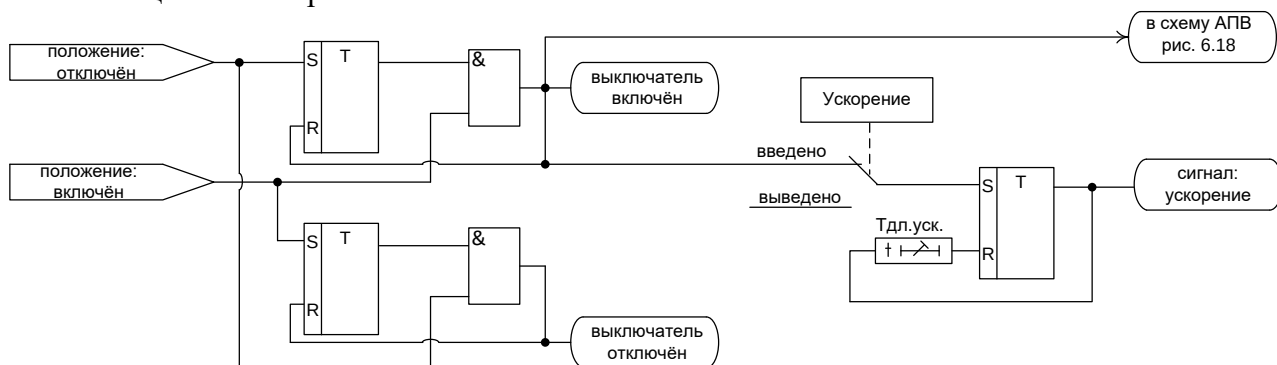


Рисунок 5.3 – Логика определения включения/отключения выключателя

5.3 Выдача команд управления выключателем

Сигнал отключить выключатель выдаётся непосредственно при появлении команды на отключение на время Тимп (рисунок 5.4). Сигнал включить выключатель создаётся на время Тимп после выдачи команды на включение при выполнении следующих условий (рисунок 5.4):

- состояние выключателя – отключён;
- нет команды отключить выключатель;
- отсутствуют блокировка включения выключателя и сигналы о неисправностях выключателя.

Сигналы включить/отключить выключателя управляют работой жёстко назначенных реле, а также могут быть заведены на любые программируемые реле.

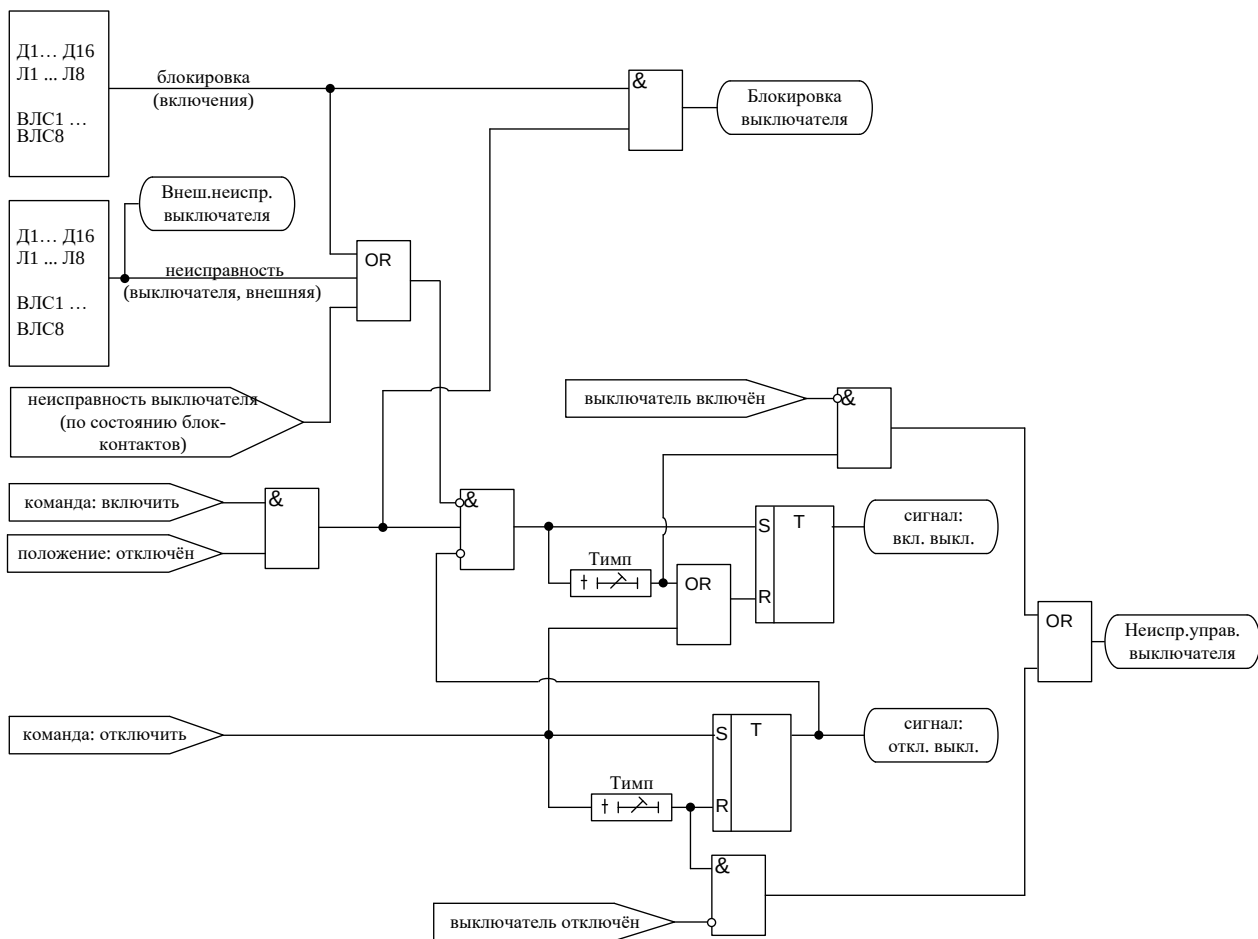


Рисунок 5.4 – Логика выдачи сигналов на включение/отключение выключателя

5.4 Аварийное отключение выключателя

Сигнал аварийное отключение формируется при срабатывании защит введённых в режиме «ОТКЛЮЧЕНИЕ» или «ОСЦИЛЛОГРАФ». При появлении сигнала «аварийное отключение»:

1. Выдаётся команда «отключить» (рисунок 5.5).
2. При наличии тока выше уставки $I_{уров}$ в течение времени $T_{уров}$ вырабатывается сигнал «отказ выключателя» и при разрешённом УРОВ по сработавшей ступени вырабатывается сигнал «УРОВ».
3. При разрешённом АПВ по сработавшей ступени по факту отключения выключателя формируется сигнал «пуск АПВ». В случае появления сигнала «отказ выключателя» происходит запрет АПВ.

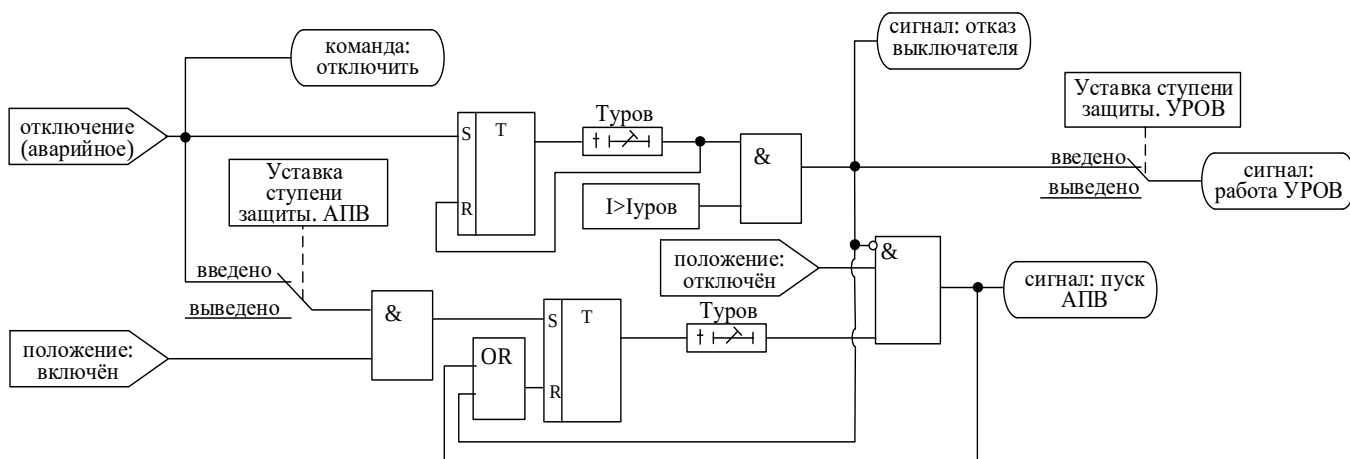


Рисунок 5.5 – Логика работы МР5 при аварийном отключении

6 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ

Устройство имеет четыре идентичные группы уставок (для функций защит токовых, напряжения и частоты). Действующая группа задаётся в уставках конфигурации. Переключение между группами может осуществляться по внешнему сигналу, а также по каналу связи.

6.1 Определение направления

Учёт конфигурации сети для направленных защит производится путём задания угла максимальной чувствительности (см. рисунки 6.1, 6.6, 6.8), отдельно для защит:

- от повышения тока ($I>$, $I>>$, $I>>>$, $I>>>>$);
- от повышения расчётного тока нулевой последовательности ($I0>$, $I0>>$);
- от повышения тока обратной последовательности ($I2>$, $I2>>$);
- от повышения измеренного по нулевому каналу тока ($I_n>$, $I_n>>$);

Угол максимальной чувствительности задаётся согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по углу максимальной чувствительности:	0-360°
2	Дискретность уставок по углу максимальной чувствительности:	1°

Направление считается недостоверно определённым:

- при поляризующем токе меньше $0,1 I_n$;
- поляризующей мощности меньше 0,5 Вт;
- попадании в зону нечувствительности (см. рисунки 6.1, 6.6, 6.8);
- при поляризующем напряжении ниже 5 В.

При снижении поляризующего напряжения ниже 5 В ступени направленных защит в течение трёх секунд работают по памяти.

6.2 Токовые защиты

6.2.1 Направленная защита от повышения тока

Защита от повышения тока может иметь 4 ступени ($I>$, $I>>$, $I>>>$, $I>>>>$) с независимой или зависимой времятоковой характеристикой. Условием срабатывания защиты может задаваться режим превышения уставки по току одной или всех трех фаз.

Каждая ступень может быть сконфигурирована как направленная или ненаправленная, в случае направленного режима задаётся направление срабатывания «от шин» или «к шинам».

Определение направления мощности производится по 90°-градусной схеме, т.е. для построения измерительного органа ступени используются следующие сочетания токов и напряжений: I_a и U_{bc} , I_b и U_{ca} , I_c и U_{ab} . Зона срабатывания защиты показана на рисунке 6.1. **При недостоверном определении направления (п. 6.1) ступень может работать как ненаправленная или блокироваться, что выбирается в настройках.**

Каждая ступень может иметь функцию пуска по минимальному напряжению. В качестве пускающего напряжения используется линейное напряжение: для I_a - U_{ab} , для I_b - U_{bc} , для I_c - U_{ca} . **При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.**

Защита может работать в режимах «Одна фаза» и «Все фазы». В режиме «Одна фаза» для срабатывания ступени необходимо *превышение тока хотя бы в одной фазе*, при введённом пуске по напряжению - *выполнение условия пуска по этой фазе*, при введённом направленном режиме - *выполнение условия направленности по этой фазе*. В режиме «Все фазы» для срабатывания ступени необходимо *превышение тока во всех трёх фазах*, при введённом пуске по напряжению - *выполнения условий пуска по всем трём фазам*, при введённом направленном режиме - *выполнение условий направленности по всем трём фазам*.

Каждая ступень имеет возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала). Наличие или отсутствие блокировки задается в уставках конфигурации.

Для ступеней ступеней I>, I>>, I>>>, I>>>> устройства предусмотрена возможность ускорения. Переключение в ускоренный режим происходит по включению выключателя. В ускоренном режиме срабатывание ступени безусловно происходит по уставке «УСКОРЕНИЕ» (уставка Туск., рисунок 6.4а).

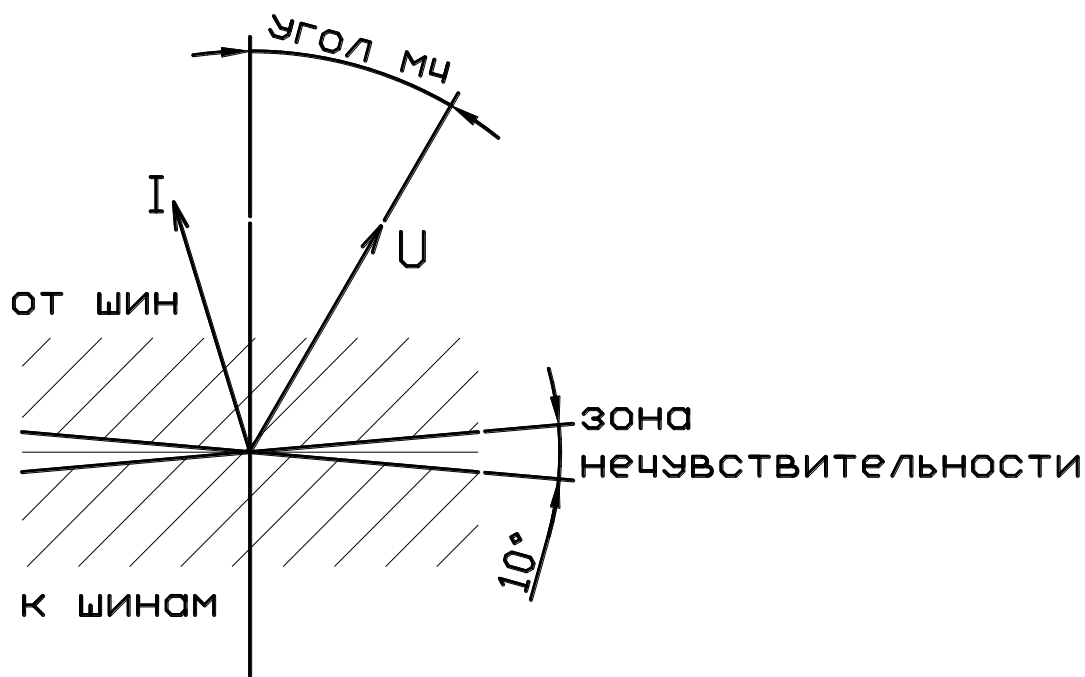


Рисунок 6.1 – Зона срабатывания направленной защиты

Количество ступеней направленной защиты от повышения тока задается в уставках конфигурации. Особенности расчета угла максимальной чувствительности приведены в рекомендациях по расчету уставок (п. 10.1.4).

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «УСКОРЕНИЕ» по каждой ступени задается в уставках конфигурации.

Примечание 1. При использовании ступени защиты с пуском по напряжению следует учитывать то, что при снижении напряжения пуска ниже 5 В ступень защиты блокируется, т.е. вблизи места установки защита имеет «мёртвую» зону. Эту зону рекомендуется защищать токовой отсечкой без пуска по напряжению.

Примечание 2. Для правильного определения направления необходимо задавать уставку по времени не менее 10 мс.

Все ступени с независимой времятоковой характеристикой функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по току:	0–40I _н
2	Диапазон уставок по напряжению:	0–256 В
3	Диапазон уставок по времени:	0–3000 с*
4	Дискретность уставок:	
	по току	0,01I _н
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01 с (0,1 с)**
5	Основная погрешность срабатывания по току:	
	в диапазоне 0,2 – 2 I _н , приведенная к 2I _н	±1,5 %
	в диапазоне 2,1 – 40 I _н относительная	±2,5 %
6	Относительная погрешность срабатывания по напряжению:	±2 %
7	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

*Примечание – здесь и далее по тексту, кроме специально оговорённых случаев, диапазон уставок по времени дается без учета собственного времени работы измерительного органа (30 - 50 мс). Выдержка времени защит определяется как сумма параметров «уставка по времени» и «собственное время работы измерительного органа».

**Примечание – здесь и далее по тексту дискретность уставок по времени в диапазоне до 300с – 0,01с, выше 300с – 0,1с.

При выборе защиты с зависимой от тока уставкой по времени, время срабатывания t_{CP} , мс, определяется формулой

$$t_{CP} = \frac{k}{\frac{I_{BX}}{I_{CP}} - 0,6} \cdot 10, \quad *** \quad (6.1)$$

где k – коэффициент, характеризующий вид зависимой характеристики;

I_{BX} - входной фазный ток устройства;

I_{CP} - величина тока уставки зависимой от тока ступени максимальной токовой защиты (МТЗ).

*** Примечание – Формула (6.1) действительна только при $I_{BX} > I_{CP}$.

Диапазон уставок коэффициента k от 0 до 4000, дискретность установки 1.

На рисунке 6.2 представлены графики зависимых характеристик с различными значениями коэффициента k . Для выбора уставки коэффициента k рекомендуется:

1) если защита устанавливается вместо реле или плавкой вставки с известной характеристикой, то значение k может быть определено путем совмещения данной характеристики с представленными на графике;

2) если защита устанавливается на последовательных участках ЛЭП (рисунок 6.3), то выбор характеристики осуществляется по принципу селективной работы защит смежных участков с учётом направления.

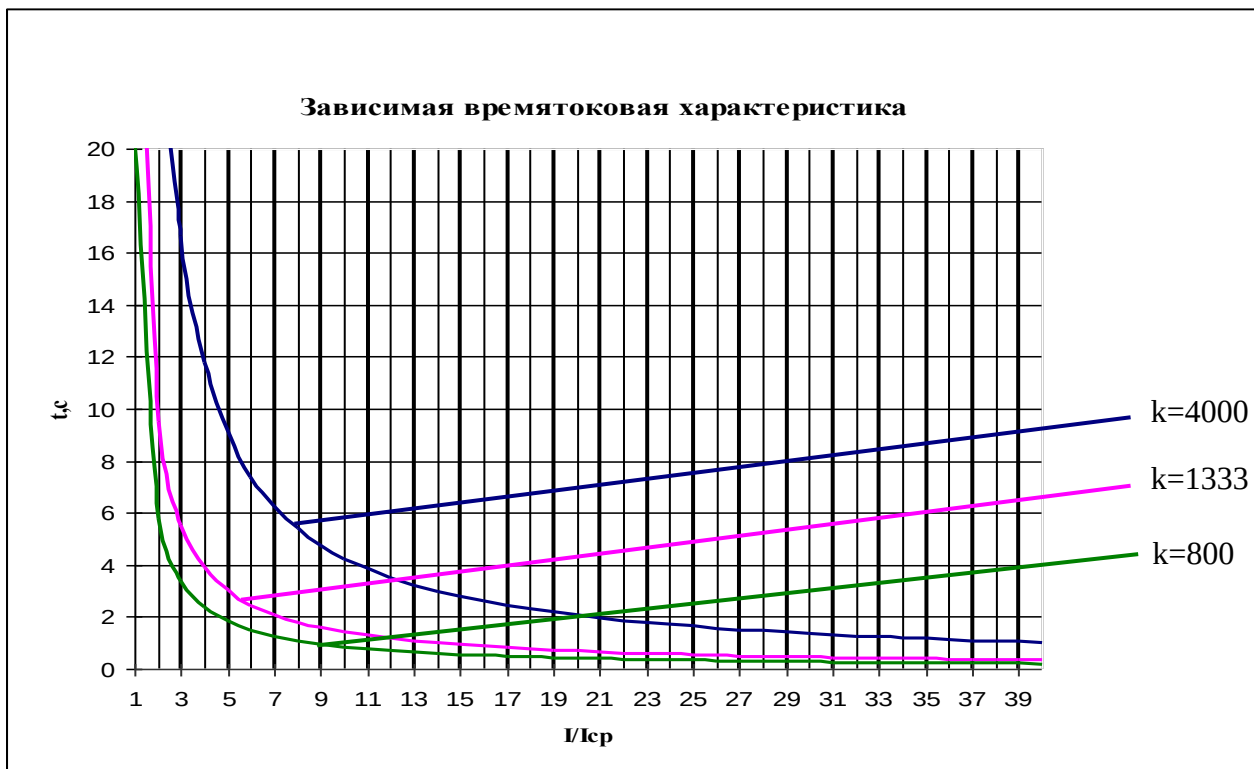


Рисунок 6.2 – Графики зависимой характеристики

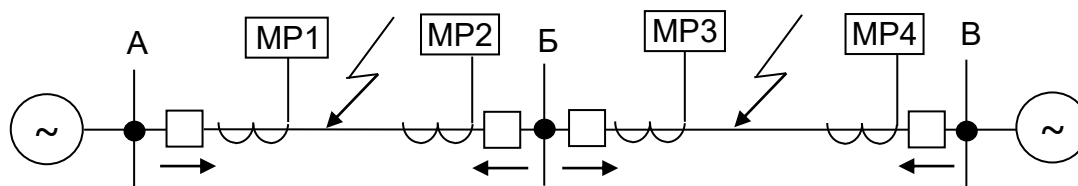


Рисунок 6.3 – К выбору зависимой характеристики смежных участков

Зависимая характеристика защиты MP1 выбирается таким образом, чтобы время ее срабатывания было на ступень селективности больше времени срабатывания защиты MP3. Таким образом, согласно рисунку 6.3 ступень зависимой характеристика защиты участка MP1 должна располагаться выше ступени зависимой характеристики защиты участка MP3.

Функциональная схема ступени направленной МТЗ приведена на рисунках 6.4, 6.5. Логика работы направленной МТЗ, проиллюстрированная на рисунках 6.4, 6.5 реализована программно.

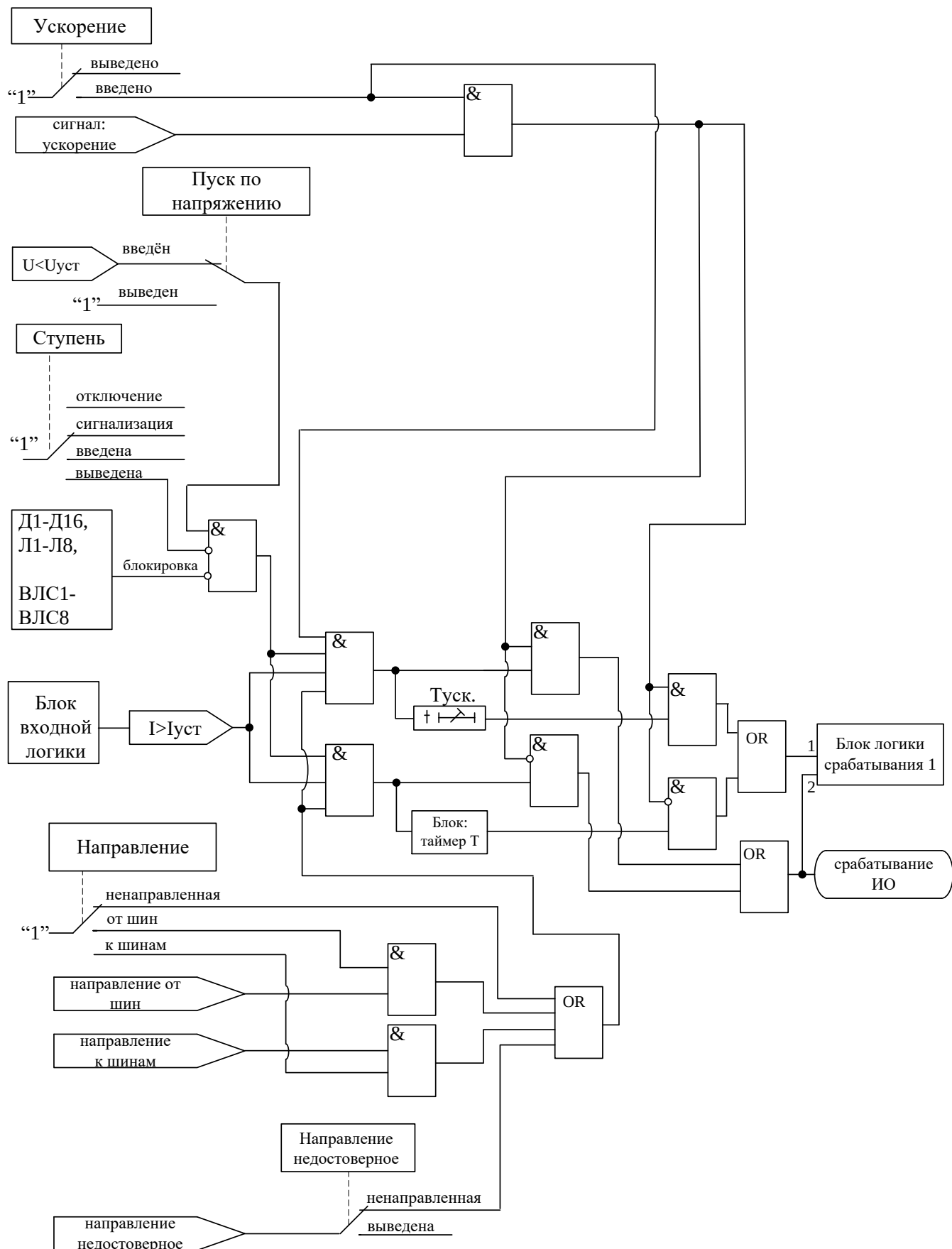


Рисунок 6.4 – Логическая схема направленной защиты от повышения тока

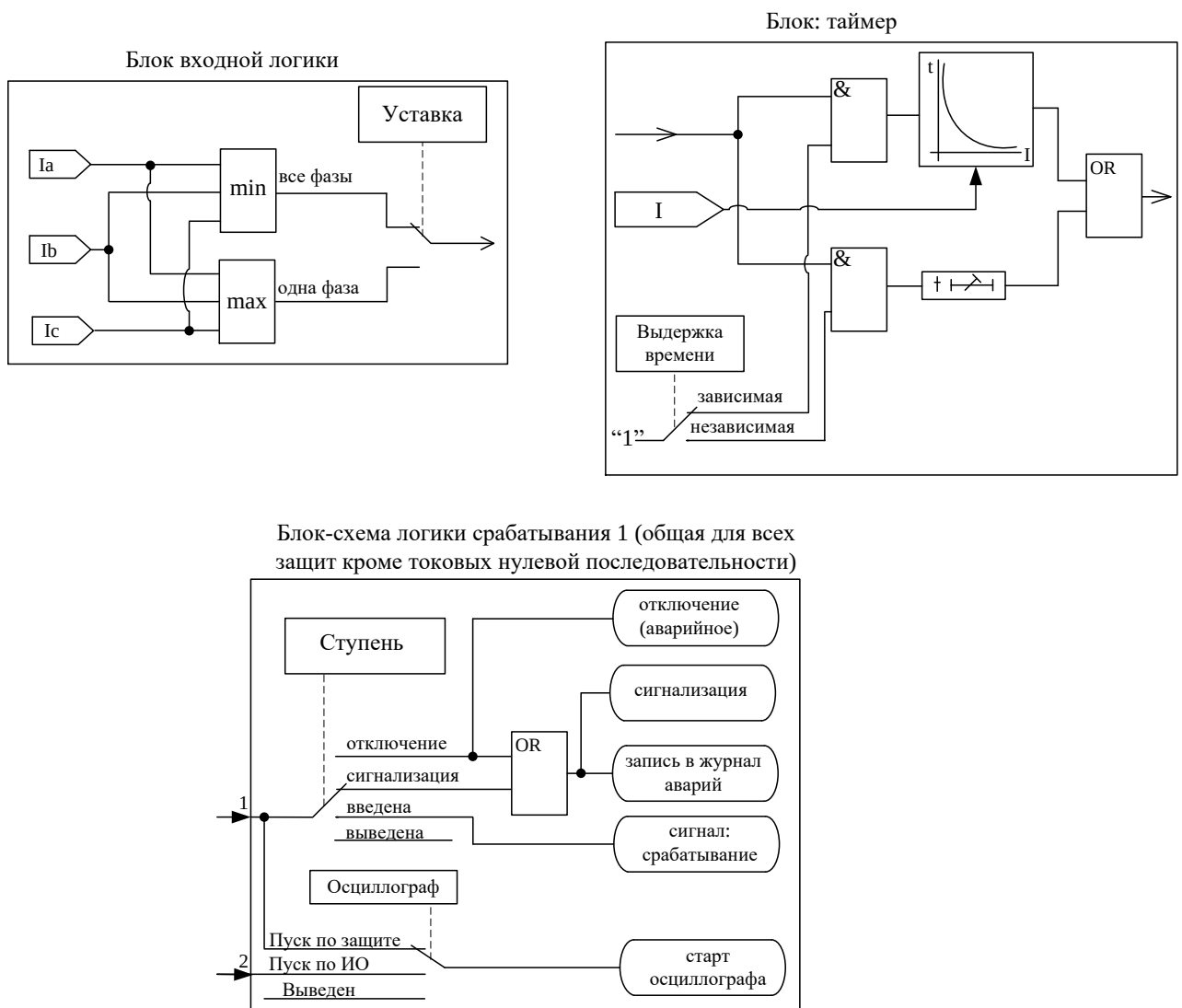


Рисунок 6.5 – Логическая схема направленной защиты от повышения тока (блоки)

6.2.2 Направленная защита от повышения тока нулевой последовательности

Защита может иметь четыре ступени, две ($I_0>$, $I_0>>$) - использующие расчётный ток нулевой последовательности, две ($I_n>$, $I_n>>$) - измеренный ток по нулевому (четвёртому) каналу тока. Каждая из ступеней может срабатывать по превышению уставки током нулевой последовательности или активной мощностью нулевой последовательности. Направленные ступени защиты от повышения тока нулевой последовательности поляризуются измеренным напряжением нулевой последовательности.

Каждая ступень может быть сконфигурирована как направленная или ненаправленная, в случае направленного режима задаётся направление срабатывания «от шин» или «к шинам». Зона срабатывания направленной защиты показана на рисунке 6.6. При недостоверном определении направления (п. 6.1) ступень может работать как ненаправленная или блокироваться, что выбирается в настройках.

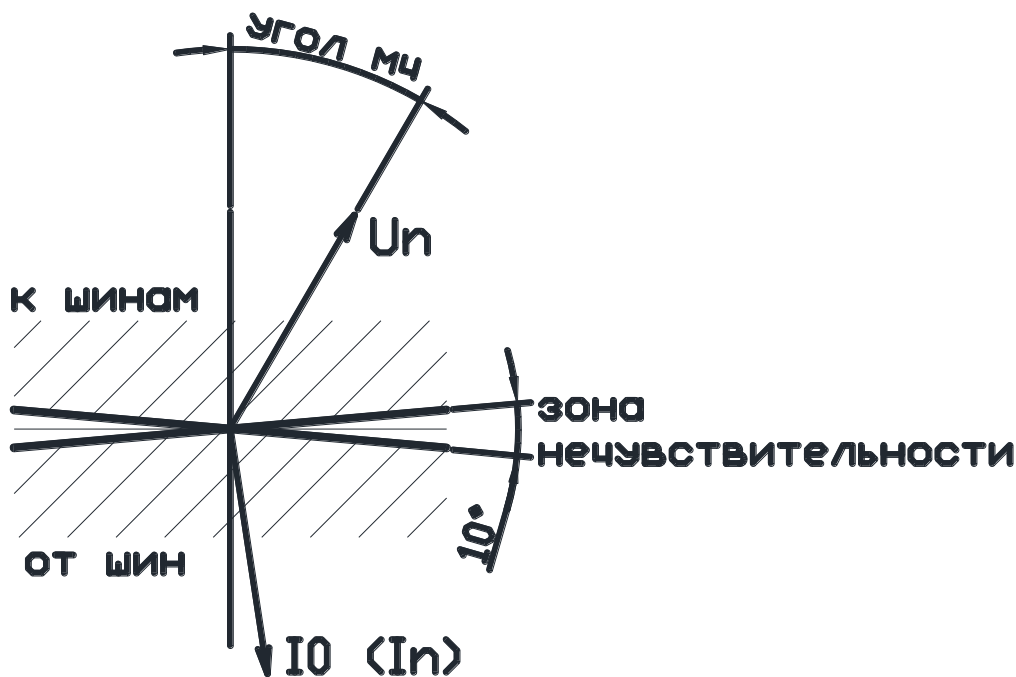


Рисунок 6.6 – Зона срабатывания направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности.

Каждая ступень может иметь функцию пуска по максимальному измеренному напряжению нулевой последовательности. При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.

Ступени защиты имеют независимую времятоковую характеристику, возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала).

Для каждой ступени предусмотрена возможность ускорения. Переключение в ускоренный режим происходит по включению выключателя. В ускоренном режиме срабатывание ступени безусловно происходит по уставке «УСКОРЕНИЕ» (уставка Туск, рисунок 6.7).

Количество ступеней направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности задается в уставках конфигурации.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «УСКОРЕНИЕ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Примечание. Для правильного определения направления необходимо задавать уставку по времени не менее 10 мс.

Все ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по расчётному току I_o :	0 – 40 I_n
	Диапазон уставок по измеренному току I_n :	0 – 5 I_n
2	Диапазон уставок для расчётной активной мощности нулевой последовательности:	0,1 – 40 P_n ; $P_n = U_p \cdot I_n$
	Диапазон уставок для измеренной активной мощности нулевой последовательности:	0,1 – 5 P_n
3	Диапазон уставок по напряжению:	0 – 256 В
4	Диапазон уставок по времени:	0 – 3000 с
5	Дискретность уставок:	
	по току	0,01 I_n
	по мощности	0,01 P_n
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01 с (0,1 с)
6	Относительная погрешность срабатывания:	
	- по измеренному току I_n ;	±2,0 %;
	- по расчётному току I_o (в диапазоне свыше 2 I_n)	±2,5 %;
	Приведенная к 2 I_n погрешность срабатывания по расчётному току I_o (в диапазоне от 0,1 до 2,0 I_n)	±1,5 %
7	Основная погрешность срабатывания по мощности:	±3 %
8	Относительная погрешность срабатывания по напряжению:	±2 %
9	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

Функциональная схема ступени направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности приведена на рисунке 6.7а. Блок, показанный на рисунках 6.7а и 6.7б, реализован программно.

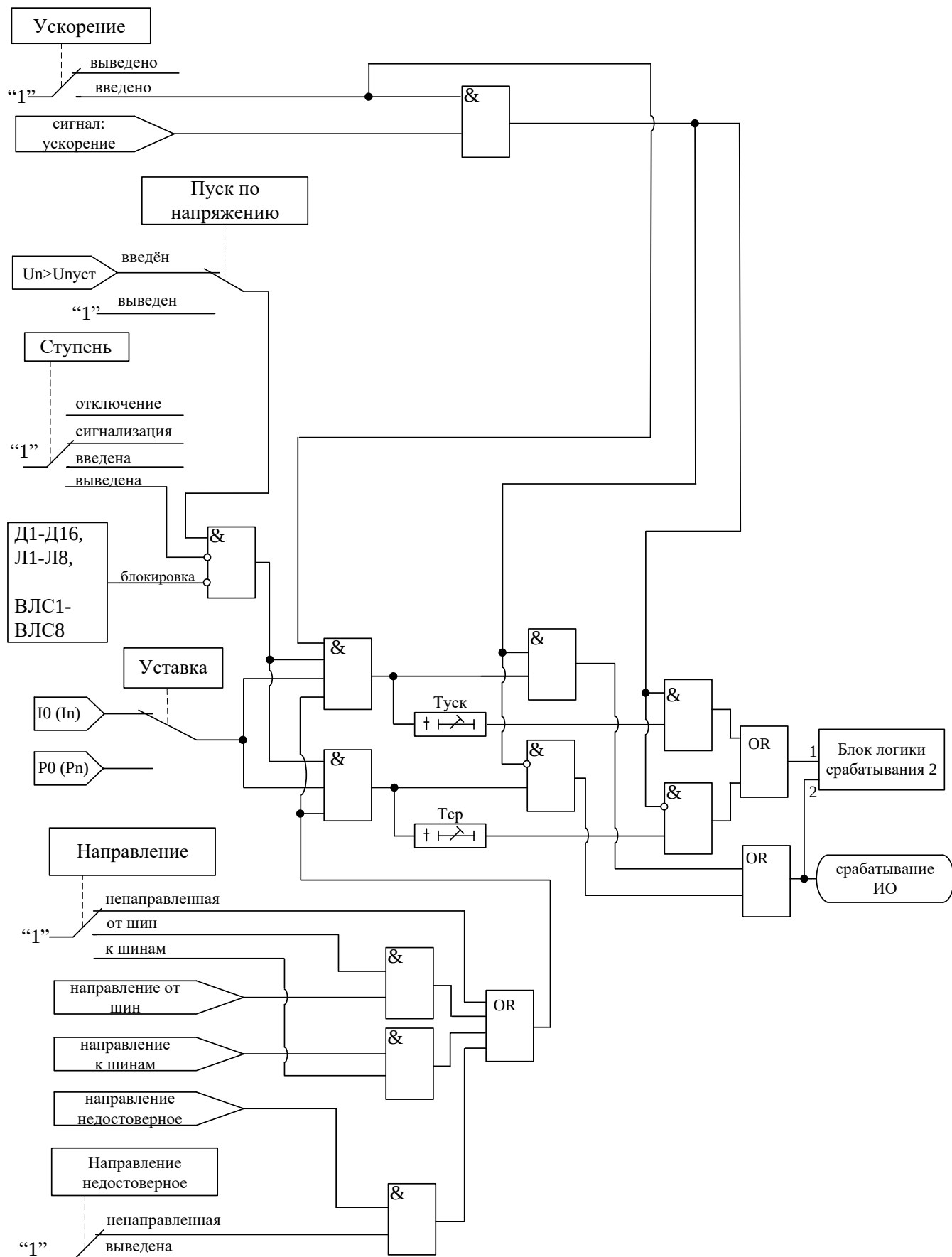


Рисунок 6.7а – Блок направленной защиты от повышения тока нулевой последовательности

Блок логики срабатывания 2 (общий для всех токовых защит нулевой последовательности)

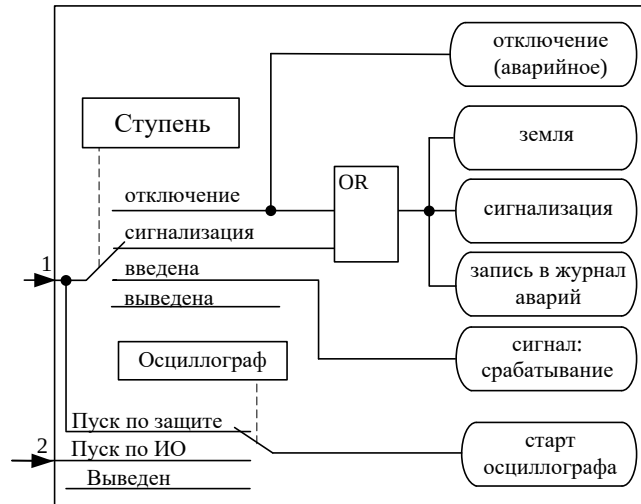


Рисунок 6.76 – Блок-схема логики срабатывания токовых защит нулевой последовательности

6.2.3 Направленная защита от повышения тока обратной последовательности

Двухступенчатая токовая защита обратной последовательности ($I_{2>}$, $I_{2>>}$) работает по расчетным значениям токов обратной последовательности I_2 или активной мощности обратной последовательности P_2 .

Каждая ступень может быть сконфигурирована как направленная или ненаправленная, в случае направленного режима задаётся направление срабатывания «от шин» или «к шинам». Зона срабатывания направленной защиты показана на рисунке 6.8. При недостоверном определении направления (п. 6.1) ступень может работать как ненаправленная или блокироваться, что выбирается в настройках.

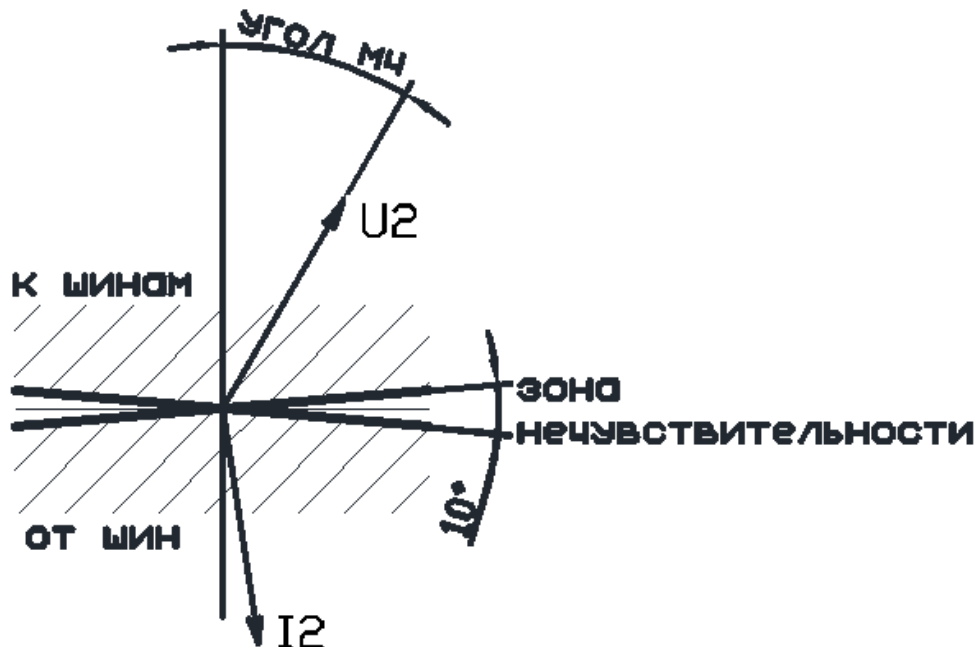


Рисунок 6.8 – Зона срабатывания направленной защиты I_2

Каждая ступень может иметь функцию пуска по максимальному напряжению обратной последовательности. При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.

Ступени защиты имеют независимую времятоковую характеристику, возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала).

Для каждой ступени предусмотрена возможность ускорения. Переключение в ускоренный режим происходит по включению выключателя. В ускоренном режиме срабатывание ступени безусловно происходит по уставке «УСКОРЕНИЕ» (уставка Туск, рисунок 6.9).

Количество ступеней направленной защиты от повышения тока обратной последовательности задается в уставках конфигурации.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «УСКОРЕНИЕ» по каждой ступени задается в уставках конфигурации.

Примечание. Для правильного определения направления необходимо задавать уставку по времени не менее 10 мс.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.4.

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по току для всех ступеней:	0–40 I_n
2	Диапазон уставок по напряжению U_2 для всех ступеней:	0–256 В
3	Диапазон уставок по активной мощности для всех ступеней:	0,1–40 P_n
4	Диапазон уставок по времени:	0–3000 с
5	Дискретность уставок:	
	по току	0,01 I_n
	по напряжению	0,01 В
	по мощности	0,01 P_n
	по времени	0,01 с (0,1 с)
6	Основная погрешность срабатывания по току:	
	в диап. 0,2 – 2 I_n , приведенная к 2 I_n	$\pm 1,5 \%$
	в диап. 2,1 – 40 I_n относительная	$\pm 2,5 \%$
7	Относительная погрешность срабатывания по напряжению:	$\pm 2 \%$
8	Основная погрешность срабатывания по мощности:	
	в диап. 0,2 – 2 P_n , приведенная к 2 P_n	$\pm 3 \%$
	в диап. 2,1 – 40 P_n относительная	$\pm 5 \%$
9	Основная погрешность срабатывания по времени:	± 10 мс

Функциональная схема ступени направленной защиты от повышения тока обратной последовательности приведена на рисунке 6.9. Блок, показанный на рисунке 6.9, реализован программно.

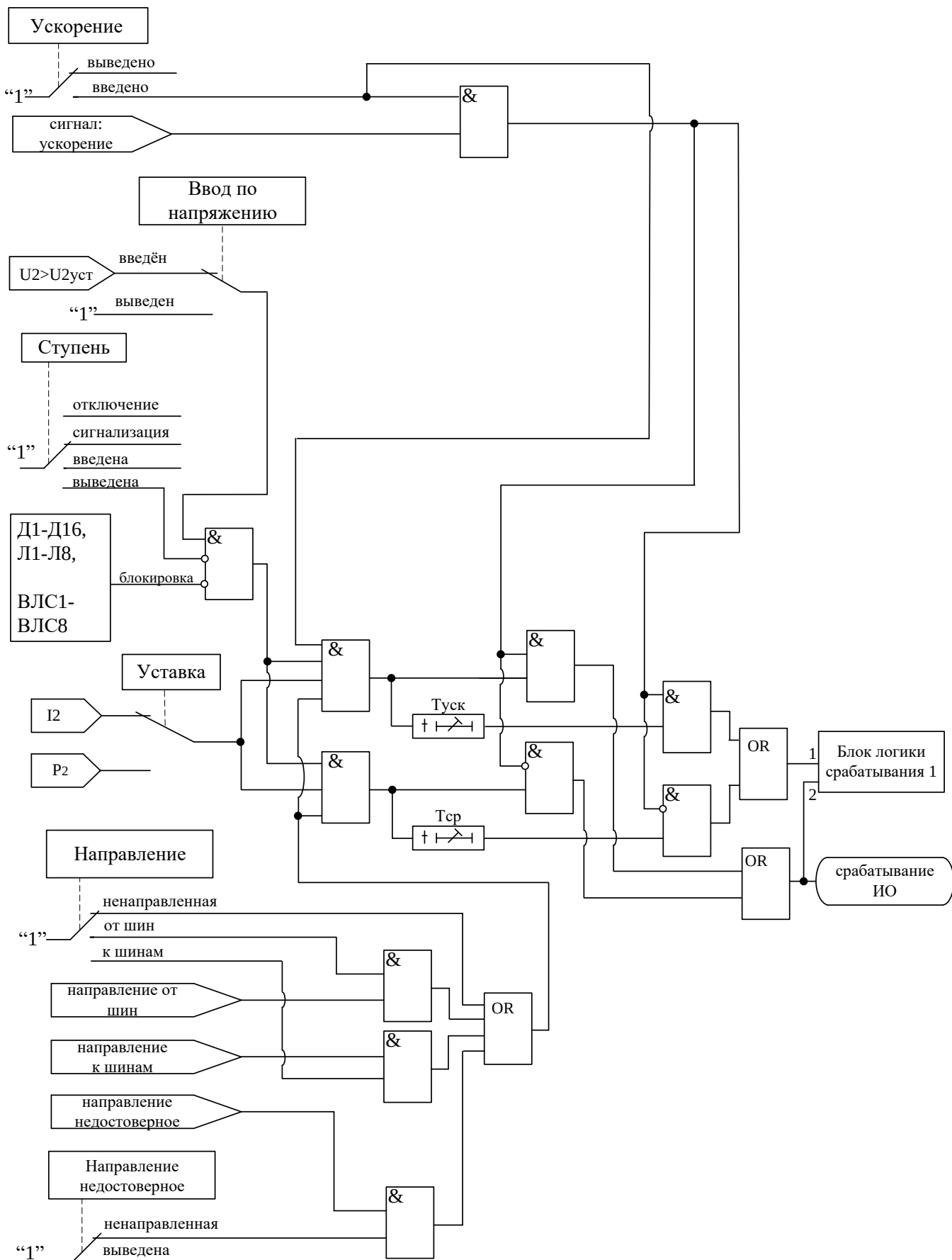


Рисунок 6.9 – Блок направленной защиты от повышения тока обратной последовательности

6.2.4 Защита от повышения суммарного тока высших гармоник нулевой последовательности

Защита имеет одну ступень $I_{\Gamma} >$. Защита срабатывает по измеренному суммарному току 9-й и 11-й гармоник тока нулевой последовательности (4-го канала тока). Ступень защиты имеет независимую времятоковую характеристику, возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала).

Защита может иметь функцию пуска по максимальному измеренному напряжению нулевой последовательности. **При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.**

Для ступени предусмотрена возможность ускорения. Переключение в ускоренный режим происходит по включению выключателя. В ускоренном режиме срабатывание ступени безусловно происходит по уставке «УСКОРЕНИЕ» (уставка Туск, рисунок 6.10).

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «УСКОРЕНИЕ» по каждой ступени задается в уставках конфигурации.

Характеристики защиты показаны в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по току для измеренного суммарного тока I_{Γ} , 450 Гц:	0–5 I_n
2	Диапазон уставок по времени	0–3000 с*
3	Диапазон уставок по напряжению U_0 :	0–256 В
4	Дискретность уставок:	
	по току	0,01 I_n
	по времени	0,01 с (0,1 с)
	по напряжению	0,01 В
5	Относительная погрешность срабатывания по току I_{Γ} :	±2,5 %
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс
7	Относительная погрешность срабатывания по напряжению:	±2 %

Функциональная схема ступени защиты от повышения суммарного тока высших гармоник нулевой последовательности приведена на рисунке 6.10. Блок, показанный на рисунке 6.10, реализован программно.

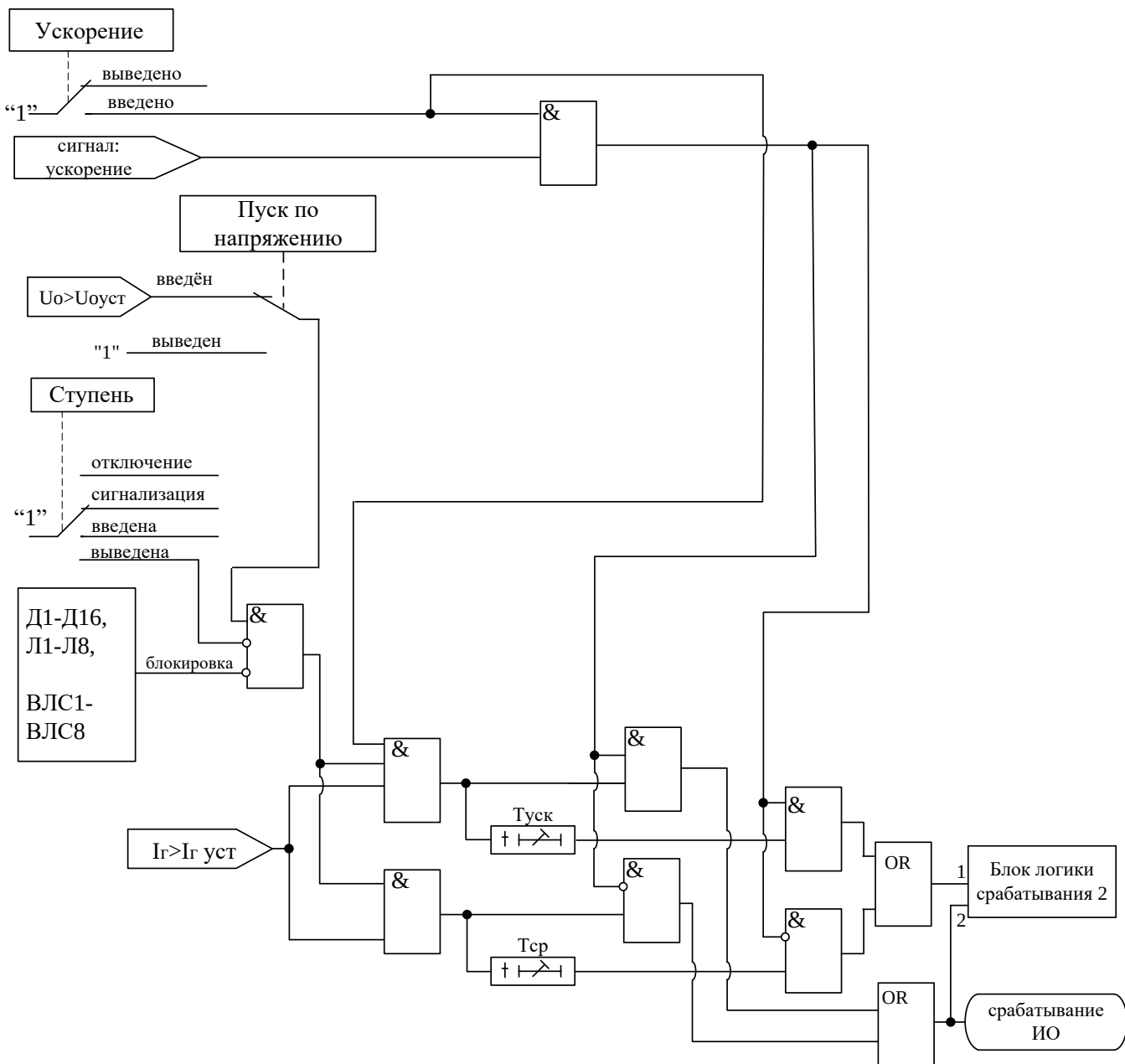


Рисунок 6.10 – Блок защиты от повышения суммарного тока высших гармоник нулевой последовательности

6.2.5 Защита от обрыва провода

Одноступенчатая защита от обрыва провода ($I_2/I_1 >$) работает по расчетному значению отношения тока обратной последовательности **I2** к току прямой последовательности **I1**. Защита имеет независимую времятоковую характеристику, возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуск от инверсного сигнала).

Работа ступени разрешается при уровне тока обратной последовательности выше $0,05I_n$.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключения выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Характеристики защиты показаны в таблице 6.6.

Таблица 6.6

	Наименование параметра	Значение
1	Диапазон уставок I_2/I_1 :	0–100 %
2	Диапазон уставок по времени:	0–3000 с
3	Дискретность уставок: I_2/I_1 по времени	1% 0,01 с (0,1 с)
4	Основная погрешность срабатывания I_2/I_1 :	$\pm 2,5\%$
5	Основная погрешность срабатывания по времени:	± 10 мс
<i>* Для корректной работы защиты от обрыва провода в переходных процессах необходимо выставить уставку по времени не менее 20 мс</i>		

Функциональная схема ступени защиты от обрыва провода приведена на рисунке 6.11. Блок, показанный на рисунке 6.11, реализован программно.

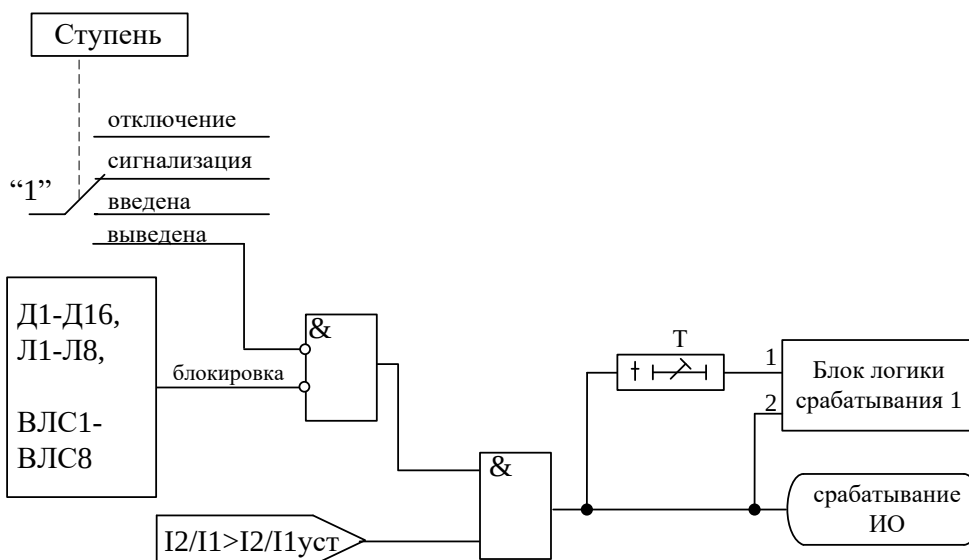


Рисунок 6.11 – Блок защиты от обрыва провода

6.3 Защиты по напряжению

6.3.1 Защита от повышения напряжения

Защита от повышения напряжения может иметь две ступени ($U>$, $U>>$) с независимой уставкой по времени. В соответствии с заданной конфигурацией защита может срабатывать по превышению уставки:

- любым одним линейным («ОДНО ЛИНЕЙНОЕ»);
- всеми линейными («ВСЕ ЛИНЕЙНЫЕ»);
- напряжением U_{ab} ;
- напряжением U_{bc} ;
- напряжением U_{ca} ;
- напряжением, измеренным по четвёртому каналу напряжения (« U_n »).

Все ступени могут иметь функцию возврата измерительного органа защиты по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировку ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания ступени защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от повышения напряжения;
- выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше (т.е. «СИГНАЛИЗАЦИЯ», «ОТКЛЮЧЕНИЕ», «ОСЦИЛЛОГРАФ»);
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При превышении заданным напряжением уставки выдаётся сигнал на измерительный орган (ИО) и запускается уставка по времени $T_{ср}$. Если уровень напряжения выше уставки сохраняется по истечении времени $T_{ср}$, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

а) если задана уставка возврата, при снижении напряжения ниже уставки возврата на время равное $T_{вз}$;

б) если уставка возврата не введена, то по снижению напряжения ниже основной уставки с учётом коэффициента возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. **ВНИМАНИЕ!** АПВ по возврату («АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.

Функциональная схема ступени защиты от повышения напряжения приведена на рисунке 6.12. Блок, показанный на рисунке 6.12, реализован программно.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.7.

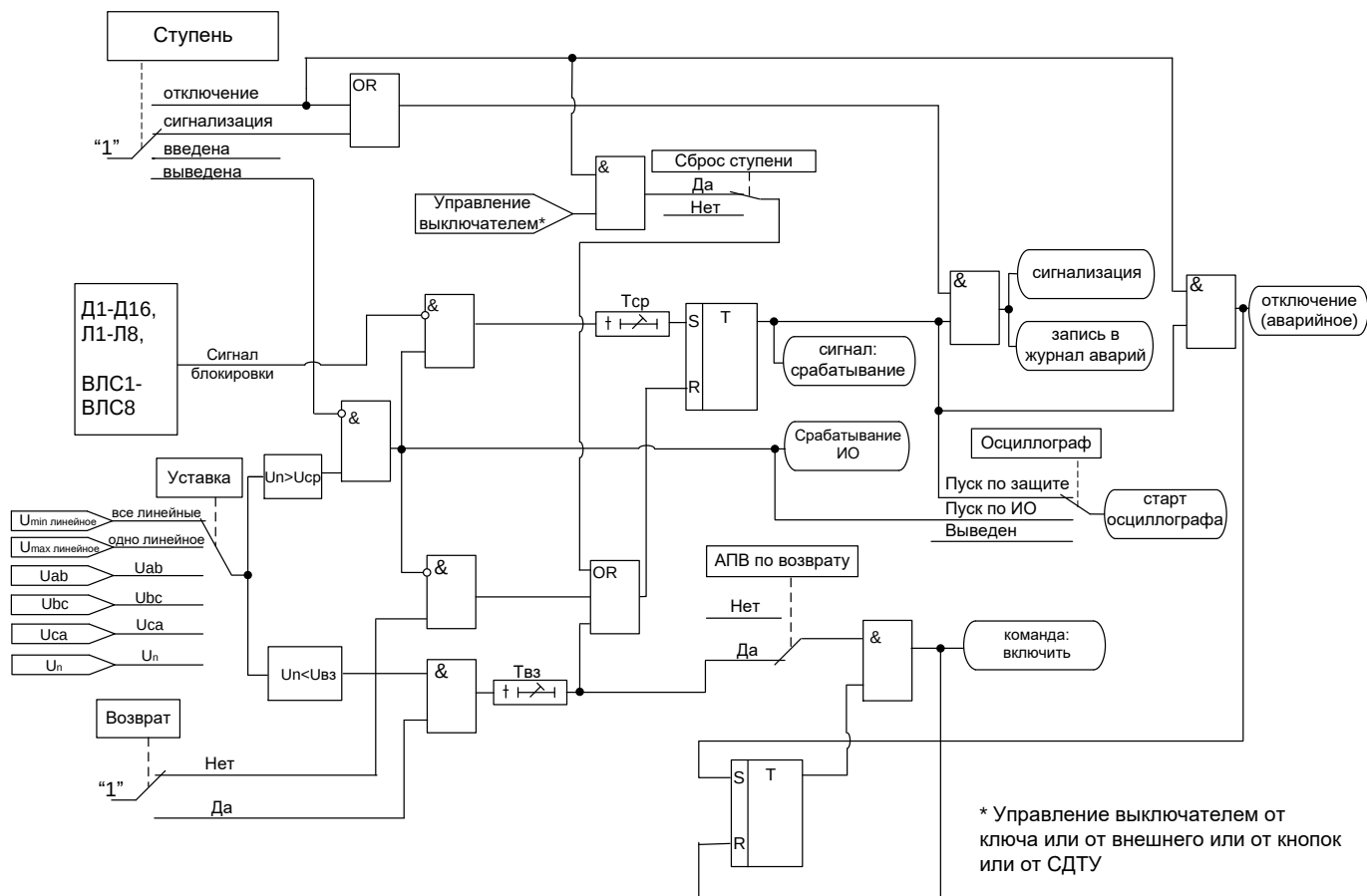


Рисунок 6.12 – Блок защиты от повышения напряжения.

Таблица 6.7

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по напряжению	0-256 В
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с
3	Дискретность уставок:	
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Коэффициент возврата	0,95
5	Относительная погрешность срабатывания по напряжению	±2 %
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

6.3.2 Защита от понижения напряжения

Защита от понижения напряжения имеет две ступени ($U<$, $U<<$) с независимой уставкой по времени. В соответствии с заданной конфигурацией защита может срабатывать по снижению ниже уставки:

- любого одного линейного («ОДНО ЛИНЕЙНОЕ»);
- всех линейных («ВСЕ ЛИНЕЙНЫЕ»);
- напряжением U_{ab} ;
- напряжением U_{bc} ;
- напряжением U_{ca} ;
- напряжения, измеренным по четвёртому каналу напряжения (« U_n »).

Все ступени могут иметь функцию возврата измерительного органа защиты по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировки ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может

быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При неисправности ТН ступень МР5, введенная на «ОДНО ЛИНЕЙНОЕ», «ВСЕ ЛИНЕЙНЫЕ», «Uab», «Ubc», «Uca» блокируется.

При неисправности ТННП ступень МР5, введенная на Un блокируется.

Для МР5 имеется возможность ввода блокировки ступеней $U<$, $U<<$ при напряжении меньше 5 В.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключения выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания ступени защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от повышения напряжения;
- выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше;
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При снижении заданного напряжения ниже уставки выдается сигнал на ИО и запускается уставка по времени Тср. Если уровень напряжения менее уставки сохраняется по истечении времени Тср, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

а) если задана уставка возврата, то по превышению напряжением уставки возврата на время равное Твз;

б) если уставка возврата не введена, то по превышению напряжением основной уставки с учётом коэффициента возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. **ВНИМАНИЕ! АПВ по возврату («АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.**

Функциональная схема ступени защиты от понижения напряжения приведена на рисунке 6.13. Блок, показанный на рисунке 6.13, реализован программно.

Внимание! При скачкообразном возрастании напряжения от 0 до значения напряжения выше уставки возможна некорректная работа ступени $U<$ или $U<<$ с нулевой уставкой по времени. Во избежание ложного срабатывания рекомендуется вводить уставку по времени от 10 мс и выше.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.8.

Таблица 6.8

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по напряжению	0-256 В
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с
3	Дискретность уставок:	
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Коэффициент возврата	1,05
5	Относительная погрешность срабатывания по напряжению	$\pm 2\%$
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	± 10 мс

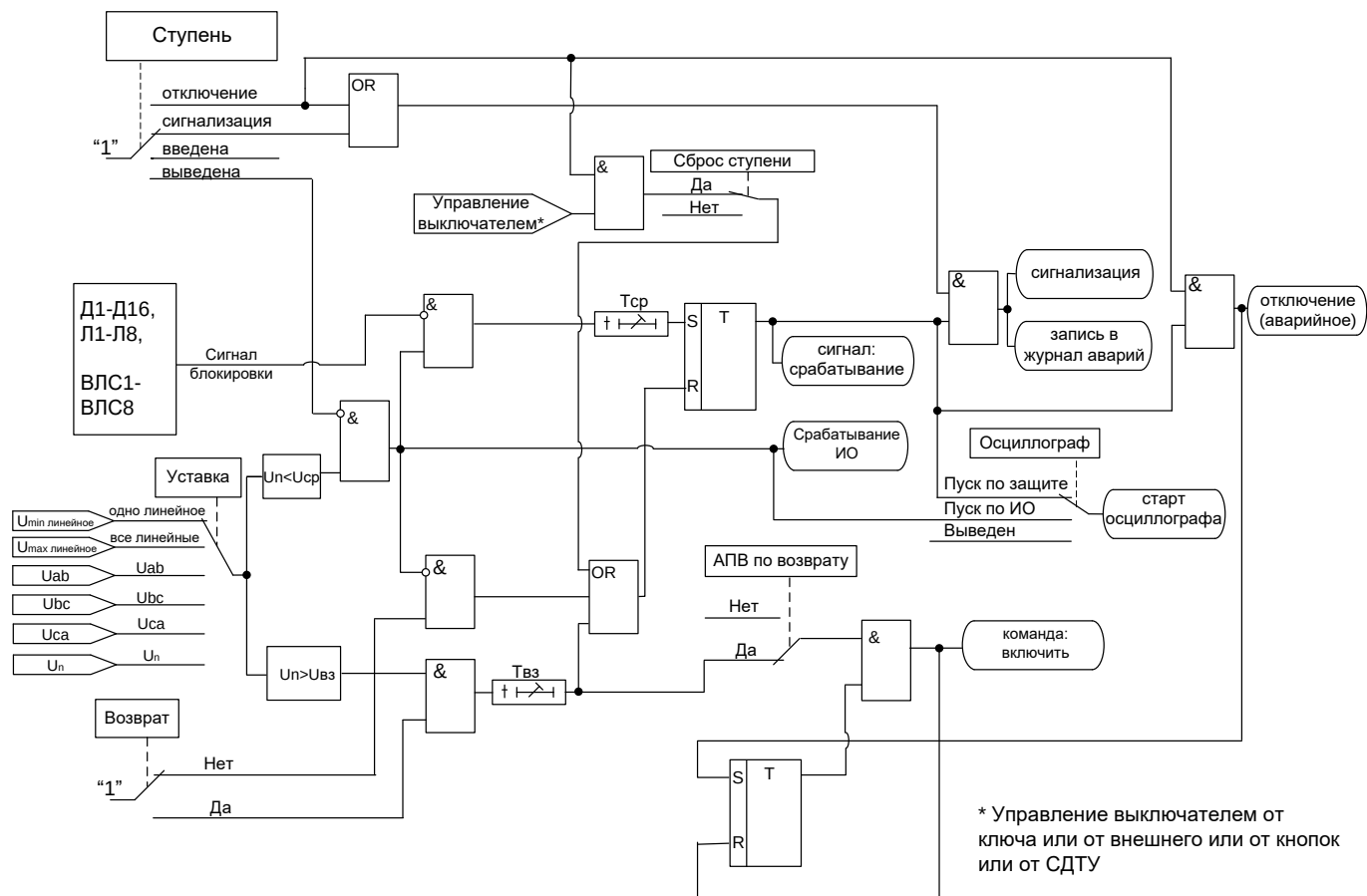


Рисунок 6.13 – Блок защиты от понижения напряжения

6.3.3 Защита от повышения напряжения нулевой последовательности

Защита от повышения напряжения нулевой последовательности может иметь две ступени с независимой уставкой по времени. Защита работает путем сравнения измеренного напряжения нулевой последовательности с уставками ступеней $Un>$, $Un>>$.

Все ступени могут иметь функцию возврата измерительного органа защиты по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировку ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключения выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания ступени защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от повышения напряжения;
- выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше;
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При превышении напряжением нулевой последовательности уставки выдается сигнал на ИО и запускается уставка по времени $T_{ср}$. Если уровень напряжения выше уставки сохраняется по истечении времени $T_{ср}$, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

а) если задана уставка возврата, при снижении напряжения ниже уставки возврата на время равное $T_{вз}$;

б) если уставка возврата не введена, то по снижению напряжения ниже основной уставки с учётом коэффициента возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. **ВНИМАНИЕ!** АПВ по возврату («АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.

Функциональная схема ступени защиты от повышения напряжения нулевой последовательности приведена на рисунке 6.14. Блок, показанный на рисунке 6.14, реализован программно.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.9.

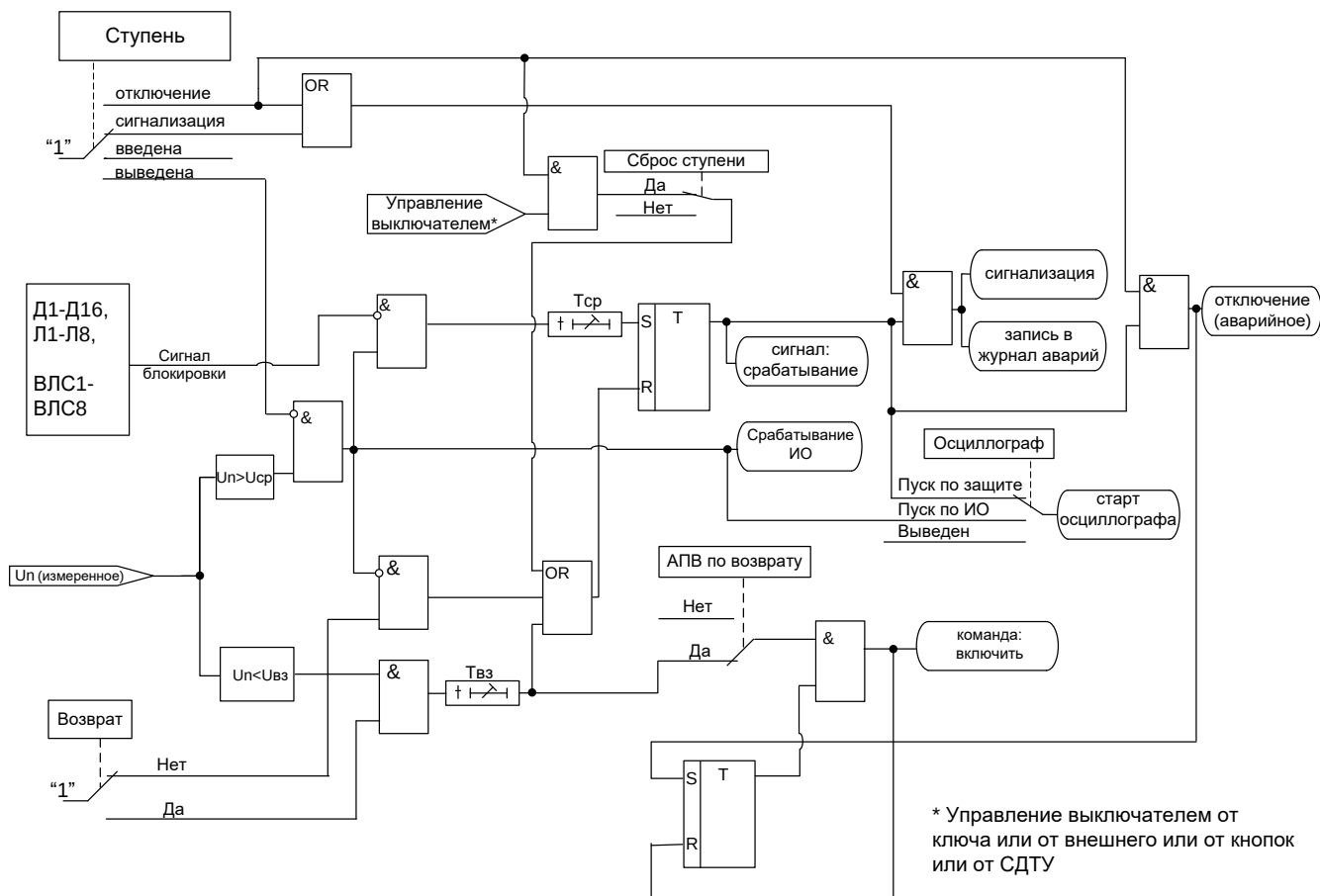


Рисунок 6.14 – Блок защиты от повышения напряжения нулевой последовательности

Таблица 6.9

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по напряжению	0-256 В
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с
3	Дискретность уставок:	
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Коэффициент возврата	0,95
5	Относительная погрешность срабатывания по напряжению	±2 %
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

6.3.4 Защита от повышения напряжения обратной последовательности

Защита от повышения напряжения обратной последовательности может иметь две ступени ($U_{2>}$, $U_{2>>}$) с независимой уставкой по времени. Защита работает путем сравнения расчётного (вычисленного из линейных напряжений) напряжения обратной последовательности с уставками ступеней.

Все ступени могут иметь функцию возврата измерительного органа защиты по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировку ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При недостоверном определении напряжения (см. раздел 4) ступень блокируется.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания ступени защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от повышения напряжения, выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше;
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При превышении напряжением обратной последовательности уставки выдается сигнал на ИО и запускается уставка по времени Тср. Если уровень напряжения выше уставки сохраняется по истечении времени Тср, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

а) если задана уставка возврата, при снижении напряжения ниже уставки возврата на время равное Твз;

б) если уставка возврата не введена, то по снижению напряжения ниже основной уставки с учётом коэффициента возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. *ВНИМАНИЕ! АПВ по возврату («АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.*

Функциональная схема ступени защиты от повышения напряжения обратной последовательности приведена на рисунке 6.15. Блок, показанный на рисунке 6.15, реализован программно.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.10.

Таблица 6.10

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по напряжению	0-256 В
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с
3	Дискретность уставок:	
	по напряжению	0,01 В
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Коэффициент возврата	0,95
5	Относительная погрешность срабатывания по напряжению	±2 %
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

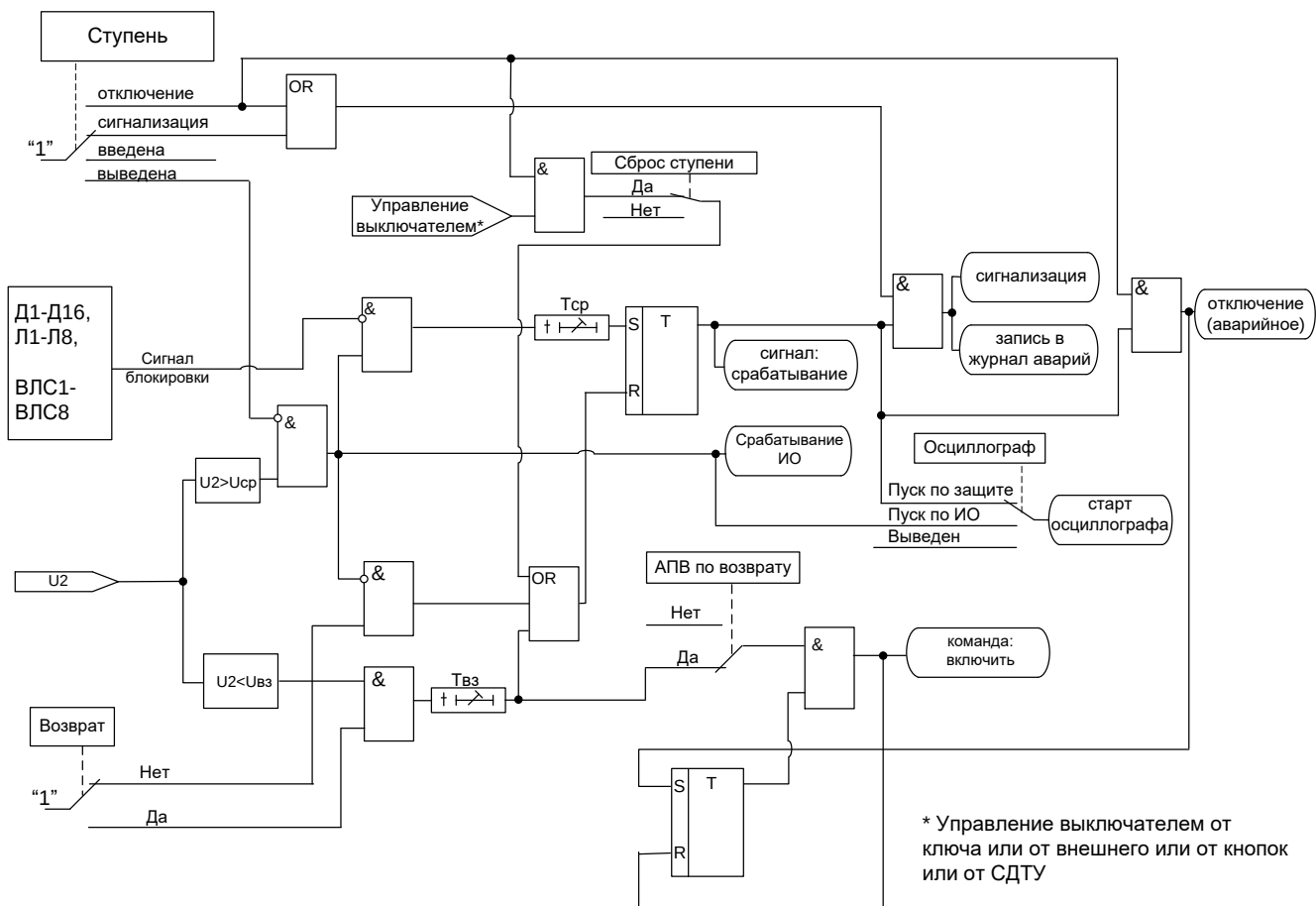


Рисунок 6.15 – Блок защиты от повышения напряжения обратной последовательности

6.4 Защиты по частоте

6.4.1 Защита от повышения частоты

Защита от повышения частоты может иметь две ступени ($F>$, $F>>$) с независимой уставкой по времени. Защита работает путем сравнения измеренной частоты с уставками ступеней.

Предусмотрены возможности возврата по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировки ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При недостоверном определении частоты (см. раздел 4) ступень блокируется.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания ступени защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от повышения частоты;
- выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше;
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При превышении частотой уставки выдается сигнал на ИО и запускается уставка по времени $T_{ср}$. Если уровень частоты выше уставки сохраняется по истечении времени $T_{ср}$, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

а) если задана уставка возврата, при снижении частоты ниже уставки возврата на время равное $T_{вз}$.

б) если уставка возврата не введена, то по снижению частоты ниже основной уставки с учётом зоны возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. **ВНИМАНИЕ! АПВ по возврату**

(«АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.11.

Функциональная схема ступени защиты от повышения частоты приведена на рисунке 6.16. Блок, показанный на рисунке 6.16 реализован программно.

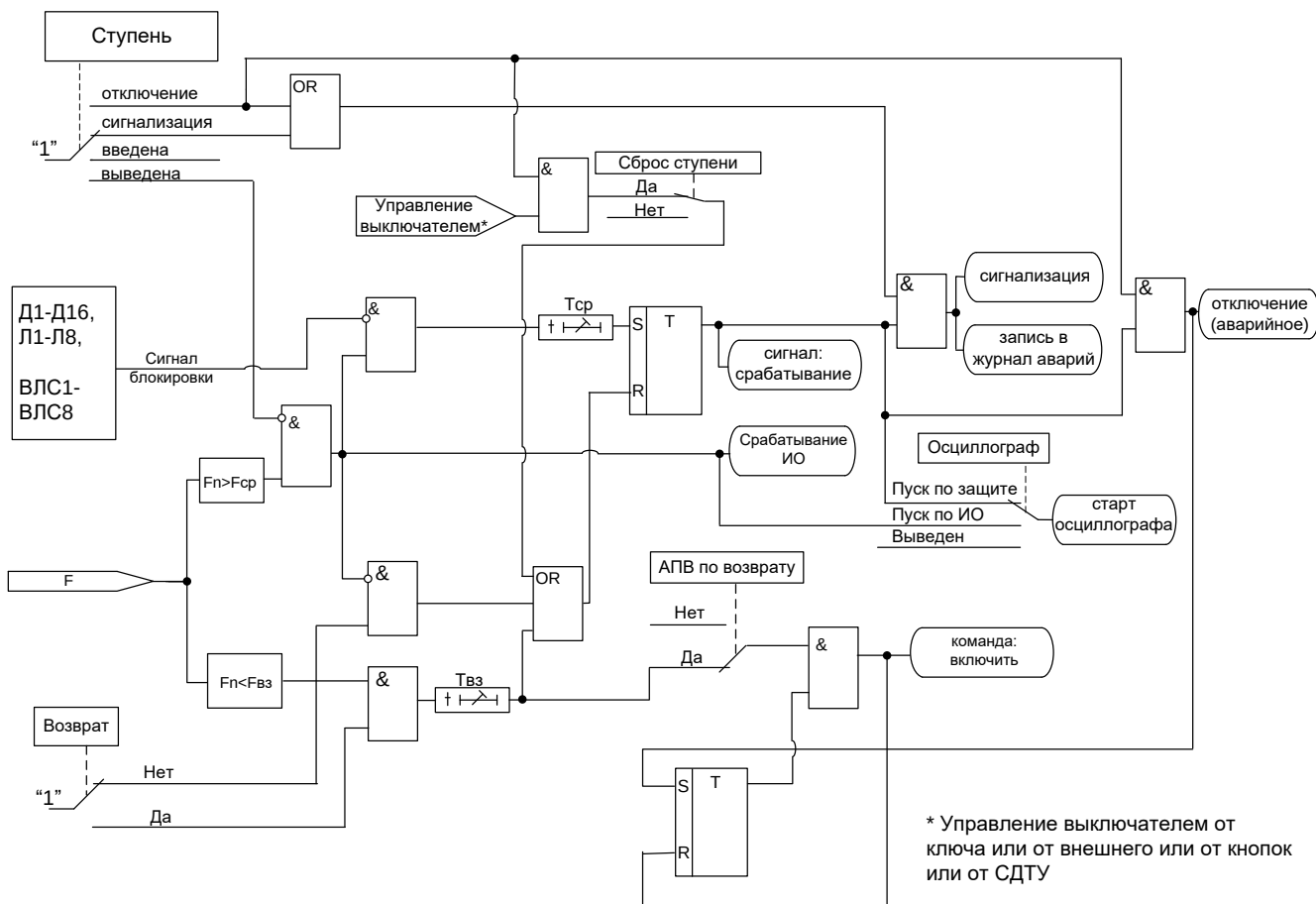


Рисунок 6.16 – Блок защиты от повышения частоты.

Таблица 6.11

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по частоте	40-60 Гц
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с*
3	Дискретность уставок:	
	по частоте	0,01 Гц
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Зона возврата	0,05 Гц
5	Погрешность измерения частоты возврата	±0,05 Гц
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс
* - диапазон уставок по времени дается без учета собственного времени работы измерительного органа. Время работы измерительного органа по частоте не более 200 мс. Выдержка времени защит определяется как сумма параметров «уставка по времени» и «собственное время работы измерительного органа».		

6.4.2 Защита от понижения частоты

Защита от понижения частоты может иметь две ступени ($F <$, $F < <$) с независимой уставкой по времени. Защита работает путем сравнения измеренной частоты с уставками ступеней.

Предусмотрены возможности возврата по уставке, автоматическое повторное включение по возврату и блокировки ступени от внешнего сигнала. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

При недостоверном определении частоты (см. раздел 4) ступень блокируется.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Условия срабатывания защиты:

- введена соответствующая ступень защиты от понижения частоты;
- выбран режим «ВВЕДЕНА» или выше;
- отсутствие сигнала блокировки защиты.

При снижении частоты ниже уставки выдается сигнал на ИО и запускается уставка по времени Тср. Если уровень частоты менее уставки сохраняется по истечении времени Тср, создаётся сигнал срабатывания защиты.

Возврат защиты происходит:

- а) если задана уставка возврата, то по превышению уставки возврата на время равное Твз;
- б) если уставка возврата не введена, то по превышению основной уставки с учётом зоны возврата.

В случае ввода функции возврата по уставке возможна реализация автоматического повторного включения по возврату. **ВНИМАНИЕ! АПВ по возврату («АПВ ВЗ») возможно только при разрешенном АПВ.**

Функциональная схема ступени защиты от понижения частоты приведена на рисунке 6.17. Блок, показанный на рисунке 6.17 реализован программно.

Обе ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.12.

Таблица 6.12

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по частоте	40-60 Гц
2	Диапазон уставок по времени	0-3000 с*
3	Дискретность уставок:	
	по частоте	0,01 Гц
	по времени	0,01с (0,1с)
4	Зона возврата	0,05 Гц
5	Погрешность измерения частоты возврата	±0,05 Гц
6	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс
* - диапазон уставок по времени дается без учета собственного времени работы измерительного органа. Время работы измерительного органа по частоте не более 200 мс. Выдержка времени защит определяется как сумма параметров «уставка по времени» и «собственное время работы измерительного органа».		

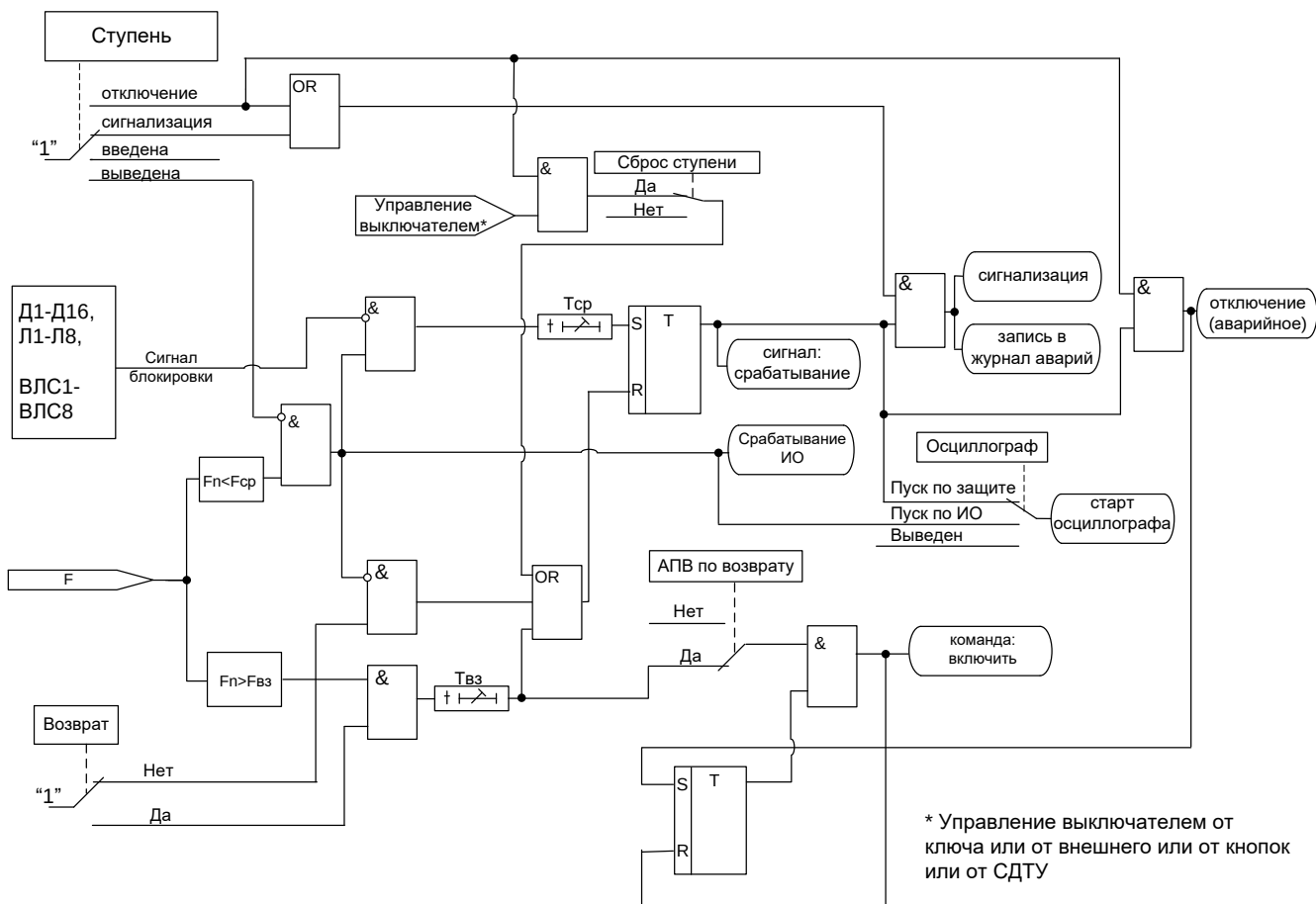


Рисунок 6.17 – Блок защиты от понижения частоты

6.5 Автоматика

6.5.1 Автоматическое повторное включение (АПВ)

Устройство АПВ предназначено для автоматического повторного включения присоединения после его самопроизвольного отключения или отключения от устройств защиты. В устройствах МР5 ПО 75 реализовано АПВ четырёхкратного действия.

АПВ имеет уставки по длительности первого, второго, третьего и четвёртого цикла АПВ, по длительности блокировки АПВ и по времени готовности АПВ.

Время блокировки T_b – время блокировки АПВ после включения выключателя вручную или через СДТУ.

Время готовности T_g – время, по истечении которого АПВ возвращается в исходное состояние.

Принцип действия АПВ

Фактором пуска АПВ является отключение выключателя:

- самопроизвольное (СО), если это разрешено в настройках конфигурации;
- от защиты, по которой разрешено АПВ.

Необходимым условием пуска АПВ является отсутствие неисправностей и отказов выключателя и наличие сработавших ступеней защиты.

Функциональная схема АПВ приведена на рисунке 6.18. Блок, показанный на рисунке 6.18, реализован программно.

При появлении фактора пуска (после истечения $T_{уров}$) запускается таймер первого цикла T_1 , который отсчитав установленное время, действует на включение выключателя присоединения. Одновременно запускается таймер T_g , контролирующий успешность АПВ. Если за время T_g не происходит отключения выключателя, то АПВ считается успешным.

Если в течение времени T_g происходит отключение выключателя, то первый крат АПВ считается неуспешным и таймер T_1 блокируется. Если АПВ введено на 2 крата, то происходит пуск таймера второго цикла АПВ T_2 . Таймер второго цикла АПВ, отсчитав установленное время, действует на включение выключателя. Одновременно запускается таймер T_g . Если за время T_g не происходит отключения выключателя, то АПВ считается успешным.

Если в течение времени T_g происходит отключение, то АПВ считается неуспешным и блокируется. После истечения времени T_g происходит возврат АПВ в исходное состояние.

Внимание! Недопустимо задавать $T_{уров}$ больше, чем T_g .

При 3-х кратном и 4-х кратном АПВ алгоритм действий устройства аналогичен логике 2-х кратного АПВ.

При ручном включении силового выключателя АПВ блокируется на время T_b . Также предусмотрена возможность запрета АПВ от внешнего сигнала.

Характеристики АПВ показаны в таблице 6.13.

Таблица 6.13

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по времени:	0–3000 с
2	Дискретность уставок по времени:	0,01 с (0,1 с)
3	Основная погрешность срабатывания по времени:	± 10 мс

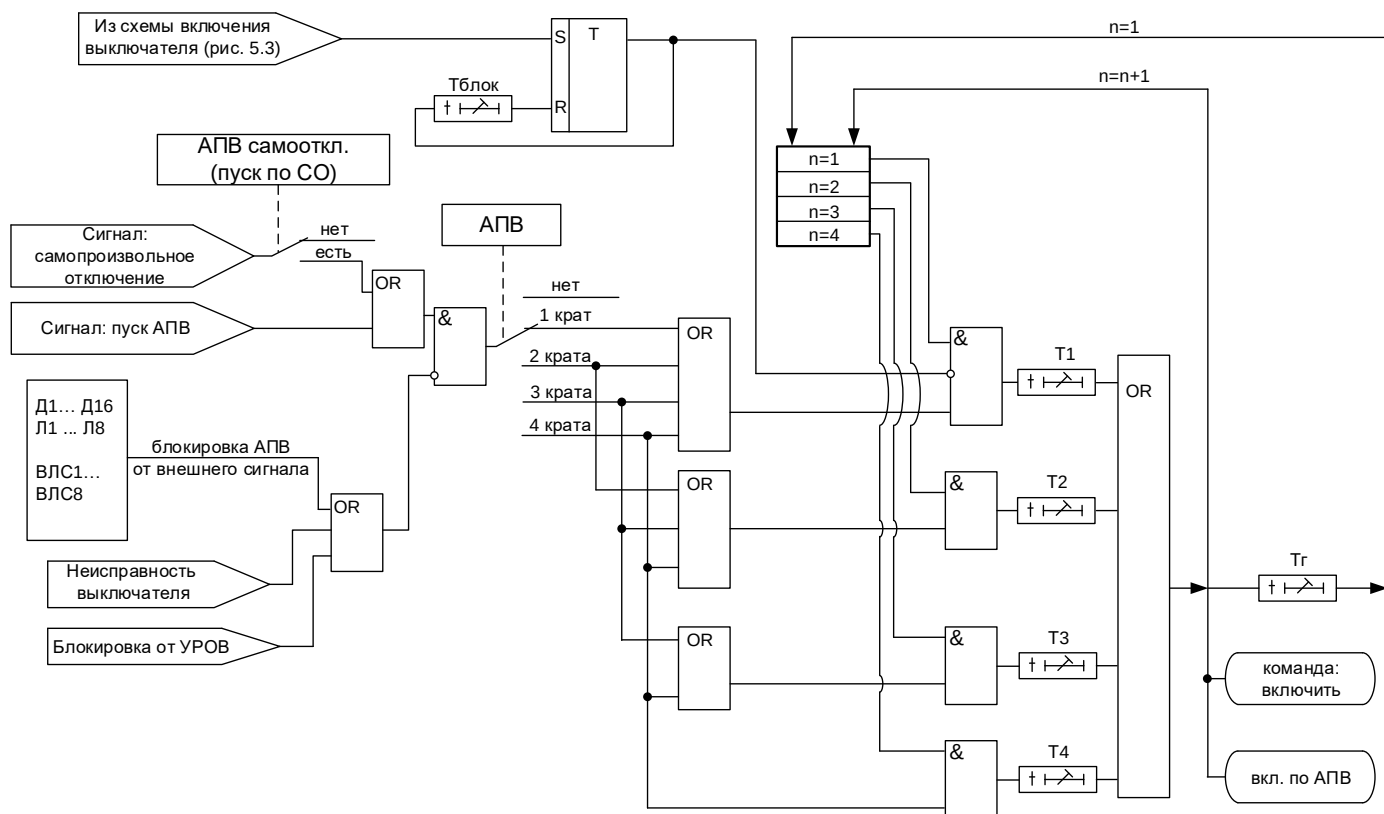


Рисунок 6.18 – Блок АПВ

6.5.2 Функция УРОВЗ (совместная реализация устройства резервирования отказа выключателя УРОВ и логической защиты шин ЛЗШ)

Принцип действия УРОВЗ основывается на совместной блокировке быстродействующей защиты на питающем присоединении пусковыми органами УРОВ и ЛЗШ. В случае срабатывания ступени ЛЗШ на отходящей линии формируется сигнал «РАБОТА ЛЗШ», который может быть использован для блокировки быстродействующей ступени на питающих присоединениях.

ЛЗШ может работать в одном из двух режимов - по «СХЕМЕ 1» или «СХЕМЕ 2». В случае работы по «СХЕМЕ 1» выдача сигнала «работа ЛЗШ» блокируется при появлении сигнала «работа УРОВ», т.е. реализуется функция УРОВ (рисунок 6.19). В случае работы по «СХЕМЕ 2» выдача сигнала «работа ЛЗШ» блокируется при выдаче команды «отключение (аварийное)» (рисунок 6.19). При использовании данной схемы обязательно реализовать выдержку времени УРОВ (200-300 мс) на быстродействующей ступени на питающих присоединениях.

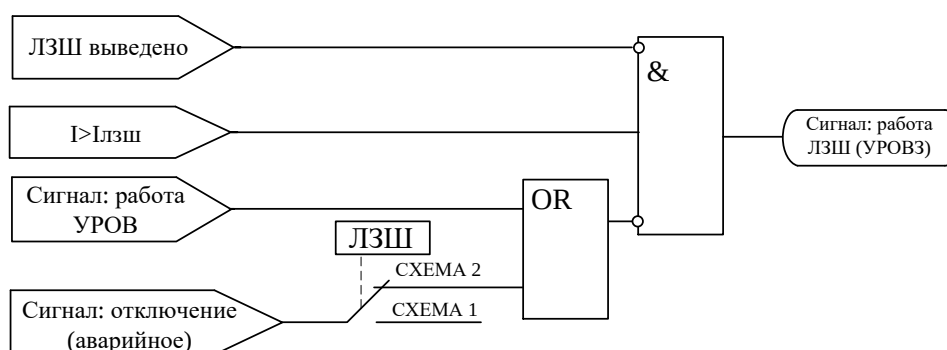


Рисунок 6.19 – Блок-схема логики УРОВЗ

Характеристики УРОВЗ показаны в таблице 6.14.

Таблица 6.14

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по току:	0–40 I_n
2	Диапазон уставок по времени:	0–3000с
3	Дискретность уставок:	
	по току	0,01 I_n
	по времени	0,01 с (0,1 с)
4	Основная погрешность срабатывания по току:	
	в диап. 0,2 – 2 I_n , приведенная к 2 I_n	$\pm 1,5 \%$
	в диап. 2,1 – 40 I_n относительная	$\pm 2,5 \%$
5	Основная погрешность срабатывания по времени:	± 10 мс

6.5.3 Устройство автоматического включения резерва (АВР)

В МР5 ПО 75 реализован АВР пункта секционирования. АВР выполняет автоматическое включение выключателя при наличии напряжения с одной из сторон. АВР обеспечивает однократность действия.

Для работы АВР необходимо одновременное выполнение следующих условий:

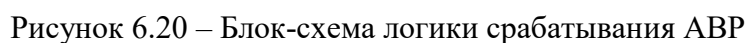
1. Режим работы «Введен»;
2. Наличие сигнала «Разрешение АВР»;
3. Напряжение на стороне 1 (2) больше U_{max} , а со стороны 2 (1) напряжение меньше U_{min} ;
4. Отсутствие внешних блокировок, сигнала «неисправность выключателя», наличия срабатывающей ступени защиты;
5. Отключённое положение выключателя.

При выполнении условий срабатывания через время ожидания Тож формируется команда на включение выключателя, и одновременно контролируется успешность включения (не должно быть аварийного отключения от любой из защит терминала). Если через время Тгот нет аварийного отключения, то АВР прошел успешно, в журнал системы записывается сообщение «АВР готов». Если же в течение времени Тгот произошло отключения выключателя от защиты, то логика работы АВР блокируется, в журнал системы записывается сообщение «АВР: блокировка по аварии».

Сброс внешней блокировки АВР производится только по тому фактору, по которому она была установлена, - внешним сигналом либо по СДТУ.

Блокировка логики работы АВР, сформированная в результате выполнения алгоритма, может быть сброшена как внешним сигналом сброса блокировки, так и сигналом по СДТУ.

Функциональная схема срабатывания АВР приведена на рисунке 6.20. Блок, показанный на рисунке 6.20 реализован программно.



6.5.4 Внешние защиты

В устройстве имеется возможность работы с внешними защитами. Всего есть возможность подключить до восьми внешних защит ВЗ-1, ВЗ-2,... ВЗ-8. Внешняя защита пускается при появлении сигнала на заданном дискретном входе, при выполнении условия отсутствия блокирующего сигнала. При срабатывании внешних защит фиксируются все параметры аварийного события, как при срабатывании собственных защит. Предусмотрены возврат по внешнему сигналу с задержкой времени и автоматическое повторное включение по возврату. В случае срабатывания ступени с возвратом при отсутствии фактора срабатывания ступень может быть сброшена (опция «СБРОС СТУПЕНИ») до появления сигнала возврата по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего управления, от кнопок, от СДТУ).

Возврат защиты происходит:

а) если введена функция возврата по внешнему сигналу, по выполнению двух условий:

- пропадание внешнего сигнала срабатывания;
- появление внешнего сигнала возврата на время Твз.

б) если функция возврата по внешнему сигналу выведена:

- по исчезновению сигнала срабатывания;
- при появлении блокирующего сигнала.

Режимы работы защиты:

«ВЫВЕДЕНА» - защита выведена из работы;

«СРАБАТЫВАНИЕ» - защита введена в работу с контролированием уставки по времени.

Отключения выключателя и действия на сигнализацию не происходит.

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - как при «СРАБАТЫВАНИЕ», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - то же, что и при режиме «СИГНАЛИЗАЦИЯ», плюс действие на отключение выключателя.

Наличие функций «ОСЦИЛЛОГРАФ», «АПВ», «УРОВ», «СБРОС СТУПЕНИ» по каждой ступени задаётся в уставках конфигурации.

Все ступени функционально идентичны и имеют характеристики, указанные в таблице 6.15.

Таблица 6.15

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по времени:	0–3000 с
2	Дискретность уставок по времени:	0,01 с (0,1 с)
3	Основная погрешность срабатывания по времени:	±10 мс

Функциональная схема внешней защиты приведена на рисунке 6.21. Блок, показанный на рисунке 6.21, реализован программно.

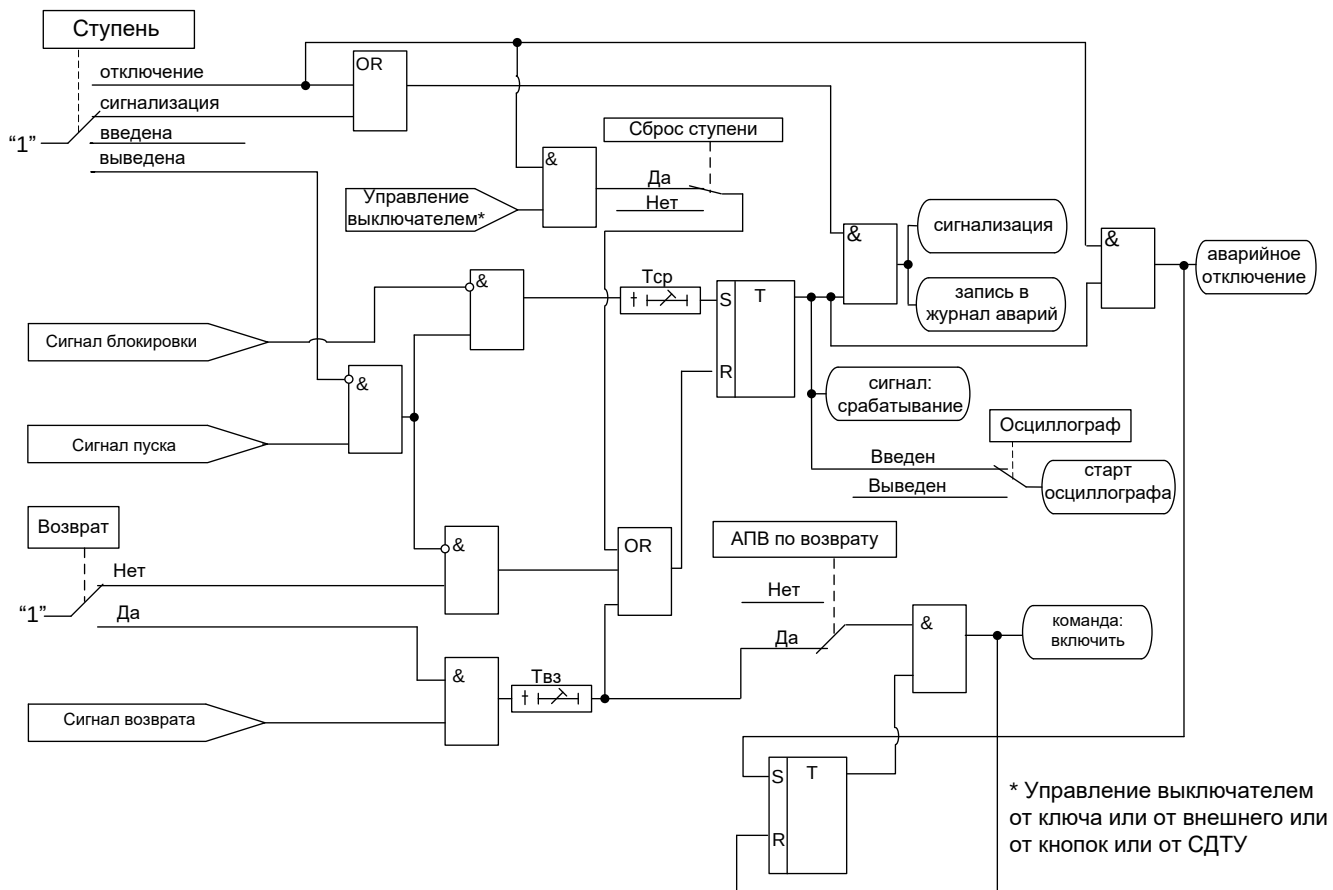


Рисунок 6.21 – Блок внешней защиты

6.6 Определение места повреждения

Устройство МР5 ПО 75 имеет встроенный орган определения места повреждения (ОМП), предназначенный для определения расстояния до мест двухфазных и трёхфазных КЗ.

Расчёт расстояния до места повреждения $L_{КЗ}$, км, производится по формуле

$$L_{КЗ} = \frac{\operatorname{Im}\left(\frac{U_L}{I_{МФ}}\right)}{X_{уд}}, \quad (6.1)$$

где $\operatorname{Im}\left(\frac{U_L}{I_{МФ}}\right)$ – мнимая часть отношения векторов $\frac{U_L}{I_{МФ}}$;

$I_{МФ}$ – междуфазный ток, А;

U_L – линейное напряжение между поврежденными фазами, В;

$X_{уд}$ – удельное первичное индуктивное сопротивление линии, Ом/км.

$$I_{МФ} = I_{\Phi 1} - I_{\Phi 2}, \quad (6.2)$$

где $I_{\Phi 1}$, $I_{\Phi 2}$ – токи повреждённых фаз, А.

Диапазоны значений параметров $X_{уд}$ и $L_{КЗ}$ приведены в таблице 6.15а.

Таблица 6.15а

Наименование параметра	Диапазон значений
Удельное первичное индуктивное сопротивление линии $X_{уд}$, Ом/км	От 0 до 1
Расстояние до места повреждения $L_{КЗ}$, км	От 0 до 256

Орган ОМП в МР5 ПО 75 осуществляет измерение индуктивного сопротивления по двум фазам с наибольшими токами два раза за период промышленной частоты. Измерение индуктивного сопротивления осуществляется непрерывно. Орган ОМП обеспечивает точность измерений при уровнях тока КЗ. В случае срабатывания защиты ($I>$, $I>>$, $I>>>$, $I>>>>$) расстояние до места повреждения фиксируется в журнале аварий. В журнале отображается дата и время повреждения, расстояние до места КЗ, тип КЗ, токи и напряжения. Запись ОМП в журнале аварий производится при срабатывании любой ступени защиты от повышения тока введённой в режиме «Сигнализация» или выше. В случае одновременного срабатывания двух ступеней от повышения тока в журнале аварий формируется две записи о срабатывании ступеней и одна запись ОМП.

Для более точной работы ОМП рекомендуется вводить минимальную выдержку времени 40 мс для ступеней от повышения тока.

6.7 Определяемая пользователем логика

6.7.1 Общие положения

Конфигурирование определяемой пользователем логики осуществляется с помощью специального редактора (встроенного в программу УниКон), который обеспечивает построение схемы релейной защиты на графическом языке функциональных блоков.

Задача определяемой пользователем логики реализуется в десятимиллисекундном цикле. Объём программы ограничен 2016 байтами.

В МР5 ПО 75 выходные логические сигналы могут быть заведены на логические входы блокировки, срабатывания и управления функций защит, автоматики и управления выключателем.

МР5 ПО 75 имеет следующие функциональные блоки: входы, выходы, записи в журнал, логические элементы «И», «ИЛИ», «Исключающее ИЛИ», «НЕ», триггеры, таймеры, мультиплексоры.

Каждому блоку схемы автоматически присваивается имя Block <номер по порядку создания>. Для облегчения чтения схемы блоки могут быть переименованы

6.7.2 Разъёмы

Разъём «Вход»

Элемент «Вход» позволяет загружать 1 бит данных из внешней базы данных устройства во внутреннюю базу данных свободно программируемой логики. Элемент «Вход» занимает объём памяти 6 байт.

Элемент «Вход» имеет один выход и позволяет подключать следующие сигналы, прямые и инверсные:

- входные дискретные сигналы;
- входные логические сигналы;
- сигнал срабатывания измерительного органа любой защиты;
- сигнал срабатывания любой защиты;
- сигналы неисправности;
- сигналы аварии, сигнализации;
- сигналы о состоянии выключателя, сигналы команд управления выключателем;
- до 16 логических ключей управления.

Логические ключи управления позволяют с пульта устройства МР5 ПО 75 вводить и выводить функции написанные на определяемой пользователем логике.

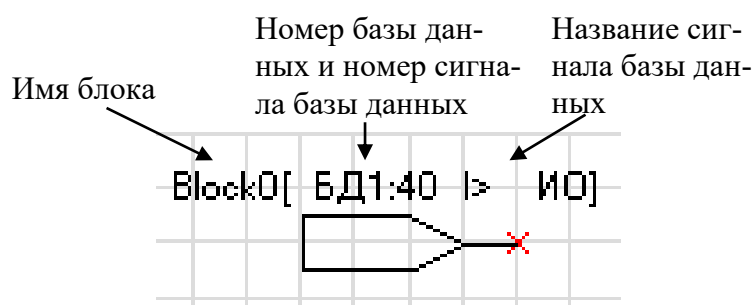


Рисунок 6.22 – Разъём «Вход»

Разъём «Выход»

Элемент «Выход» позволяет сохранять 1 бит данных из внутренней базы данных свободно программируемой логики во внешнюю базу данных устройства. Элемент «Выход» имеет размер 6 байт.

При помощи разъемов «Выход» МР5 ПО 75 позволяет выводить до 24-х выходных сигналов свободно программируемой логики (ССЛ1 – ССЛ24) на реле, индикаторы и выходные логические сигналы.

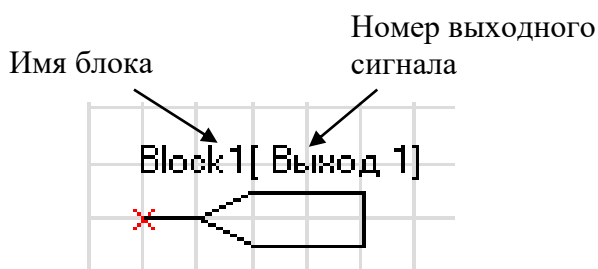


Рисунок 6.23 – Разъем «Выход»

Разъем «Запись в журнал»

Элемент записи событий в журнал системы имеет один вход. Если на элемент подана логическая единица, то в журнал системы будет записано назначенное событие в следующем виде: «сообщение спл № XX». Данные элементы позволяют создать до 64 свободно программируемых записей в журнал событий. При формировании записей необходимо учитывать, что ресурс энергонезависимой памяти ограничен. Вследствии этого следует избегать частых и многократных обращений к журналу системы.

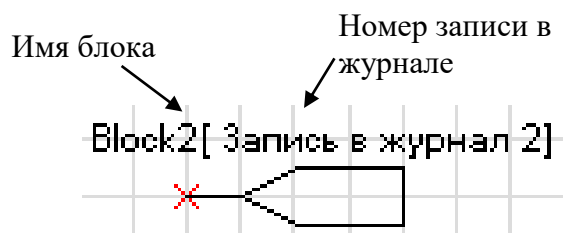


Рисунок 6.24 – «Запись в журнал»

6.7.3 Логический элемент «И»

Элемент «И» может иметь от 2 до 8 входов. В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы.

На элемент «И» может быть подана любая комбинация сигналов. На выходе элемента появляется логическая единица только в случае, когда все входные сигналы имеют значение логической единицы.

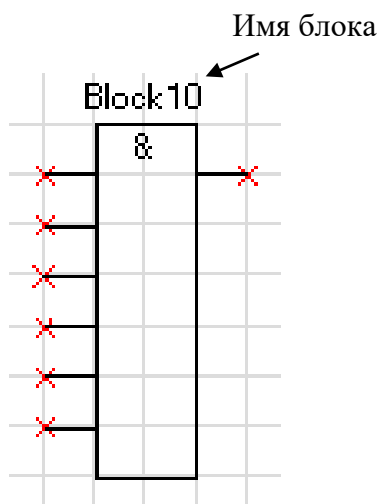


Рисунок 6.25 – Логический элемент «И»

6.7.4 Логический элемент «ИЛИ»

Элемент «ИЛИ» может иметь от 2 до 8 входов. В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы.

На вход элемента «ИЛИ» может быть подана любая комбинация сигналов. На выходе элемента появляется логическая единица в случае, когда хотя бы один входной сигнал имеет значение логической единицы.

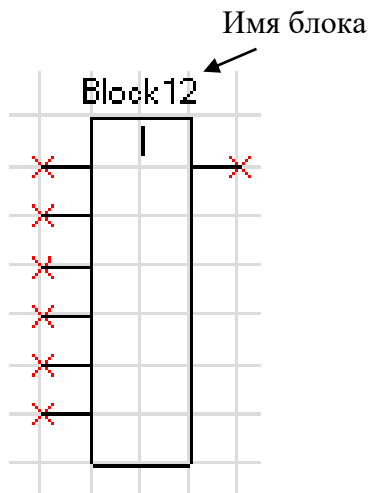


Рисунок 6.26 – Логический элемент «ИЛИ»

6.7.5 Логический элемент «Исключающее ИЛИ»

Элемент «Исключающее ИЛИ» может иметь от 2 до 8 входов. В зависимости от числа входов элемент занимает от 8 до 20 байт памяти программы.

На вход элемента «ИЛИ» может быть подана любая комбинация сигналов. На выходе элемента появляется логическая единица в случае, когда на его входах нечетное количество единиц.

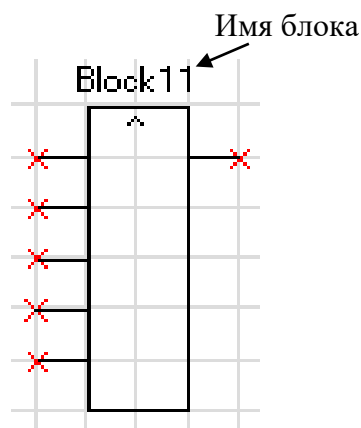


Рисунок 6.27 – Логический элемент «Исключающее ИЛИ»

6.7.6 Логический элемент «НЕ»

Элемент «НЕ» содержит один вход и один выход. Сигнал на выходе логического элемента – инвертированный входной сигнал.

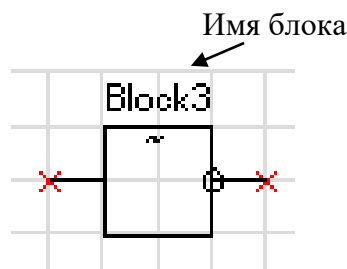


Рисунок 6.28 – Логический элемент «НЕ»

6.7.7 RS- и SR-триггеры

В MP5 ПО 75 существуют два типа триггеров: RS (тип 1) и SR (тип 2), с приоритетом работы по входу R и S соответственно.

Элемент «RS-триггер» («SR-триггер») имеет два входа (рисунок 6.29): устанавливающий S и сбрасывающий R. При появлении единицы на входе S формируется единица на выходе, состояние выхода запоминается и сохраняется при исчезновении единицы на входе S. Вход R сбрасывает состояние выхода в логический ноль. Объём занимаемой элементом памяти 10 байт.

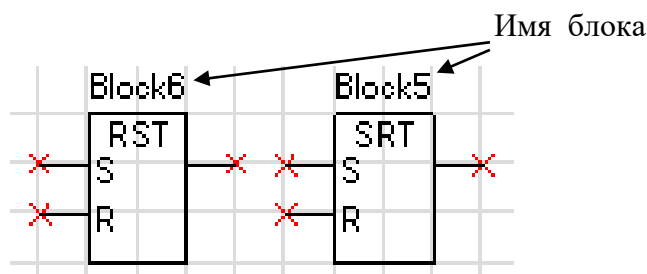


Рисунок 6.29 – «RS-триггер» и «SR-триггер»

6.7.8 Таймеры

Объём занимаемой элементом «Таймер» памяти - 12 байт.

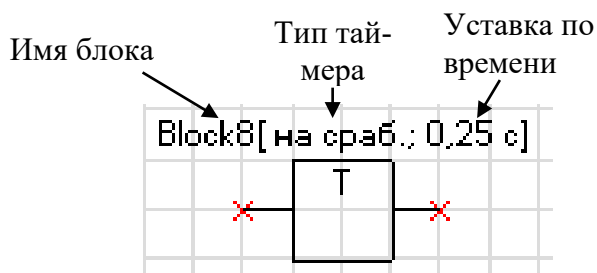


Рисунок 6.30 – Таймер

Таймер на срабатывание (таймер 1)

Элемент «таймер 1» предназначен для выполнения функции задержки времени. Сигнал на выходе таймера на срабатывание появляется через время $T_{ср}$ после появления сигнала на входе. При пропадании сигнала на входе сигнал пропадает и на выходе (рисунок 6.31).

Если продолжительность импульса на входе меньше, чем время срабатывания $T_{ср}$, то выход таймера остаётся в состоянии логического нуля.

При записи новой логической программы или старте устройства в случае наличия сигнала срабатывания – таймер отработывает как при прямом, так и при инверсном входе.

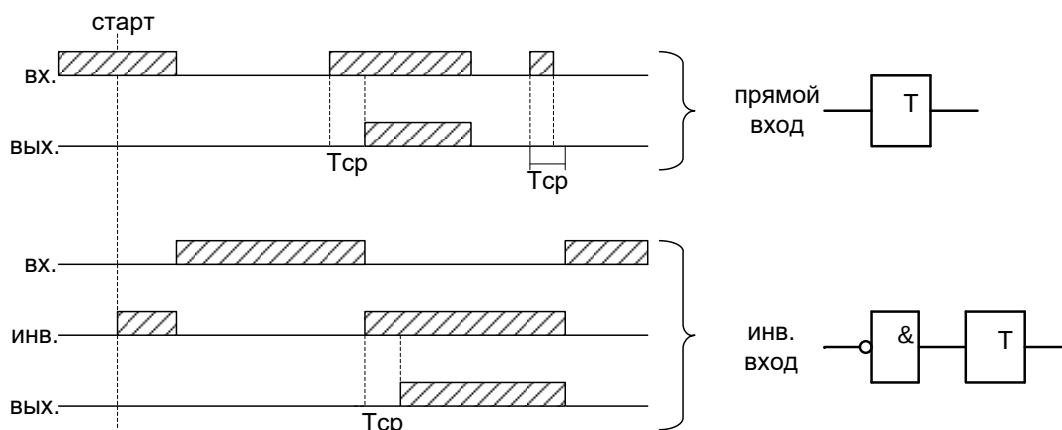


Рисунок 6.31 – Таймер на срабатывание (таймер 1)

Таймер на возврат (таймер 2)

Принцип работы: при единице на входе таймера на возврат на его выходе также будет единица. Если единица на входе пропадает, то на выходе единица сохраняется в течении времени возврата $T_{вз}$ (рисунок 6.32).

При старте устройства или записи новой логической программы в случае имеющегося сигнала на срабатывание – таймер отрабатывает при любом входе: прямом или инверсном.

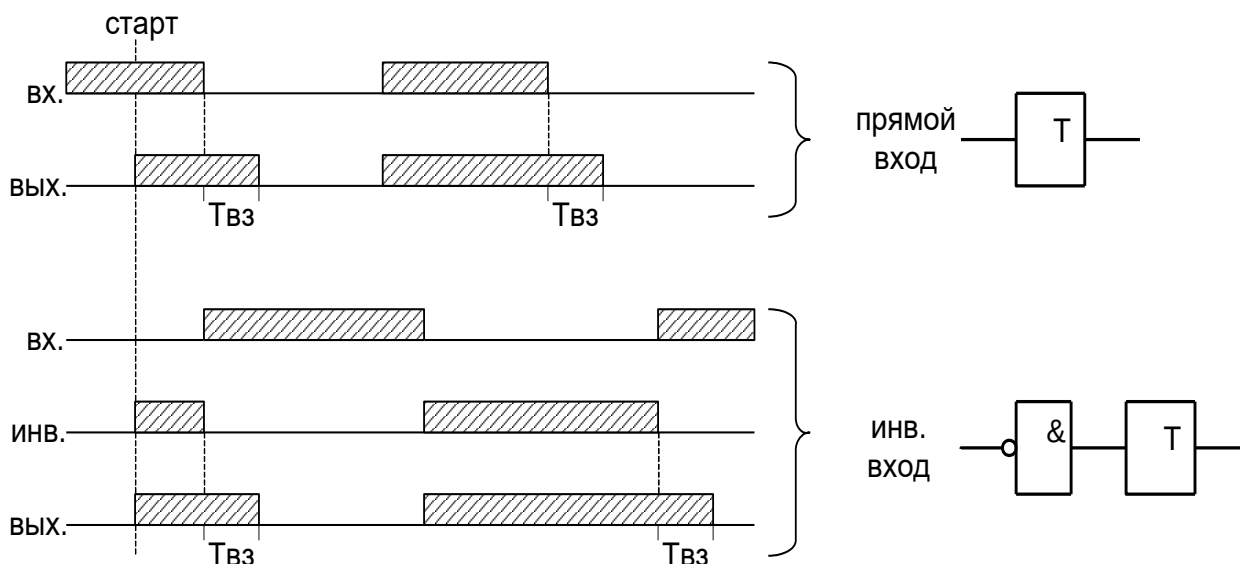


Рисунок 6.32 – Таймер на возврат (таймер 2)

Импульсный таймер по фронту типа 1 (таймер 3)

Принцип работы: срабатывание таймера 3 происходит при появлении фронта импульса на входе. Если за время работы таймера на входе появляется еще один импульс, то перезапуска таймера не происходит, т.е. импульс на выходе в любом случае не превысит время $T_{имп}$ (рисунок 6.33).

Таймер не отработает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы, как при прямом, так и при инверсном входе.

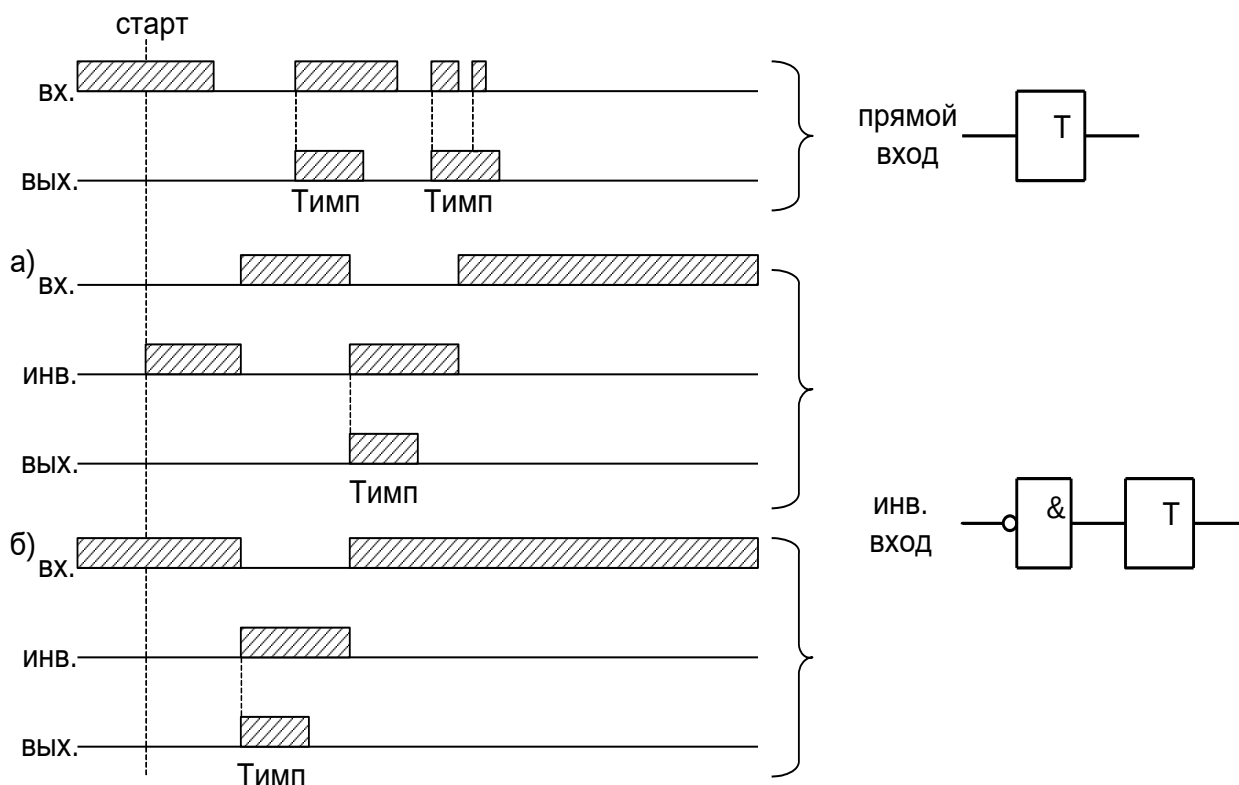


Рисунок 6.33 – Импульсный таймер по фронту типа 1 (таймер 3)

Импульсный таймер по спаду типа 1 (таймер 4)

Принцип работы: таймер срабатывает по спаду импульса на входе. При этом на выходе формируется логическая единица на время **Тимп**. В случае появления на входе нового импульса и его спада за время **Тимп** перезапуск таймера не происходит (рисунок 6.34).

Таймер не отработает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы, как при прямом, так и при инверсном входе.

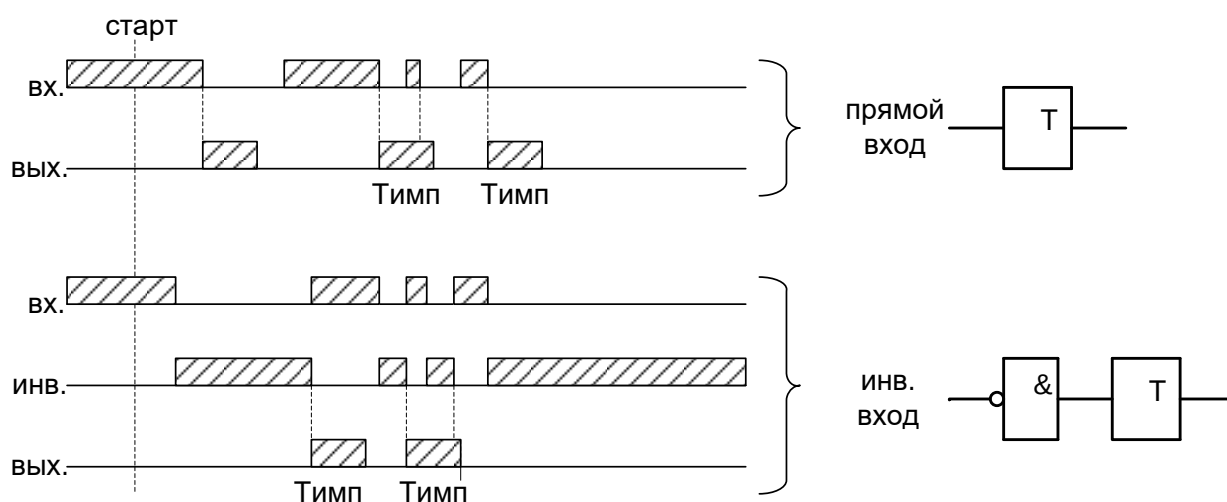


Рисунок 6.34 – Импульсный таймер по спаду типа 1 (таймер 4)

Импульсный таймер по фронту типа 2 (таймер 5)

Отличие импульсного таймера по фронту типа 2 от типа 1 в том, что при появлении новых импульсов за время работы таймера, происходит перезапуск установки по времени таймера, т.е. с каждым новым импульсом на входе увеличивается длительность импульса на выходе на время **Тимп** (рисунок 6.35).

Таймер не отработает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы, как при прямом, так и при инверсном входе.

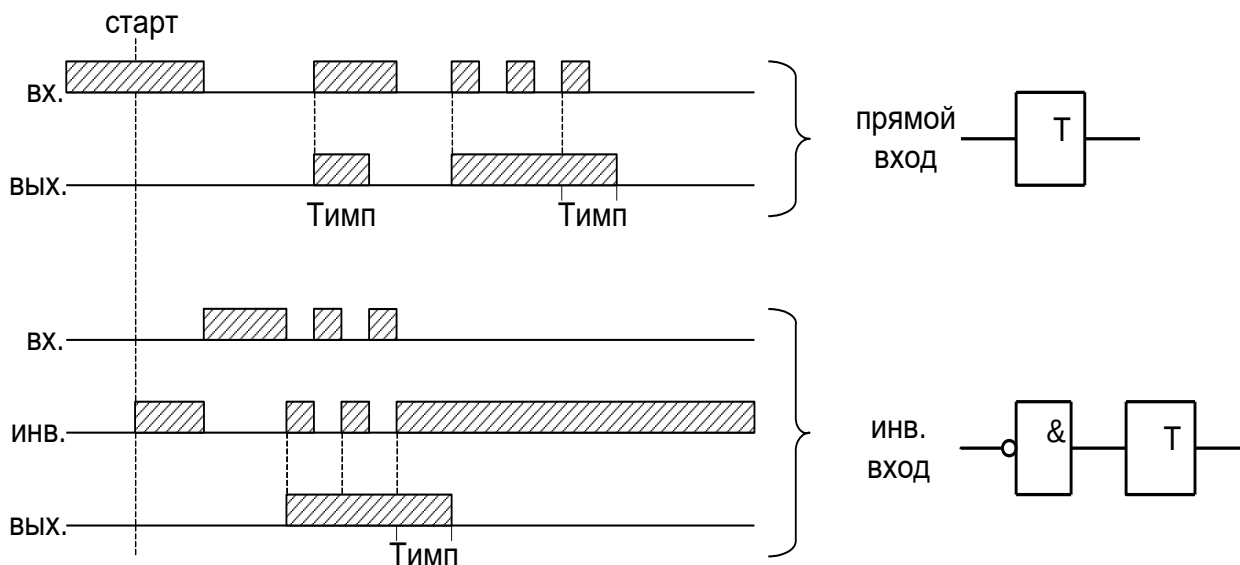


Рисунок 6.35 – Импульсный таймер по фронту типа 2 (таймер 5)

Импульсный таймер по спаду типа 2 (таймер 6)

Отличие импульсного таймера по спаду типа 2 от типа 1 в том, что при появлении новых спадов импульса за время работы таймера, происходит перезапуск установки по времени таймера, т.е. с каждым новым импульсом на входе увеличивается длительность импульса на выходе на время Тимп (рисунок 6.36).

Таймер не отработает при наличии на входе логической единицы во время старта устройства или записи логической программы, как при прямом, так и при инверсном входе.

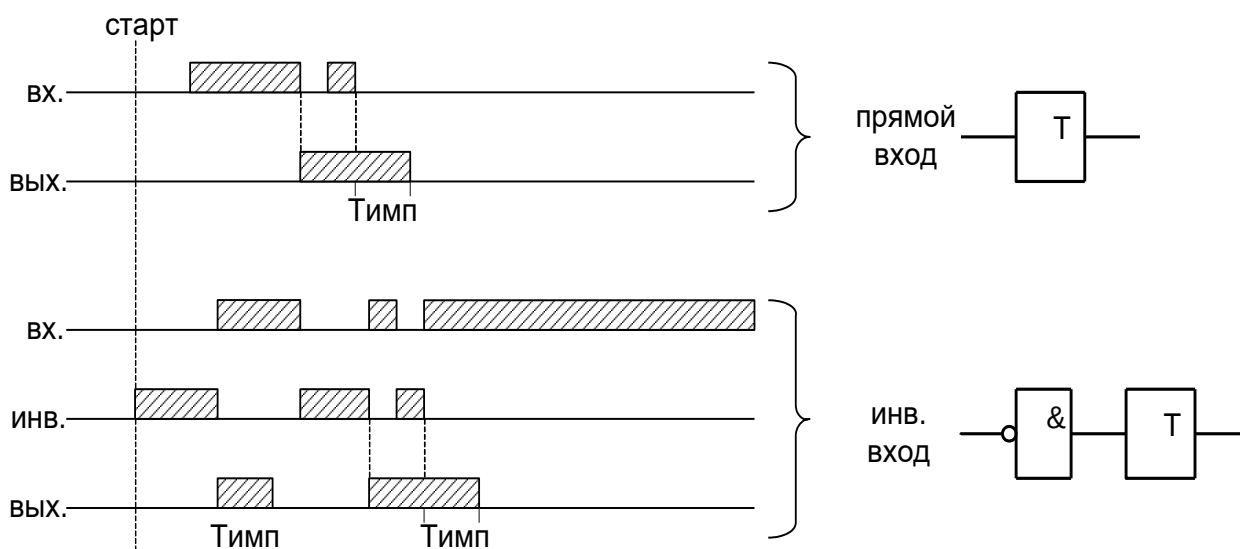


Рисунок 6.36 – Импульсный таймер по спаду типа 2 (таймер 6)

6.7.9 Мультиплексор

Мультиплексор имеет три входа (адресный вход Y и два входа In1 и In2). Переключатель подключает один из входов In1 или In2 к выходу Q, в зависимости от сигнала на адресном входе Y. Если на адресный вход подана единица, то подключается вход In2, если ноль, то вход In1. Объем занимаемой элементом «Мультиплексор» памяти 10 байт.

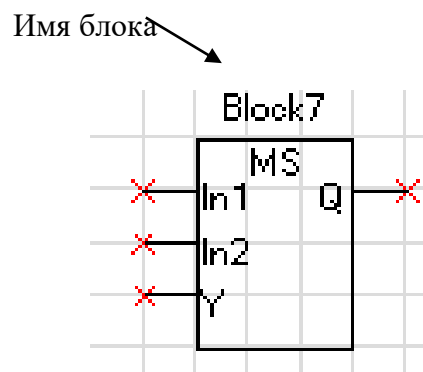


Рисунок 6.37 – Мультиплексор

6.7.10 Текстовый блок

Данный элемент предназначен для создания поясняющего и информационного текста. Текстовый блок не связан логическими связями с остальными элементами графического редактора программы УниКон и поэтому не имеет входов и выходов.

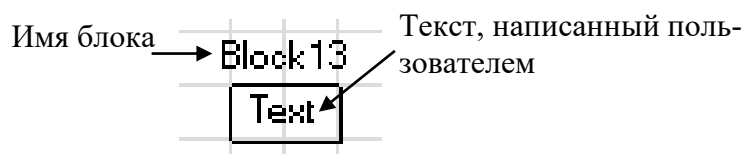


Рисунок 6.38 – Текстовый блок

7 РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.1 Органы управления и индикации

Основным элементом отображения является жидкокристаллический буквенно-цифровой индикатор ЖКИ (дисплей), содержащий две строки по 16 символов.

Информация, которую можно вывести на дисплей, разбита на кадры с фиксированным содержанием. Поочередный просмотр кадров осуществляется с помощью кнопок. Очередность смены кадров на дисплее определяется главным меню и подменю.

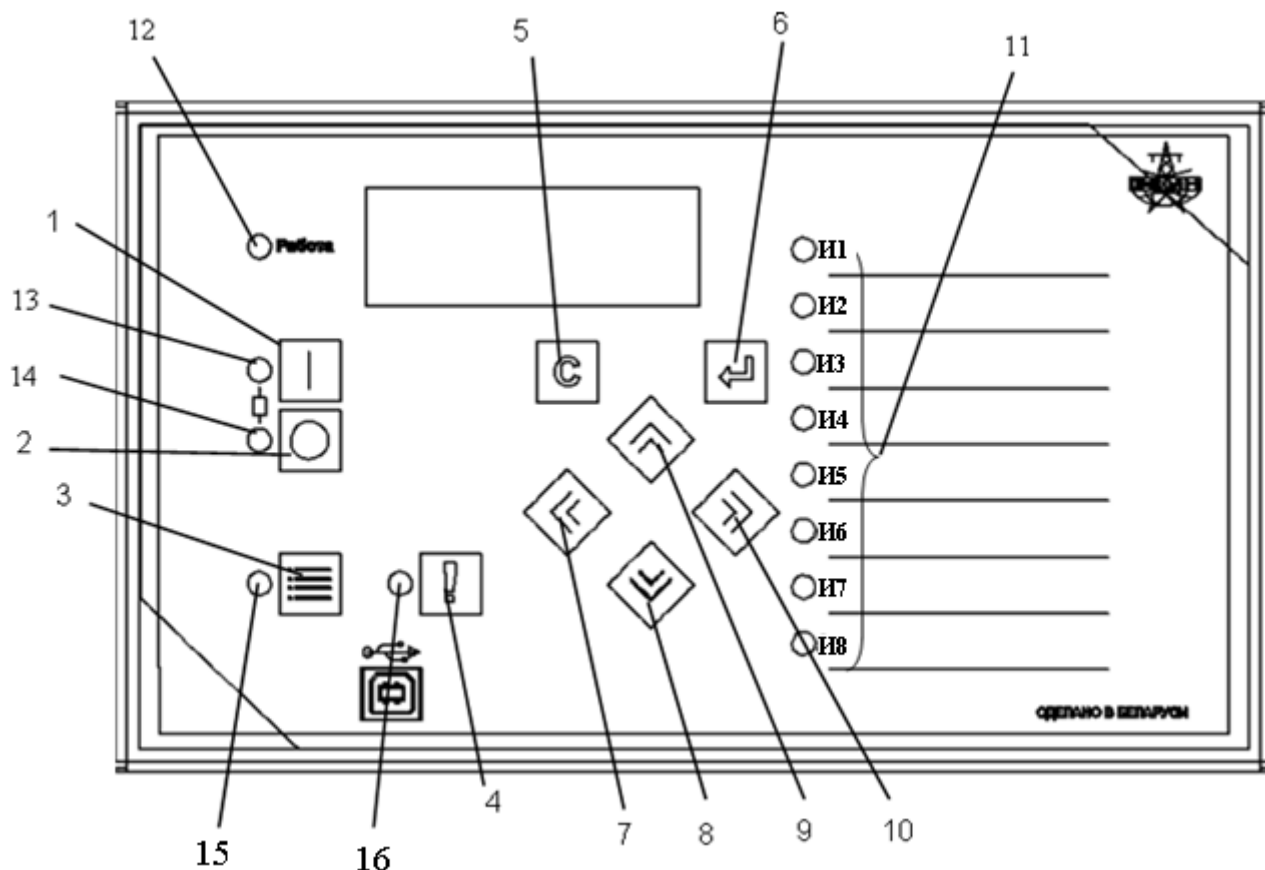
В «дежурном» режиме работы подсветка ЖКИ погашена и отображается первый кадр меню. При нажатии на любую кнопку подсветка включается. Если ни одна кнопка не нажимается в течение 3 мин, подсветка гаснет и устройство переходит в «дежурный» режим.

Дополнительно на 12 единичных индикаторах (в дальнейшем – светодиодах) индицируется (см. таблицу 7.1):

Таблица 7.1

Сноска на рис. 7.1	Наименование и цвет светодиода	Светодиод горит	Примечание
11	8 свободно программируемых светодиодов (зеленый)*	—	—
12	РАБОТА зеленый / красный (синий)	Зеленым (синим) цветом - нормальная работа; Красным или мигающим попеременно зеленым (синим) – аппаратная неисправность	—
13	ВКЛЮЧЕНО (красный)	Выключатель включен	—
14	ОТКЛЮЧЕНО (зеленый)	Выключатель отключен	—
15	АВАРИЯ (красный)	Есть новая запись в журнале аварий	Произошло срабатывание защиты
16	КОНТРОЛЬ (желтый)	Есть новая запись о неисправности в журнале системы	Возможна неисправность

*Примечание – свободно программируемые светодиоды могут работать в режиме повторителя либо блинкера. При работе в режиме блинкера они могут быть сброшены по сигналу на дискретном входе, по команде из меню, по интерфейсу связи, по просмотру журнала аварии или системы. Состояние светодиодов сохраняется при восстановлении оперативного питания.



Кнопки управления выполняют следующие функции:

- 1 – **ВКЛ** – включение выключателя;
- 2 – **ОТКЛ** – отключение выключателя;
- 3 – **ЖУРНАЛ АВАРИЙ** – просмотр журнала аварий;
- 4 – **ЖУРНАЛ СИСТЕМЫ** – просмотр журнала системы;
- 5 – **СБРОС** – сброс ввода уставки или переход в вышестоящее подменю;
- 6 – **ВВОД** – ввод значения, вход в подменю или в режим изменения параметра;
- 7 – перемещение по окнам меню **влево** или перемещение курсора влево;
- 8 – перемещение по окнам меню **вниз** или уменьшение значения уставки;
- 9 – перемещение по окнам меню **вверх** или увеличение значения уставки;
- 10 – перемещение по окнам меню **вправо** или перемещение курсора вправо;
- 11 – свободно программируемые светодиоды;
- 12 – индикатор «**РАБОТА**» (см. таблицу 7.1);
- 13 – индикатор «**СОСТОЯНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**», красный (см. таблицу 7.1);
- 14 – индикатор «**СОСТОЯНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**», зеленый (см. таблицу 7.1);
- 15 – индикатор «**АВАРИЯ**», красный (см. таблицу 7.1);
- 16 – индикатор «**КОНТРОЛЬ**», желтый (см. таблицу 7.1).

Рисунок 7.1 – Органы управления и индикации МР5

7.2 Структура меню

Меню защиты имеет древовидную структуру. С помощью ЖКИ пользователь имеет возможность прочитать следующую информацию, расположенную в различных подменю:

1. Текущие значения:

1.1 Токов:

1.1.1 Измеренных по фазным каналам тока;

1.1.2 Измеренных по четвёртому каналу тока, основной и высшей гармоник;

1.1.3 Расчётных, прямой, обратной и нулевой последовательностей;

1.2 Текущие значения напряжений:

1.2.1 Измеренных линейных;

1.2.2 Измеренного по четвёртому каналу напряжения;

1.2.3 Расчётных прямой и обратной последовательностей;

1.3 Текущее значение частоты;

1.4 Мощности:

1.4.1 Активной;

1.4.2 Реактивной;

1.4.3 Коэффициента мощности;

2. Сброс индикации;

3. Журналы:

Журнал аварий (32 сообщения), который включает в себя:

- дату, время повреждения;
- сработавшую ступень;
- вид повреждения;
- максимальный ток повреждения;
- токи в момент срабатывания защиты;
- состояние входов и выходов;

Журнал системы (включает в себя 128 последовательных во времени сообщений о неисправностях в системе защиты линии. Типы сообщений представлены в Приложении В, таблица В.5);

Журнал осциллограмм;

Сброс журналов;

4. Ресурс выключателя;

5. Конфигурация устройства;

6. Диагностика.

Пользователь имеет возможность произвести изменения в конфигурации системы, введя правильный пароль после внесения изменений в соответствующих подменю.

Внимание! При выходе с производства установлен пароль АААА.

Используемые символы:



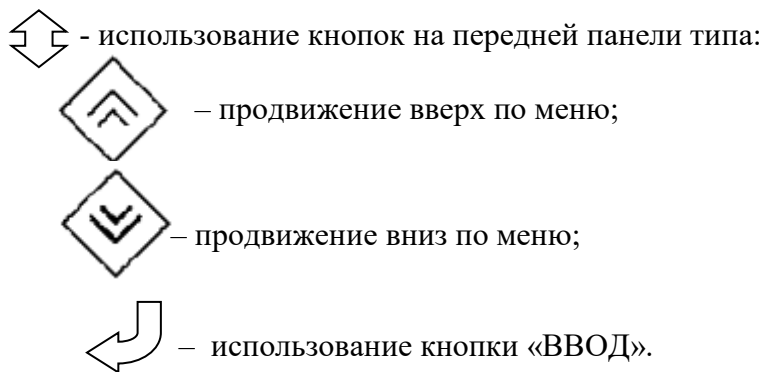
использование кнопок на передней панели типа:



продвижение вправо по меню;



– продвижение влево по меню;



Для удобства просмотра параметров, пользователь может просмотреть содержание пунктов меню, удерживая выбранную им клавишу. При этом на экране ЖКИ циклически высветятся имеющиеся параметры в выбранном пункте.

Если пользователь при просмотре или изменении параметров не нажимает на кнопки в течение трех минут, то устройство автоматически переходит в «дежурный» режим, при этом автоматически запрещается режим изменения уставок. Для проведения изменений необходимо заново повторить все действия по вхождению в подменю и изменению значений.

7.3 Просмотр текущих значений измеренных величин

Просмотр значений измеренных величин осуществляется в меню «ИЗМЕРЕНИЕ». Заголовок данного меню является первым кадром и отображает значение тока в фазе А. Просмотр остальных значений осуществляется перемещением из первого кадра согласно структуре меню. Значения токов и напряжений отображаются с учётом коэффициента трансформации трансформаторов тока и трансформаторов напряжений, т. е. показываются реальные величины измеренных величин.

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН Ia= + XXX.xx A

Текущее значение тока фазы А (В, С) и токов I_о, I_г, I₁, I₂, I₀, где

I_о – основная гармоника тока (нулевой последовательности), измеренного по четвёртому каналу тока;

I_г – высшая гармоника тока (нулевой последовательности), измеренного по четвёртому каналу тока;

I₁ – расчетный ток прямой последовательности;

I₂ – расчетный ток обратной последовательности;

I₀ – расчетный ток нулевой последовательности.

Знак «+» или «-» перед числовым значением тока показывает направление мощности: «+» - от шин, «-» к шинам.

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН Uab= XXX.xx В

Текущее значение линейных напряжений АВ, ВС, СА, напряжений U₁, U₂, U_n, где

U₁ – расчётное напряжение прямой последовательности;

U₂ – расчётное напряжение обратной последовательности;

U_n – измеренное напряжение (нулевой последовательности) по четвёртому каналу напряжения.

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН
F= XX. xx Гц

Текущее значение частоты.

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН
P= XXX. xx кВт

Текущее значение активной трёхфазной мощности (в кВт или МВт).

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН
Q= XXX. xx квар

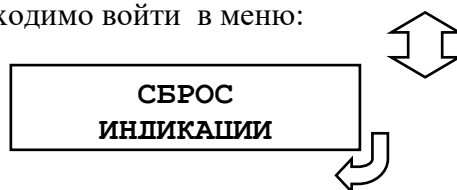
Текущее значение реактивной трёхфазной мощности (в квар или Мвар).

И ИЗМЕРЕНИЕ ОСН
COS= X. xx

Значение параметра cosφ.

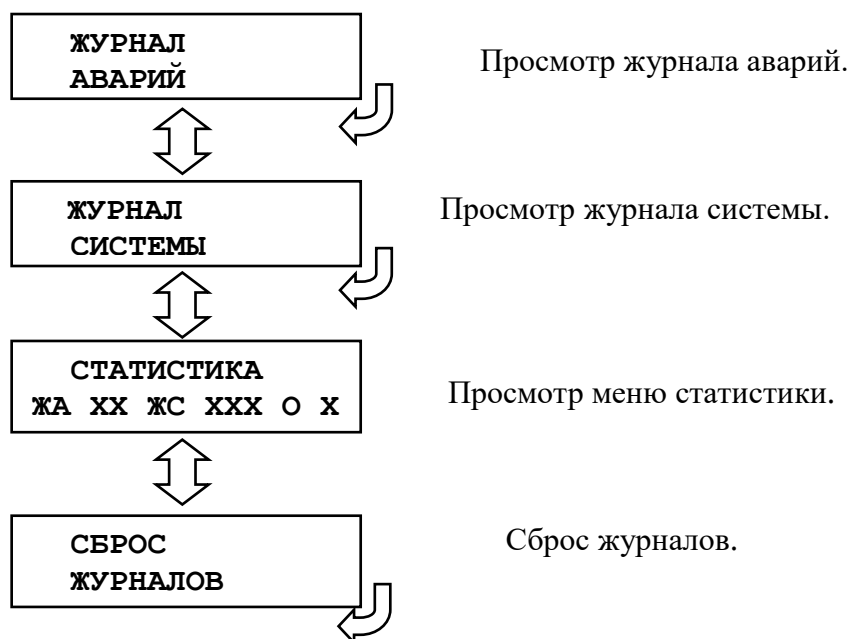
7.4 Сброс индикации

Для сброса индикации необходимо войти в меню:



После сброса индикации, т.е. нажатия «ВВОД», выводится сообщение о выполнении сброса.

7.5 Журналы



7.5.1 Просмотр журнала аварий

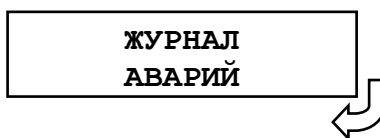
При обнаружении аварии на защищаемой линии устройство сохраняет информацию о дате и времени аварии, сработавшей ступени, виде повреждения и максимальном токе повреждения, автоматически делая запись в журнале аварий.

В журнале может храниться до 32 аварий. При превышении этого числа, каждая новая авария будет записываться на место самой старой аварии.

Расшифровка индицируемых видов повреждения защищаемой линии:

_ABC	Трёхфазное КЗ на землю
ABC	Трёхфазное КЗ
A C	Двухфазное КЗ между фазами А и С
_A C	Двойное КЗ на землю между фазами А и С
AB	Двухфазное КЗ между фазами А и В
_AB	Двойное КЗ на землю между фазами А и В
BC	Двухфазное КЗ между фазами В и С
_ BC	Двойное КЗ на землю между фазами В и С

Для просмотра параметров аварий необходимо войти в меню:



На дисплее отобразится заголовок аварии с датой, временем и номером аварии (отсчет ведется от последней аварии).

Содержание журнала по выбранной аварии:

A ДАТА XX.XX.XX
1 XX:XX:XX.XX

Последняя авария.



1...32



A ДАТА XX.XX.XX
32 XX:XX:XX.XX

Самая «старая» авария.



СООБЩЕНИЕ



Типы сообщений журнала аварий:

«ЖУРНАЛ ПУСТ» - нет сообщений в журнале;

«СИГНАЛИЗАЦИЯ» - работа защиты в схему сигнализации;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» - работа защиты на отключение выключателя;

«РАБОТА» - сработала ступень защиты, работа на отключение блокирована другой ступенью (сработавшей ранее);

«НЕУСПЕШНОЕ АПВ» - произошло отключение защиты после АПВ;

«ВОЗВРАТ» - произошло АПВ по возврату;

«ВКЛЮЧЕНИЕ» - включение;

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ».

A I>>> /.../ ОСН
1 I= XXXX, XХА

Сработавшая ступень защиты, вид повреждения, группа уставок.



ИЛИ

Максимальное (для максимальных защит) или минимальное (для минимальных защит) значение контролируемого параметра за время с момента превышения уставки до срабатывания защиты.

A ОМП АВС ОСН
1 Lкз = XX.XX Км

Расстояние до места повреждения.



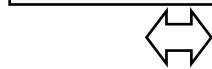
A I>>>
1 Ia= XXXX.XXA

Ток фазы А в момент аварии.



A I>>>
1 Ib= XXXX.XXA

Ток фазы В в момент аварии.



A I>>>
1 Ic= XXXX.XXA

Ток фазы С в момент аварии.



A I>>>
1 I0= XXXX.XXA

Расчётный ток нулевой последовательности в момент аварии.



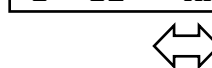
A I>>>
1 I1= XXXX.XXA

Расчетный ток прямой последовательности в момент аварии.



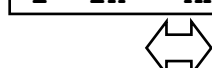
A I>>>
1 I2= XXXX.XXA

Расчетный ток обратной последовательности в момент аварии.



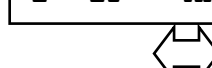
A I>>>
1 In= XXXX.XXA

Измеренный ток (нулевой последовательности) по четвёртому каналу тока в момент аварии.



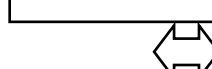
A I>>>
1 Iг= XXXX.XXA

Ток высшей гармоники (нулевой последовательности), измеренный по четвёртому каналу тока в момент аварии.



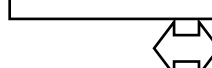
A I>>>
1 F= XX,X Гц

Частота в момент аварии.



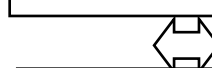
A I>>>
1 Uab= XXXX,XXB

Линейное напряжение Uab в момент аварии.



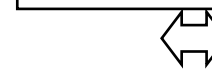
A I>>>
1 Ubc= XXXX,XXB

Линейное напряжение Ubc в момент аварии.



A I>>>
1 Uca= XXXX,XXB

Линейное напряжение Uca в момент аварии.



A I>>>
1 U1= XXXX, XXB



A I>>>
1 U2= XXXX, XXB



A I>>>
1 Un= XXXX, XXB



A ВХ.С: 8 _____ 1
1 XXXXXXXX

Расчётное напряжение прямой последовательности в момент аварии.

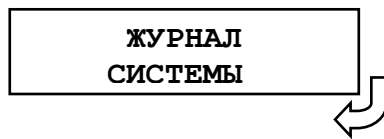
Расчётное напряжение обратной последовательности в момент аварии.

Измеренное по четвёртому каналу напряжение (напряжение нулевой последовательности).

Состояния дискретных входов Д1-Д8 в момент аварии.

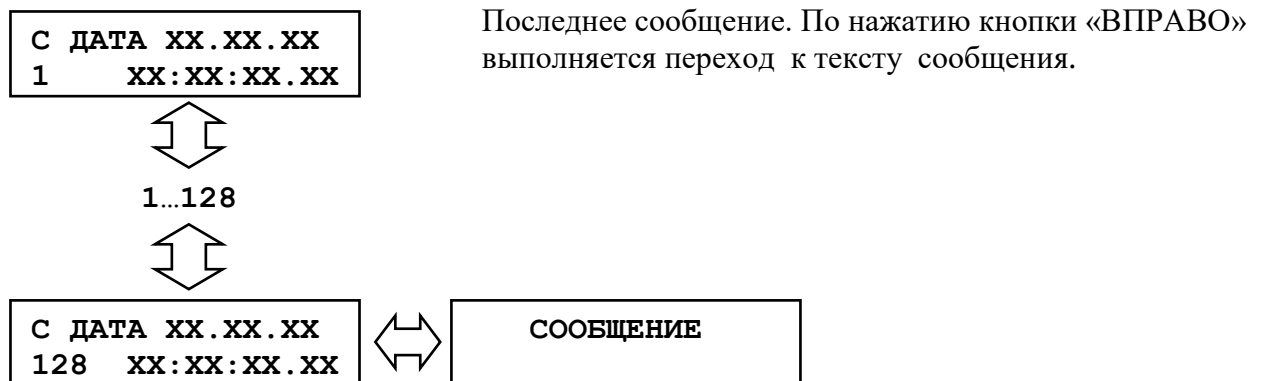
7.5.2 Просмотр журнала системы

Для просмотра журнала войти в меню:



На дисплее отобразится заголовок события с датой, временем и порядковым номером. Нажатием соответствующих кнопок просмотреть сообщение.

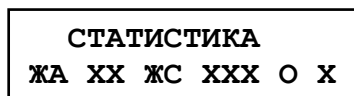
Журнал системы содержит до 128 сообщений о событиях в системе, таких, как: неисправности, включение и отключение выключателя и т.д. При возникновении события устройство сохраняет в журнале информацию о дате и времени сообщения о событии.



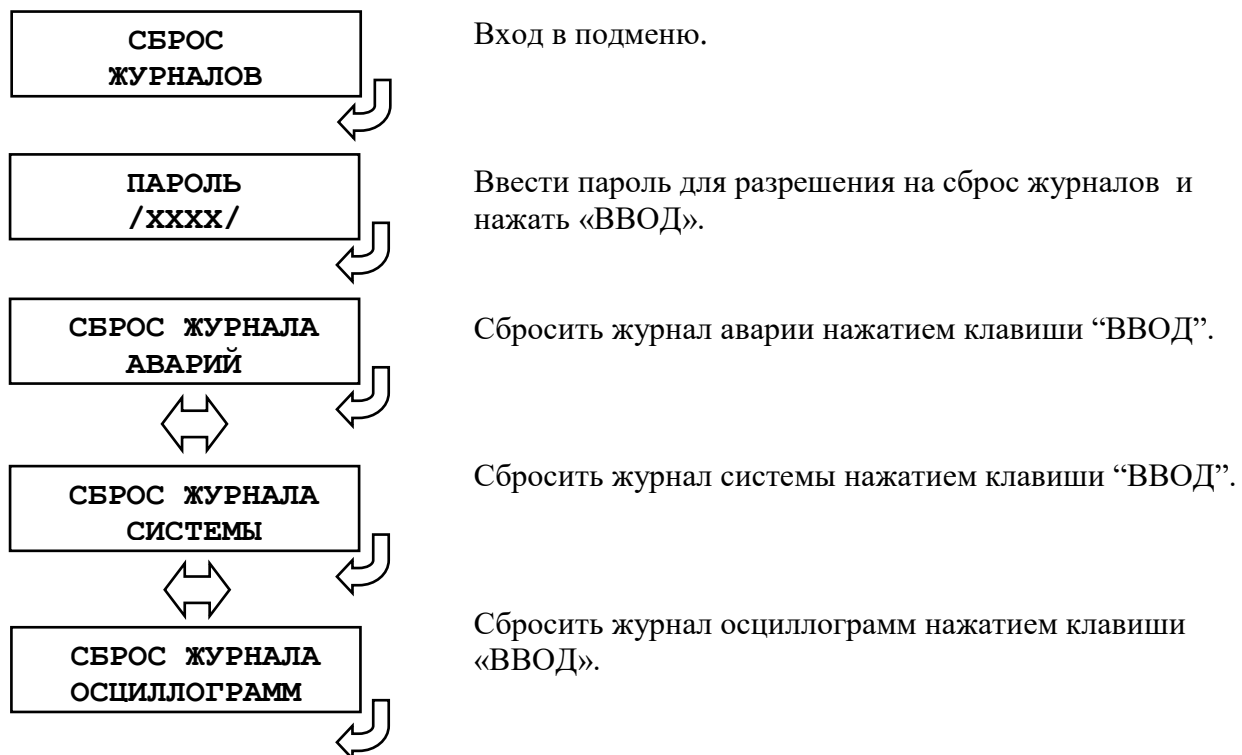
Перечень сообщений приводится в Приложении В, таблица В.5.

7.5.3 Меню статистика

В меню “СТАТИСТИКА” указано количество событий в журнале аварий (ЖА), журнале системы (ЖС) и количество осциллограмм (О).

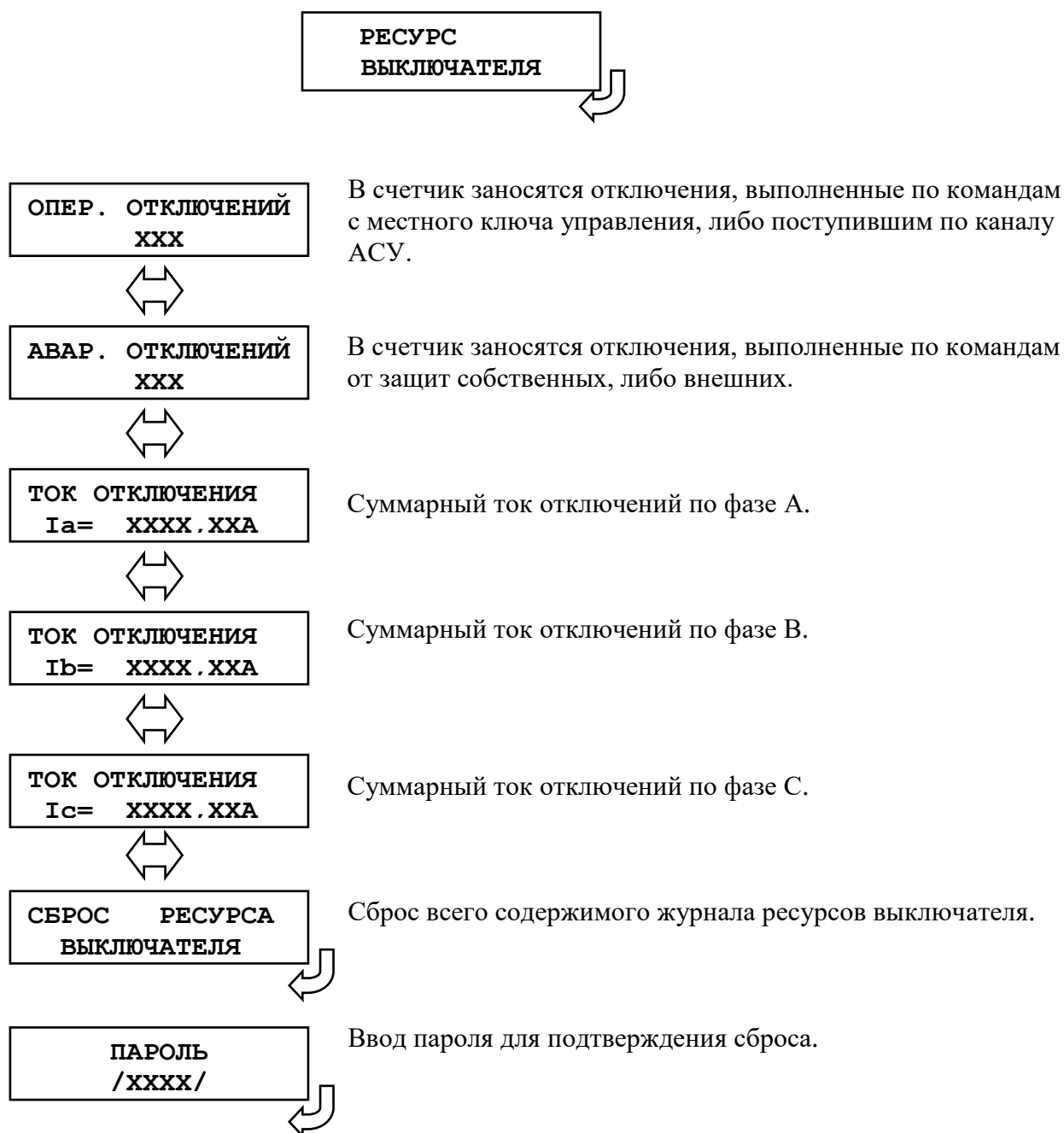


7.5.4 Сброс журналов



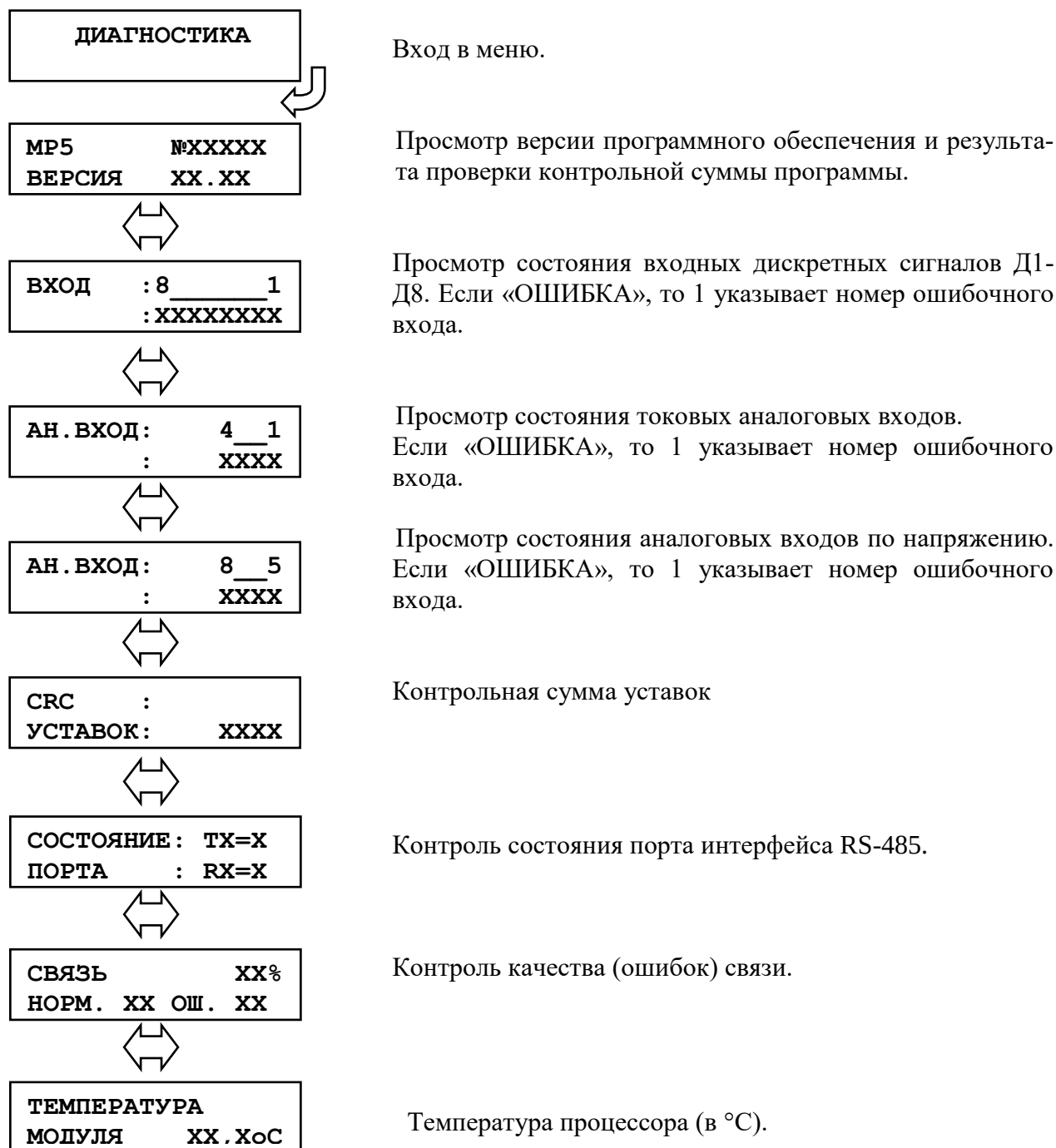
7.6 Просмотр журнала ресурса выключателя

Для просмотра журнала войти в меню:



7.7 Диагностика

Для просмотра данных диагностики системы используется меню «ДИАГНОСТИКА».



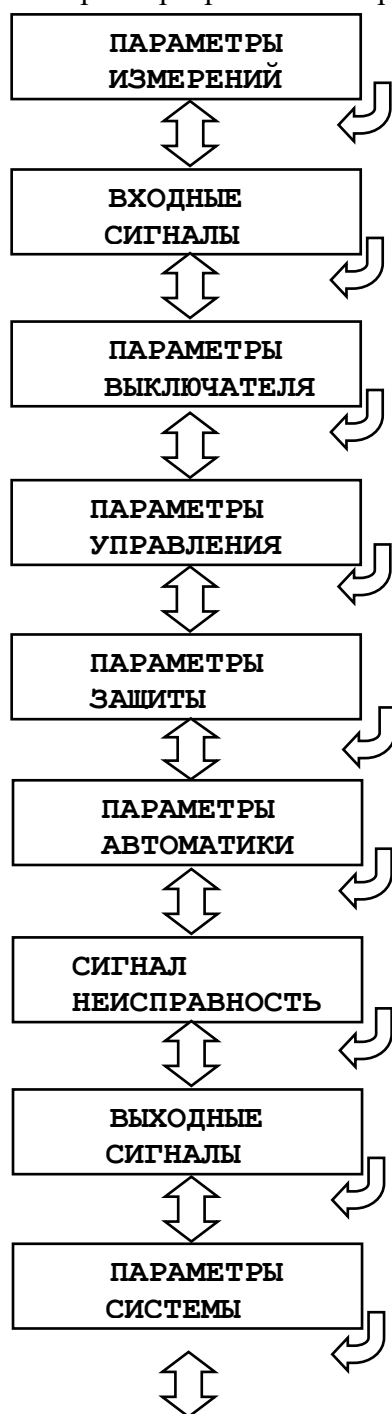
7.8 Конфигурирование системы

Изменение и просмотр конфигурации системы осуществляется в меню:

**КОНФИГУРАЦИЯ
УСТРОЙСТВА**

Информация в данном меню всегда доступна для просмотра. В случае внесения каких-либо изменений при выходе из меню «КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА» будет запрошен пароль. При вводе правильного пароля изменения вступят в силу.

Все параметры разнесены в различные подменю:



Параметры каналов измерения токов и напряжений. конфигурирование ускорения защит, управления выключателем.

Параметры логических сигналов, сигналов управления выключателем, сброса индикации и переключения уставок.

Конфигурирование входов определяющих положение выключателя, УРОВ и ускорения защит.

Конфигурирование параметров управления выключателем.

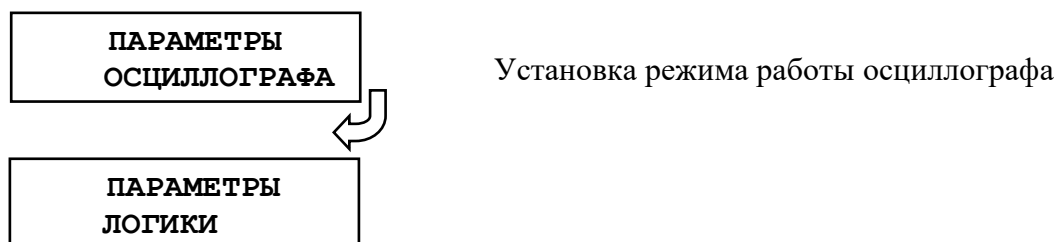
Конфигурирование защит токовых, напряжения и частоты, выбор группы уставок.

Конфигурирование автоматики АПВ, ЛЗШ, АВР, внешних защит.

Конфигурирование реле «НЕИСПРАВНОСТЬ»

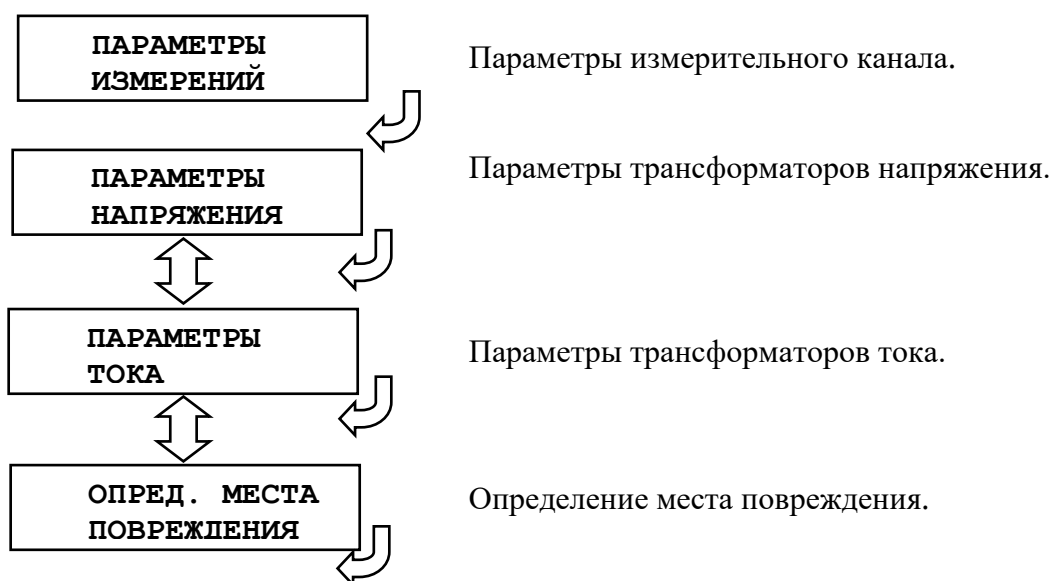
Назначение выходных логических сигналов, релейных выходов и индикаторов.

Установка даты и времени, параметров обмена, изменение пароля.

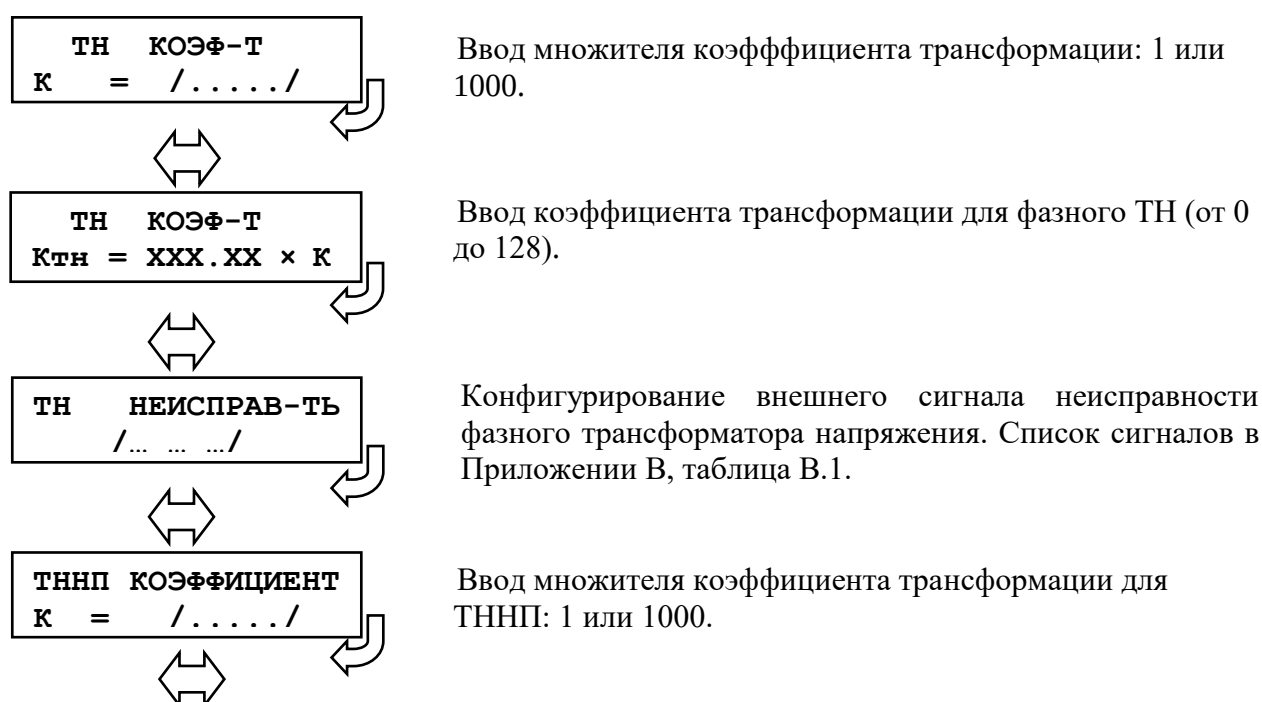


Для редактирования параметра необходимо вызвать соответствующий кадр и нажать кнопку «ВВОД». При этом под изменяемой цифрой (под всем параметром) появляется курсор. Использование кнопок «ВЛЕВО», «ВПРАВО», «ВВЕРХ», «ВНИЗ» производится изменение значения. По окончании редактирования нажать кнопку «ВВОД».

7.8.1 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЙ»



7.8.1.1 Подменю «ПАРАМЕТРЫ НАПРЯЖЕНИЯ»





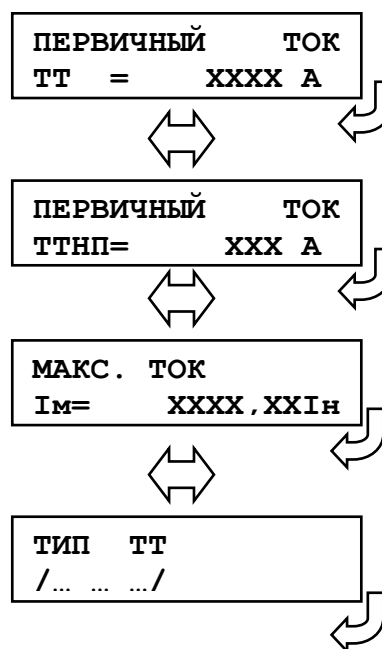
Ввод коэффициента трансформации для ТННП (от 0 до 128).

Конфигурирование внешнего сигнала неисправности трансформатора напряжения, подключённого к четвёртому каналу напряжения (нулевой последовательности). Список сигналов в приложении В, таблица В.1.

Вид контроля напряжения Uca: «Измеренное», «Расчетное».

Выбор канала для измерения частоты: «МАХ» (динамический выбор канала с наибольшим линейным напряжением), «Uab», «Ubc», «Uca».

7.8.1.2 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ТОКА»



Номинальный первичный ток фазного трансформатора тока

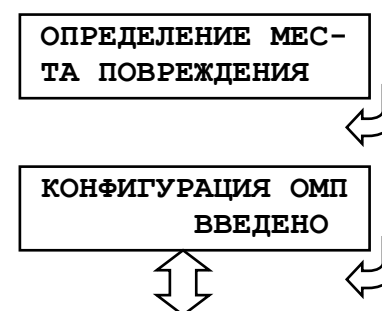
Номинальный первичный ток трансформатора тока нулевой последовательности.

Максимальная нагрузка. Рекомендуется задавать как у ступени максимальной токовой защиты с минимальной уставкой по току. **Важно!** Используется для определения типа повреждения.

Схемы подключения:
Ia, Ib, Ic – схема с тремя трансформаторами тока;
Ia, Ic – схема с двумя трансформаторами тока.

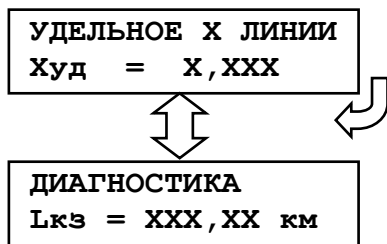
Данный параметр используется при расчёте активной и реактивной мощности.

7.8.1.3 Подменю «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ»



Вход в подменю

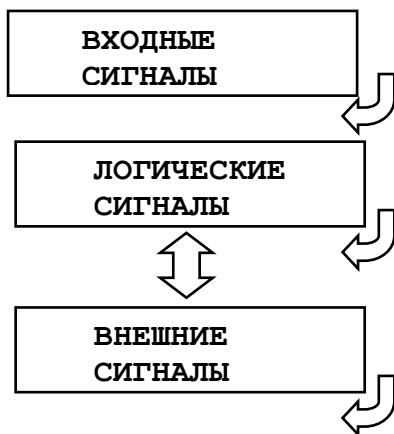
Выбор режима:
«ВВЕДЕНО» – ОМП введено в работу;
«ВЫВЕДЕНО» – ОМП выведено из работы.



Задание удельного индуктивного сопротивления линии (Худ). Значение параметра – от 0 до 2 Ом/км.

Кадр диагностики ОМП. Отображает текущее расчётное значение расстояния согласно текущим параметрам сети. Значение параметра – от 0 до 256 км.

7.8.2 Подменю «ВХОДНЫЕ СИГНАЛЫ»



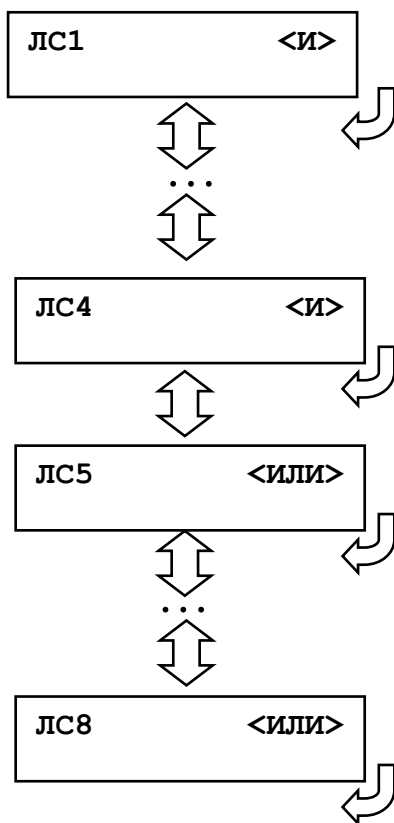
Конфигурирование входных сигналов.

Конфигурирование входных логических сигналов

Конфигурирование сигналов управления выключателем, сброса индикации, переключения уставок.

7.8.2.1 Подменю «ЛОГИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ»

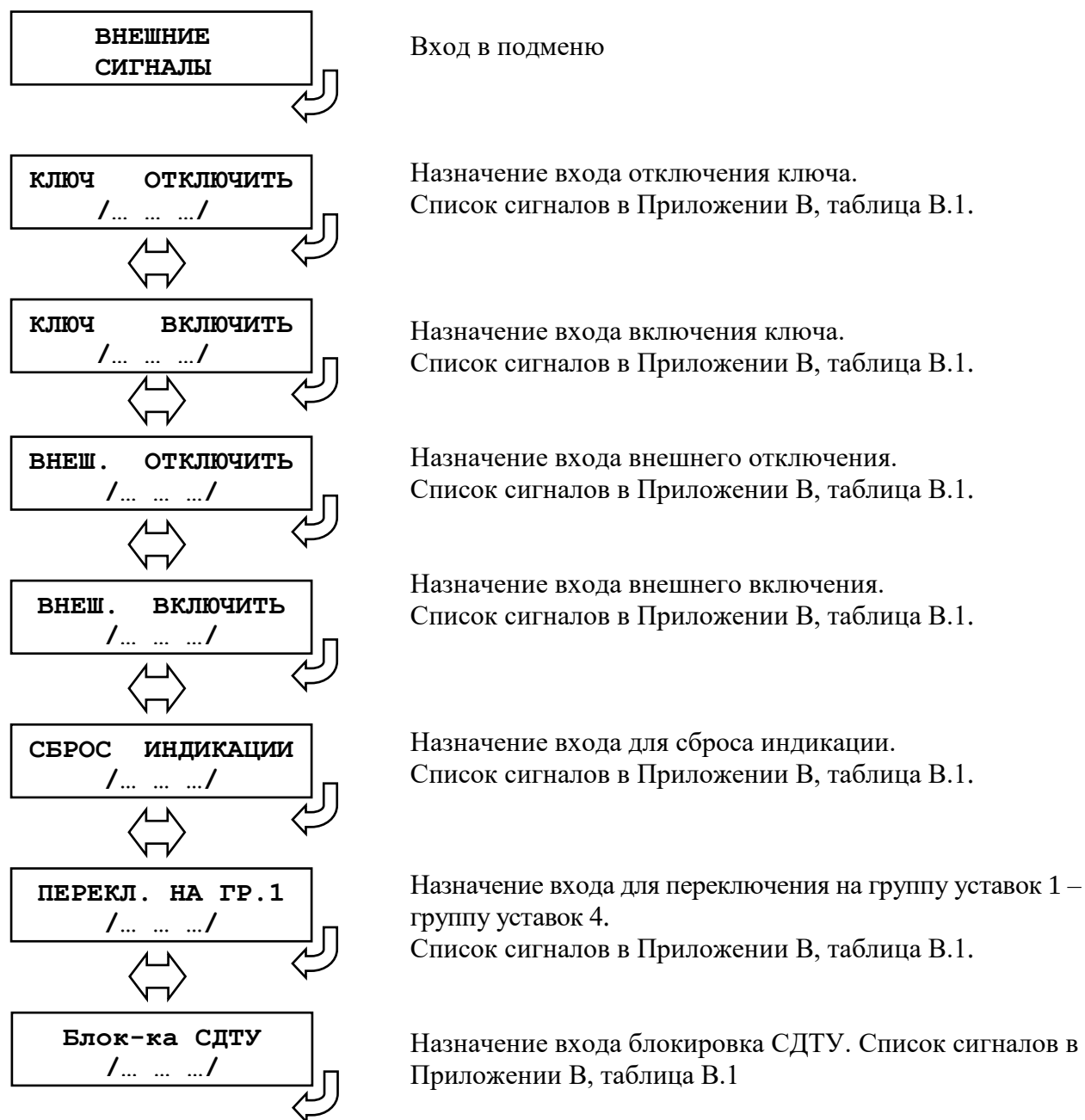
После входа в подменю «ЛОГИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ» откроется подменю с 8 логическими сигналами (ЛС).



ЛС могут быть запрограммированы как сумма входных дискретных сигналов Д1-Д16 и Д1ИНВ – Д16 ИНВ:

- ЛС1-ЛС4 по логике «И»;
- ЛС5-ЛС8 по логике «ИЛИ».

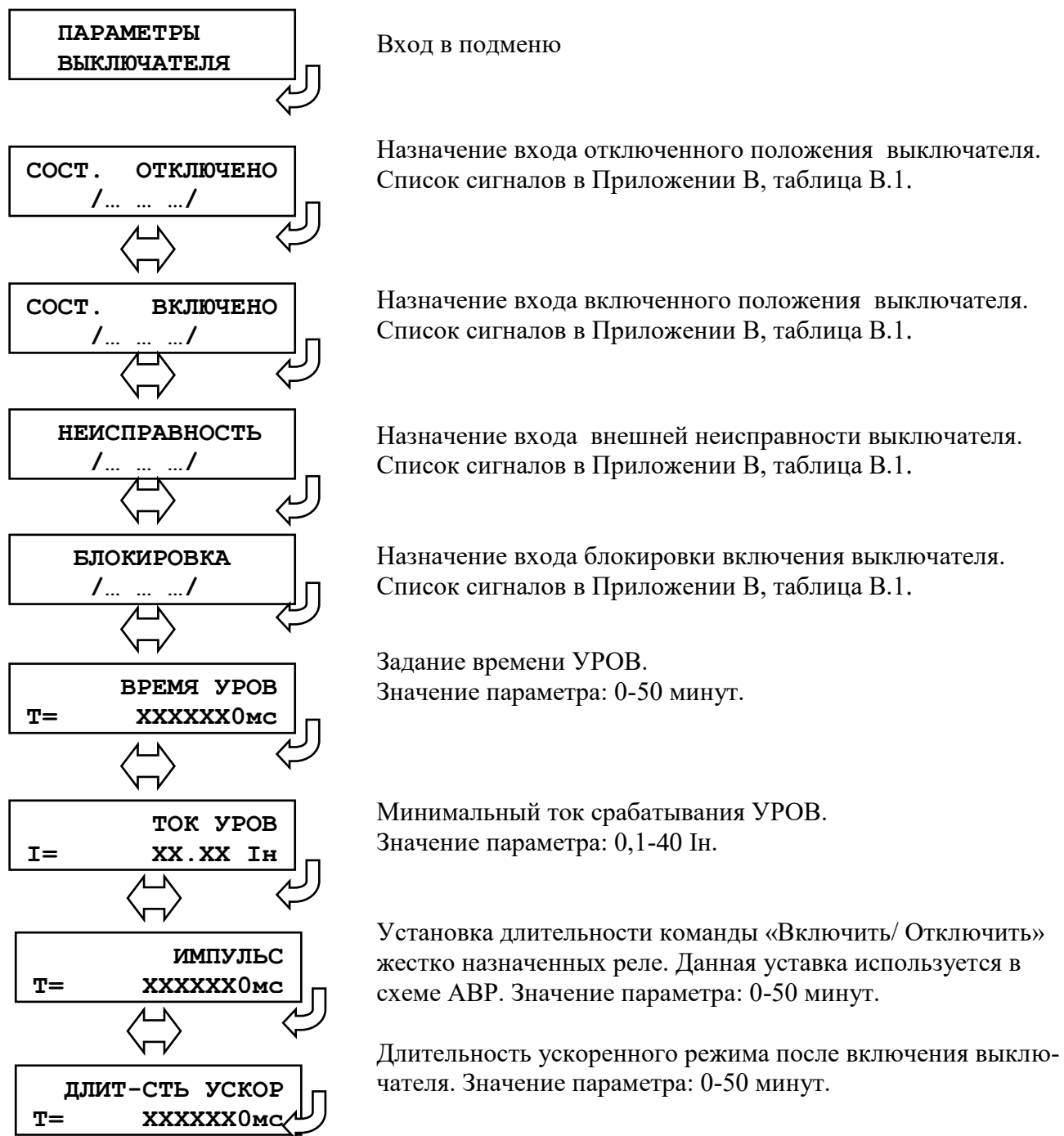
7.8.2.2 Подменю «ВНЕШНИЕ СИГНАЛЫ»



7.8.3 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ»

В подменю «ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ» задаются параметры выключателя. Пункт «НЕИСПРАВНОСТЬ» может быть использован для контроля привода выключателя (Например, для выключателей с контролем исправности привода). При подаче сигнала на выбранный вход производится запись в журнал системы, блокируется включение выключателя, срабатывает реле «НЕИСПРАВНОСТЬ». При подаче сигнала на вход «БЛОКИРОВКА» блокируется включение выключателя. Срабатывания реле «НЕИСПРАВНОСТЬ» не происходит.

Важно! По истечении заданного времени УРОВ (устройство резервирования отказа выключателя) после выдачи команды на отключение выключателя запускается задача УРОВ. Время отключения должно быть задано не менее максимального паспортного значения выключателя.



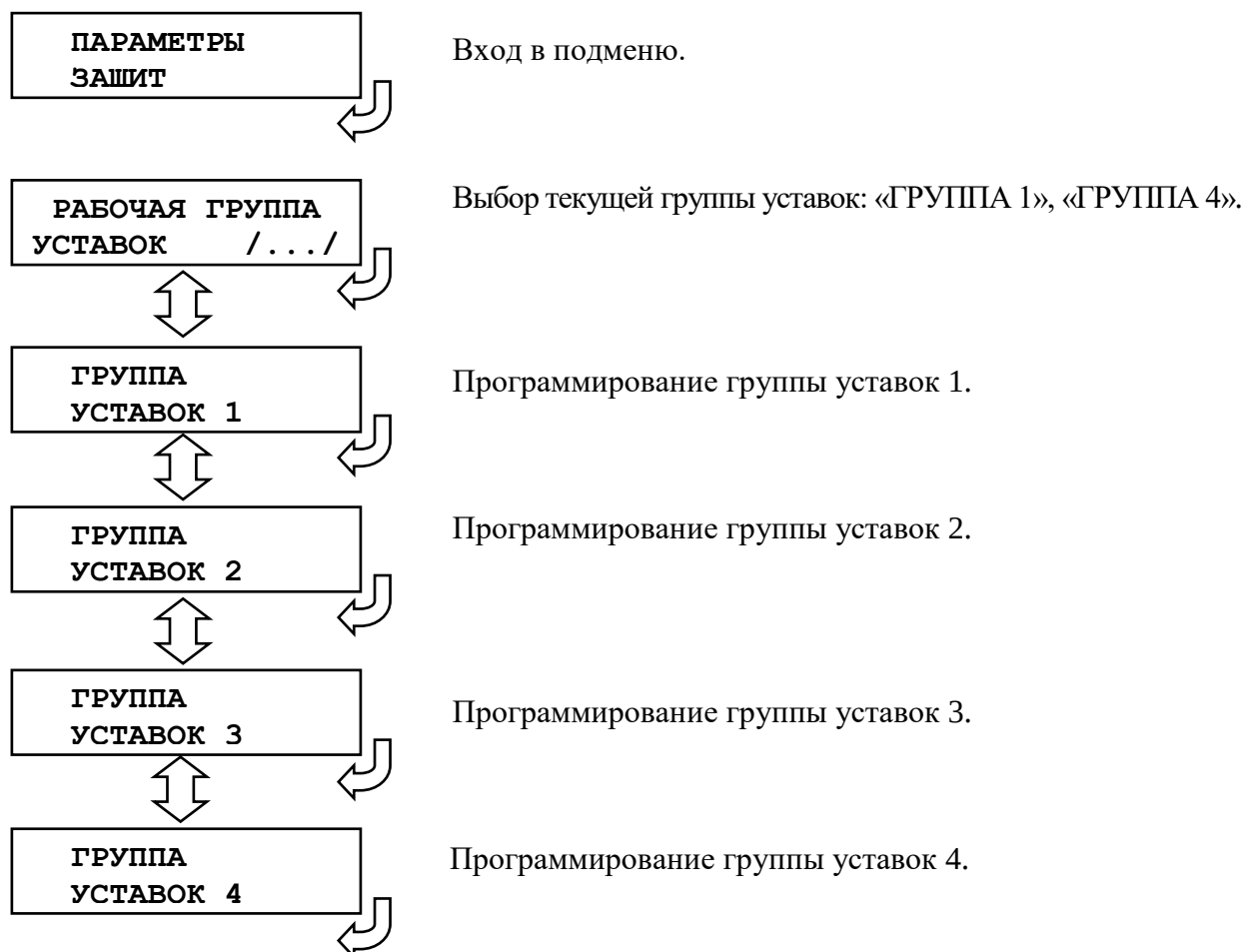
7.8.4 Подменю «ПАРАМЕТРЫ УПРАВЛЕНИЕ»

В подменю «УПРАВЛЕНИЕ» выбираются режимы управления выключателем. Управление выключателем может осуществляться четырьмя способами: от встроенных кнопок «ВКЛ/ ОТКЛ», от внешнего ключа управления, от внешней схемы (например, АВР, телемеханика), по интерфейсу связи.



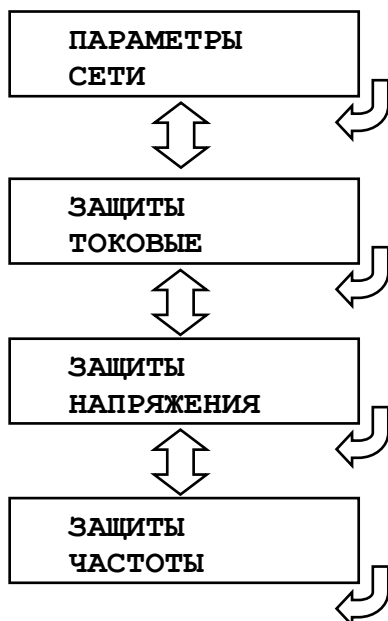
7.8.5 Подменю «ПАРАМЕТРЫ ЗАЩИТ»

После входа в подменю «ПАРАМЕТРЫ ЗАЩИТ» необходимо выбрать группу уставок. Программирование групп уставок ничем не отличается. Подменю выглядит следующим образом:



7.8.5.1 Подменю «ГРУППА УСТАВОК 1» - «ГРУППА УСТАВОК 4»

Подменю «ГРУППА УСТАВОК 1» - «ГРУППА УСТАВОК 4» идентичны и имеют следующий вид:



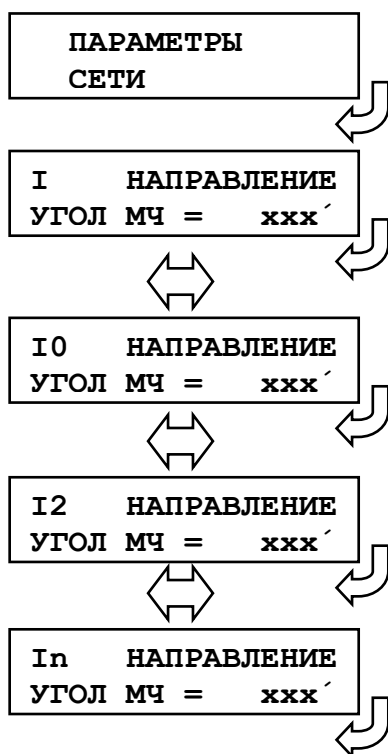
В этом подменю задаются углы максимальной чувствительности.

Конфигурирование токовых защит.

Конфигурирование защит напряжения.

Конфигурирование защит частоты.

7.8.5.2 Подменю «ПАРАМЕТРЫ СЕТИ»



Вход в подменю.

Выбор угла максимальной чувствительности для защит от повышения тока. Значение параметра: 0-360°.

Выбор угла максимальной чувствительности для ступенной защиты от повышения тока нулевой последовательности I0>, I0>>. Значение параметра: 0-360°.

Выбор угла максимальной чувствительности для защит от повышения тока обратной последовательности. Значение параметра: 0-360°.

Выбор угла максимальной чувствительности для ступенной защиты от повышения тока нулевой последовательности In>, In>>. Значение параметра: 0-360°.

7.8.5.3 Подменю «ЗАЩИТЫ ТОКОВЫЕ»

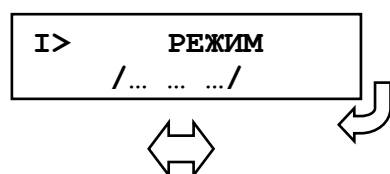


7.8.5.3.1 Конфигурирование защит I, I2, I0, In

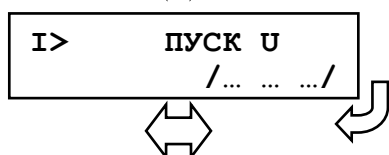
Ввиду того, что ступени токовых защит I, I2, I0, In идентичны между собой, рассмотрим настройку ступени от повышения тока I>.

Выбор режима защиты

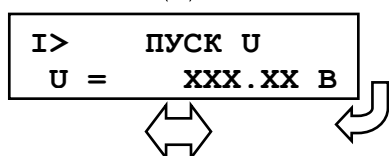
«ВЫВЕДЕНА» – защита выведена из работы;
«ВВЕДЕНА» – защита введена в работу с контролируемым уставкой по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит;
«СИГНАЛИЗАЦИЯ» – как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;
«ОТКЛЮЧЕНИЕ» – как при «СИГНАЛИЗАЦИЯ» плюс действие на отключение выключателя.



Ввод блокирующего сигнала.
Список сигналов в Приложении В, таблица В.1.



Пуск по напряжению.
Значение параметра: «ЕСТЬ», «НЕТ».



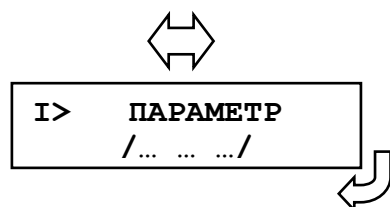
Уставка по напряжению. Этот кадр появляется, если пуск по напряжению «ЕСТЬ».
Значение параметра: 0-256 В.



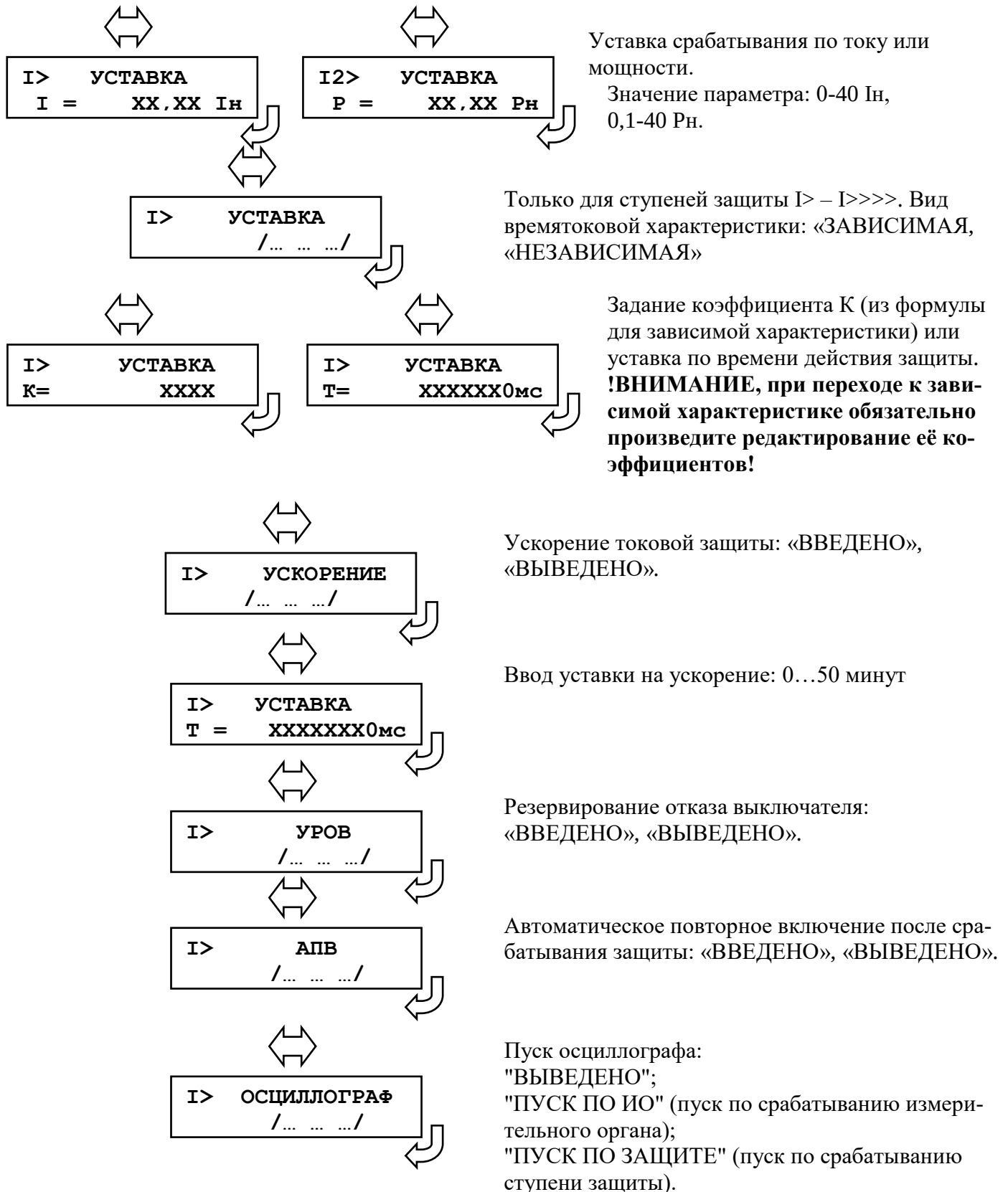
Выбор направленности действия защиты.
Значение параметра: «НЕТ», «ОТ ШИН», «К ШИНАМ».



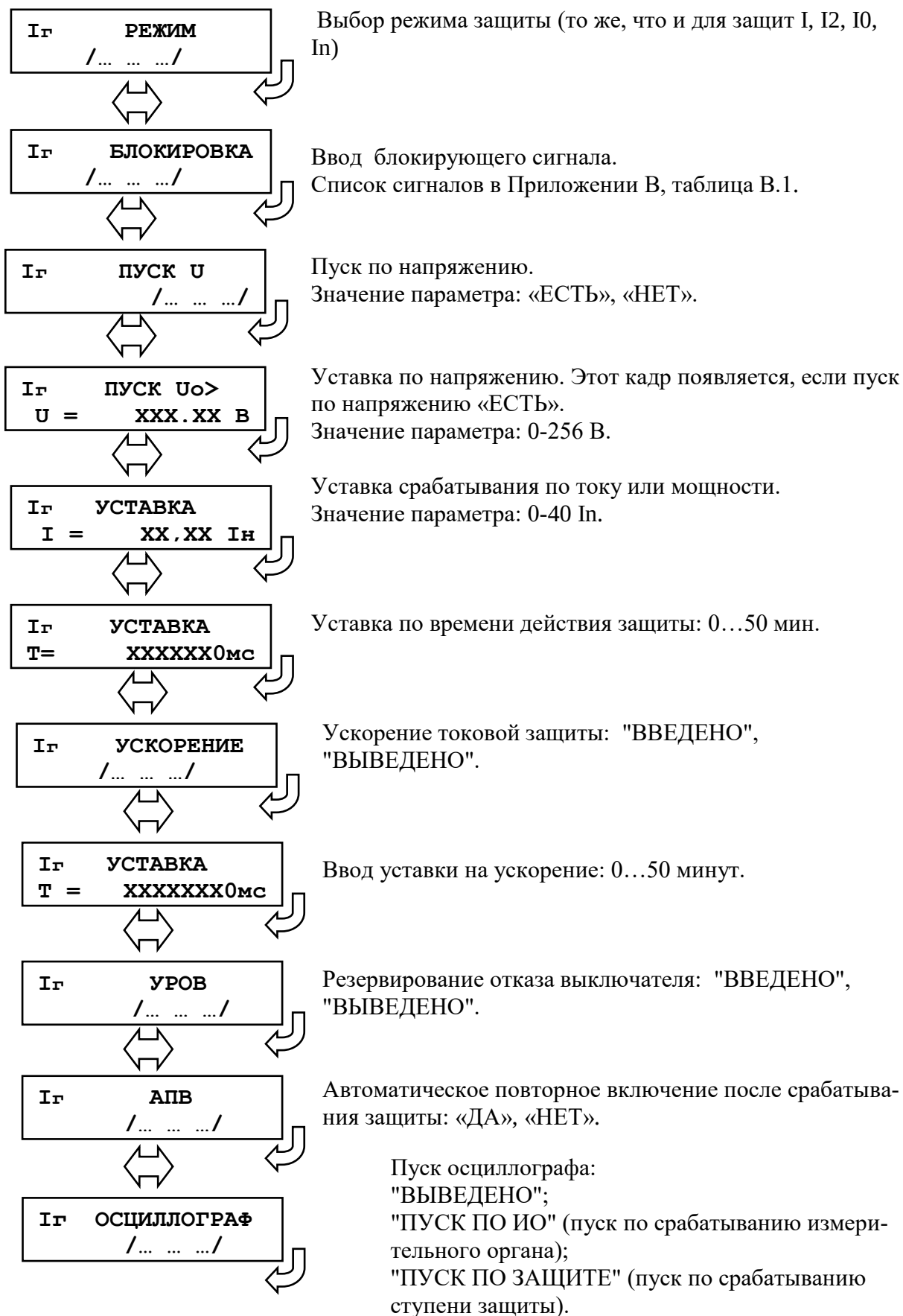
Выбор режима работы защиты при недостоверном определении направления. Этот кадр появляется при выборе направленного действия защиты («ОТ ШИН» или «К ШИНАМ»)
Значение параметра: «НЕНАПРАВ-Я», «БЛОКИРОВКА».



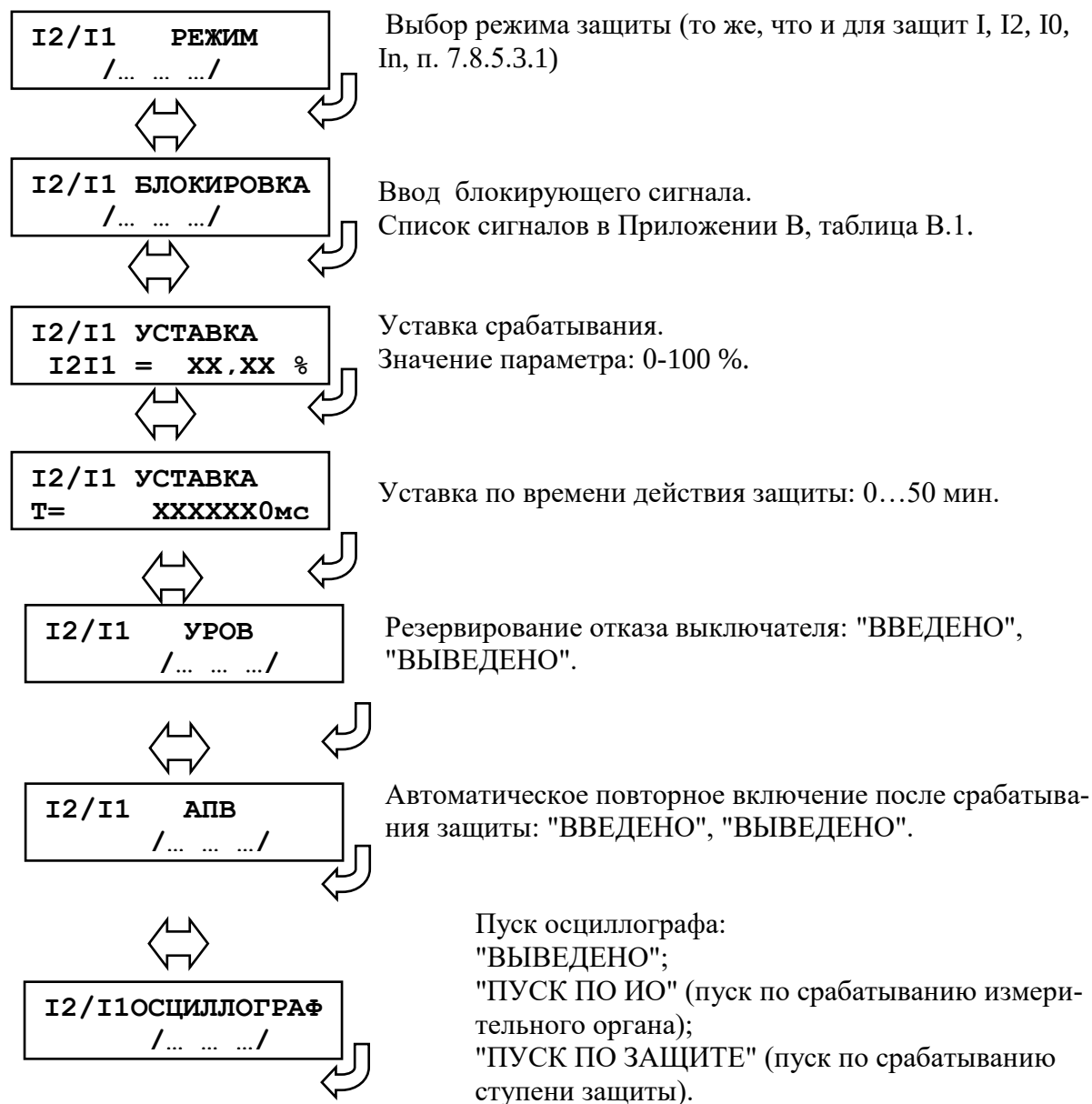
Логика работы и выбор контролируемого тока:
для I: «ОДНА ФАЗА», «ВСЕ ФАЗЫ»;
для I2: «ТОК», «МОЩНОСТЬ»;
для I0: «ТОК», «МОЩНОСТЬ»;
для In: «ТОК», «МОЩНОСТЬ».



7.8.5.3.2 Конфигурирование защиты I_г



7.8.5.3.3 Конфигурирование защиты I2/I1



7.8.5.4 Подменю «ЗАЩИТЫ НАПРЯЖЕНИЯ»



7.8.5.4.1 Конфигурирование защит U>, U>>, U<, U<<, U2>, U2>>, Un>, Un>>

Ввиду того, что ступени защит U, U2, Un идентичны между собой, рассмотрим настройку ступени от повышения напряжения U>.

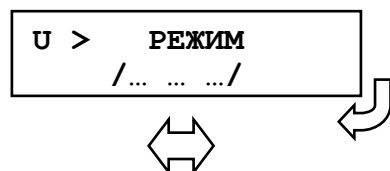
Выбор режима защиты

«ВЫВЕДЕНА» – защита выведена из работы;

«ВВЕДЕНА» – защита введена в работу с контролируемым уставкой по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит;

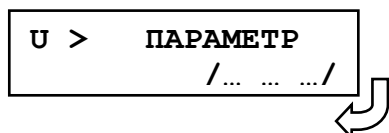
«СИГНАЛИЗАЦИЯ» – как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

«ОТКЛЮЧЕНИЕ» – как при «СИГНАЛИЗАЦИЯ» плюс действие на отключение выключателя.



Ввод блокирующего сигнала.

Список сигналов в Приложении В, таблица В.1.

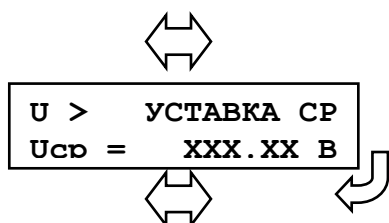


Логика работы и выбор контролируемого напряжения. Значение параметра:

для защит по полному напряжению U: «ОДНО ЛИНЕЙНОЕ», «ВСЕ ЛИНЕЙНЫЕ», «Uab», «Ubc», «Uca», «Un»;

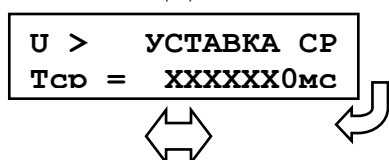
для ступеней по U2: «U2»;

для ступеней по Uo: «Un».



Уставка срабатывания.

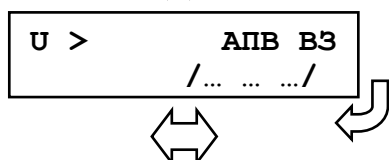
Значение параметра: 0-256 В.



Уставка по времени действия защиты на срабатывание: 0-50 мин.

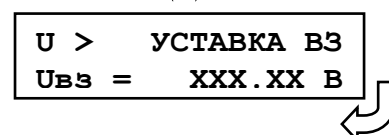


Возврат по уставке: «ДА», «НЕТ».



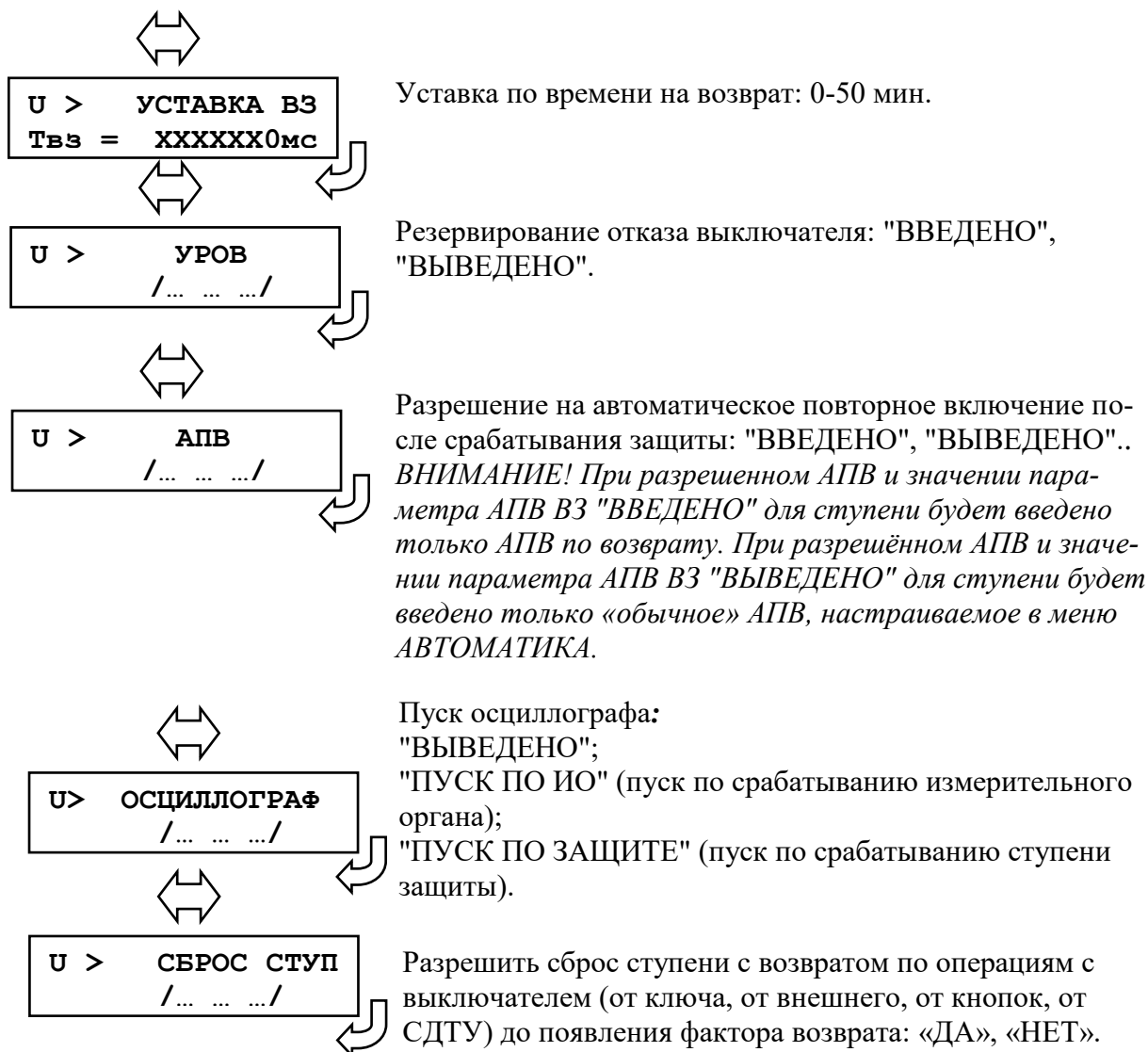
Автоматическое повторное включение по возврату:

«ДА», «НЕТ». **ВНИМАНИЕ!** АПВ по возврату возможно только при разрешенном АПВ (см. ниже).

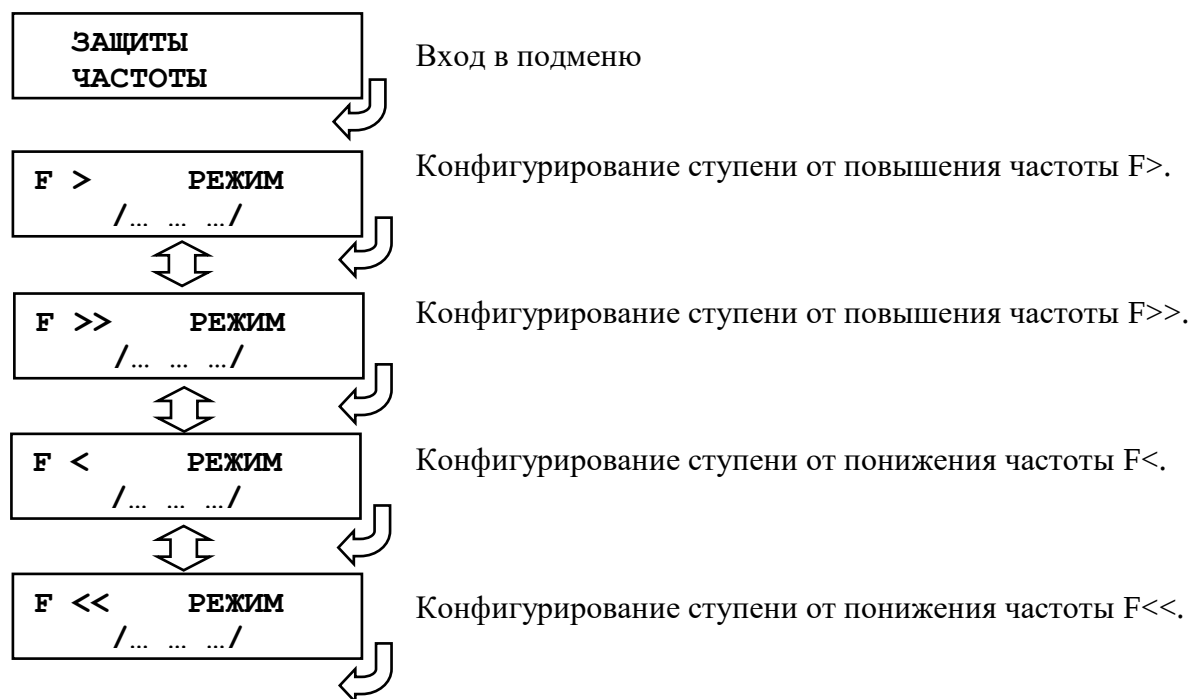


Уставка на возврат.

Значение параметра: 0-256 В.



7.8.5.5 Подменю «ЗАЩИТЫ ЧАСТОТЫ»



7.8.5.5.1 Конфигурирование защит по частоте

Ввиду того, что ступени защит по частоте идентичны между собой, рассмотрим настройку ступени от повышения частоты F>.

Выбор режима защиты

«ВЫВЕДЕНА» – защита выведена из работы;
«ВВЕДЕНА» – защита введена в работу с контролируванием уставки по времени. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит;
«СИГНАЛИЗАЦИЯ» – как при «ВВЕДЕНА», но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;
«ОТКЛЮЧЕНИЕ» – как при «СИГНАЛИЗАЦИЯ» плюс действие на отключение выключателя.

F > РЕЖИМ
/... .. /

F > БЛОКИРОВКА
/... .. /

Ввод блокирующего сигнала.
Список сигналов в Приложении В, таблица В.1.

F > УСТАВКА СР
Fcp = XX.XX Гц

Уставка срабатывания. Значение параметра:
40 – 60 Гц.

F > УСТАВКА СР
Tcp = XXXXXX0мс

Уставка по времени действия защиты на срабатывание: 0-50 мин.

F > ВОЗВРАТ
/... .. /

Возврат по уставке: «ДА», «НЕТ».

F > АПВ ВЗ
/... .. /

Автоматическое повторное включение по возврату:
«ДА», «НЕТ». **ВНИМАНИЕ!** АПВ по возврату возможно только при разрешенном АПВ (см.ниже)

F > УСТАВКА ВЗ
Fвз = XX.XX Гц

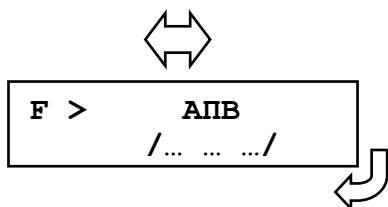
Уставка на возврат. Значение параметра: 40 – 60 Гц.

F > УСТАВКА ВЗ
Tвз = XXXXXX0мс

Уставка по времени на возврат: 0-50 мин.

F > УРОВ
/... .. /

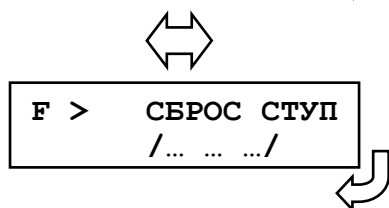
Резервирование отказа выключателя:
"ВВЕДЕНО", "ВЫВЕДЕНО".



Разрешение на автоматическое повторное включение после срабатывания защиты: "ВВЕДЕНО", "ВЫВЕДЕНО"..
ВНИМАНИЕ! При разрешенном АПВ и значении параметра АПВ ВЗ "ВВЕДЕНО" для ступени будет введено только АПВ по возврату. При разрешённом АПВ и значении параметра АПВ ВЗ "ВЫВЕДЕНО" для ступени будет введено только «обычное» АПВ, настраиваемое в меню АВТОМАТИКА.

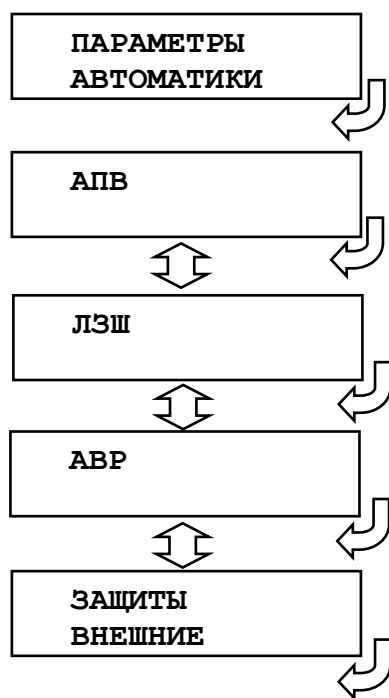


Запуск осциллографа:
"ВЫВЕДЕНО";
"ПУСК ПО ИО" (пуск по срабатыванию измерительного органа);
"ПУСК ПО ЗАЩИТЕ" (пуск по срабатыванию ступени защиты).



Разрешить сброс ступени с возвратом по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего, от кнопок, от СДТУ) до появления фактора возврата: «ДА», «НЕТ».

7.8.6 Подменю «ПАРАМЕТРЫ АВТОМАТИКИ»



Вход в подменю

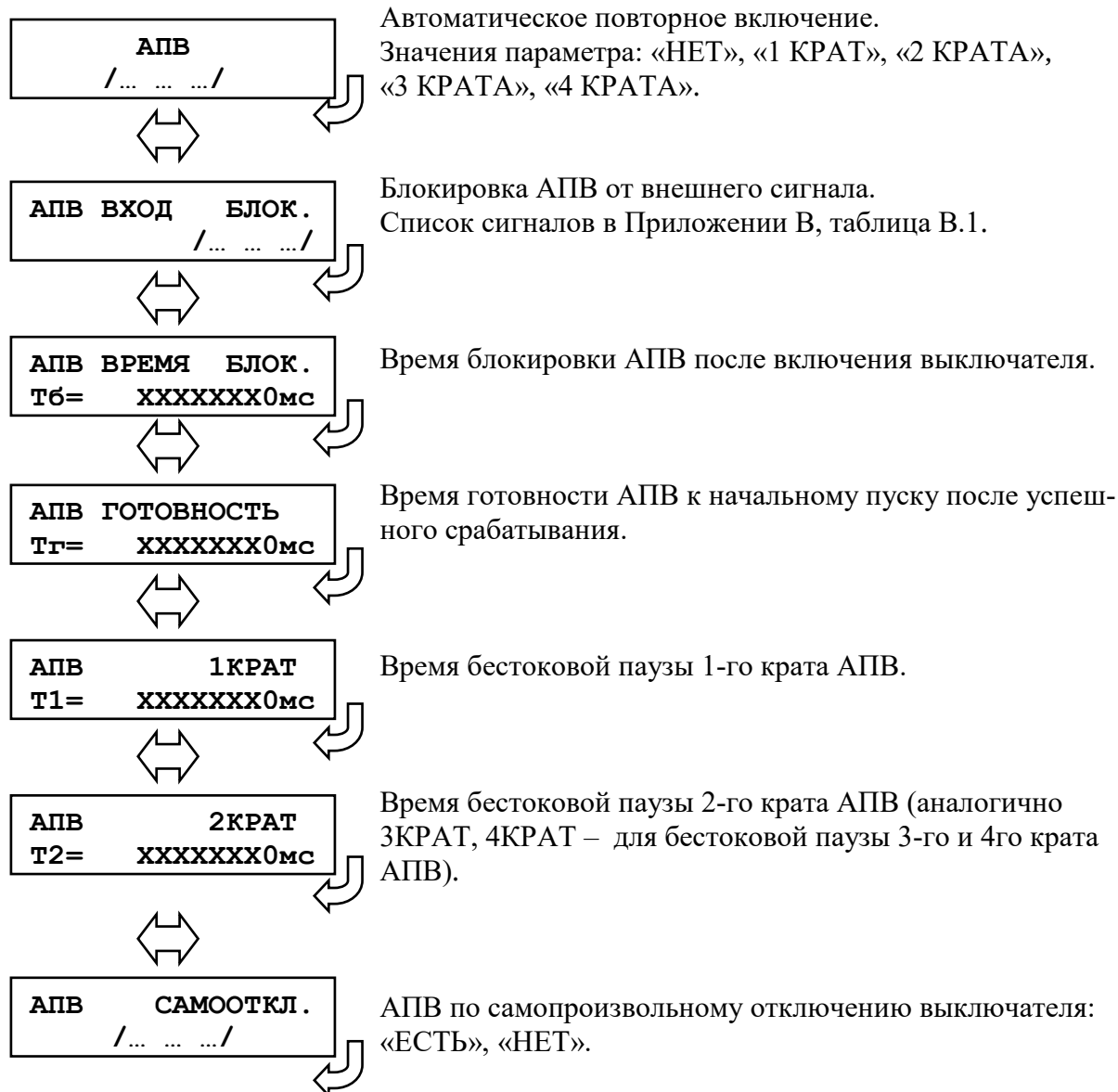
Конфигурирование автоматического повторного включения.

Конфигурирование логической защиты шин.

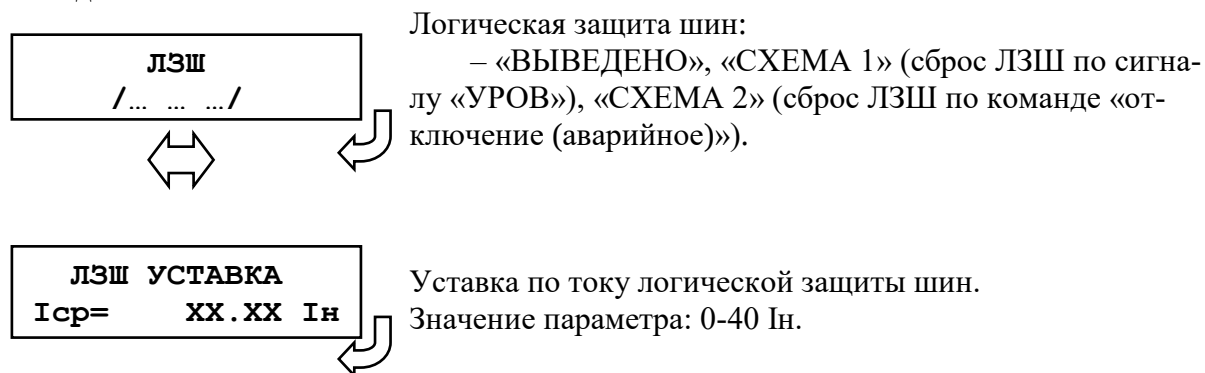
Конфигурирование автоматического включения резерва.

Конфигурирование внешних защит.

7.8.6.1 Настройка и просмотр параметров АПВ



7.8.6.2 Подменю «ЛЗШ»



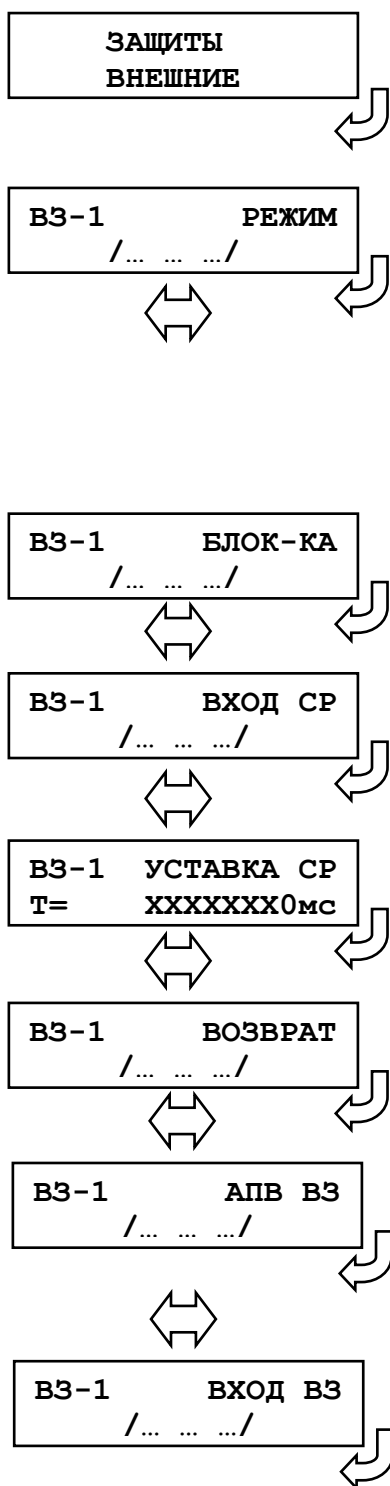
7.8.6.3 Настройка и просмотр параметров АВР



7.8.6.4 Подменю «ЗАЩИТЫ ВНЕШНИЕ»

В устройстве имеется возможность работы с внешними защитами. Всего есть возможность подключить до восьми внешних защит ВЗ-1, ВЗ-2,... ВЗ-8. Логика работы с внешней защитой запускается при появлении сигнала на заданном дискретном входе. При срабатывании внешних защит фиксируются все параметры аварийного события, как при срабатывании собственных защит.

Программирование всех внешних защит одинаково, поэтому далее рассмотрены настройки по внешней защите №1:



Вход в подменю

Выбор режима защиты

“ВЫВЕДЕНА” – защита выведена из работы;

“СРАБАТЫВАНИЕ” – защита введена в работу на срабатывание. Отключение выключателя и действия на сигнализацию не происходит;

“СИГНАЛИЗАЦИЯ” – как при “СРАБАТЫВАНИЕ”, но с действием в схему сигнализации и записью в журнал аварий;

“ОТКЛЮЧЕНИЕ” – как при “СИГНАЛИЗАЦИЯ” плюс действие на отключение выключателя.

Ввод блокирующего сигнала.

Список сигналов в Приложении В, таблица В.2.

Номер входа срабатывания внешней защиты

Список сигналов в Приложении В, таблица В.2.

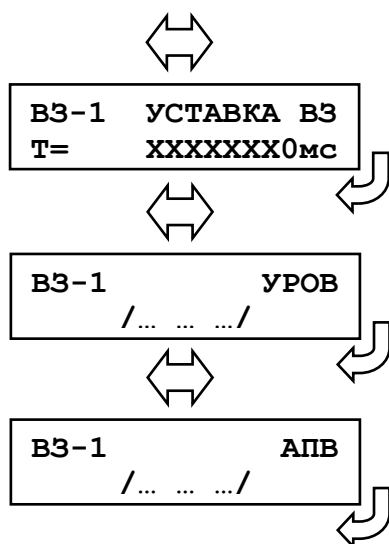
Уставка по времени срабатывания внешней защиты:
0-50 минут.

Возврат по уставке: «ДА», «НЕТ».

Автоматическое повторное включение по возврату:

«ДА», «НЕТ». *ВНИМАНИЕ! АПВ по возврату возможно только при разрешенном АПВ (см.ниже).*

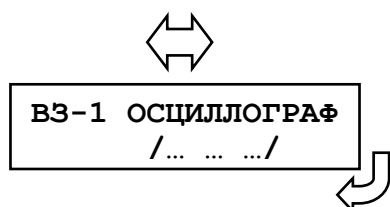
Номер входа возврата внешней защиты. Список сигналов в Приложении В, таблица В.2.



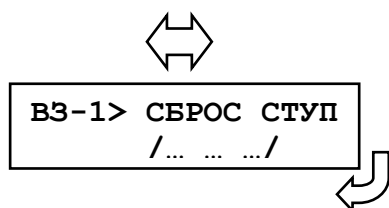
Уставка по времени на возврат внешней защиты:
0-50 минут.

Резервирование отказа выключателя по срабатыванию защиты: "ВВЕДЕНО", "ВЫВЕДЕНО".

Разрешение на автоматическое повторное включение после срабатывания защиты: "ВВЕДЕНО", "ВЫВЕДЕНО".
ВНИМАНИЕ! При разрешенном АПВ и значении параметра АПВ ВЗ "ВВЕДЕНО" для ступени будет введено только АПВ по возврату. При разрешённом АПВ и значении параметра АПВ ВЗ "ВЫВЕДЕНО" для ступени будет введено только «обычное» АПВ, настраиваемое в меню АВТОМАТИКА.



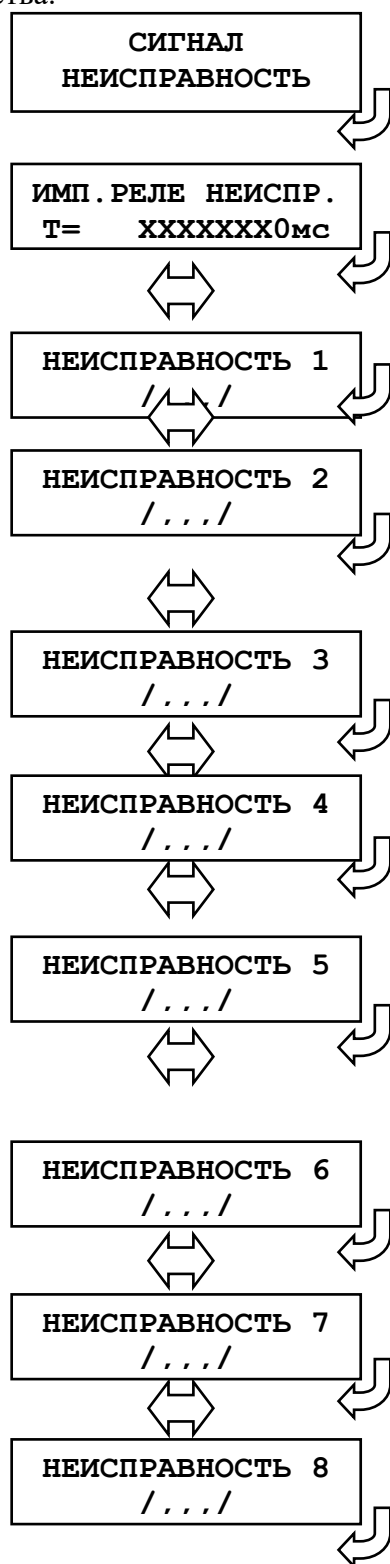
Пуск осциллографа по срабатыванию ступени защиты: "ВВЕДЕНО", "ВЫВЕДЕНО".



Разрешить сброс ступени с возвратом по операциям с выключателем (от ключа, от внешнего, от кнопок, от СДТУ) до появления фактора возврата: «ДА», «НЕТ»

7.8.7 Подменю «СИГНАЛ НЕИСПРАВНОСТЬ»

Реле «НЕИСПРАВНОСТЬ» - это жестко назначенное реле. Служит для контроля состояния устройства.



Вход в подменю.

Установка длительности импульса реле «НЕИСПРАВНОСТЬ».

Выбор условия срабатывания по неисправности 1. «аппаратная неисправность»: РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

Выбор условия срабатывания по неисправности 2, – «ошибка свободно-программируемой логики»: РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

Выбор условия срабатывания по неисправности 3. «Неисправность программного обеспечения» (ошибка контрольной суммы уставок): РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

Питание ниже нормы

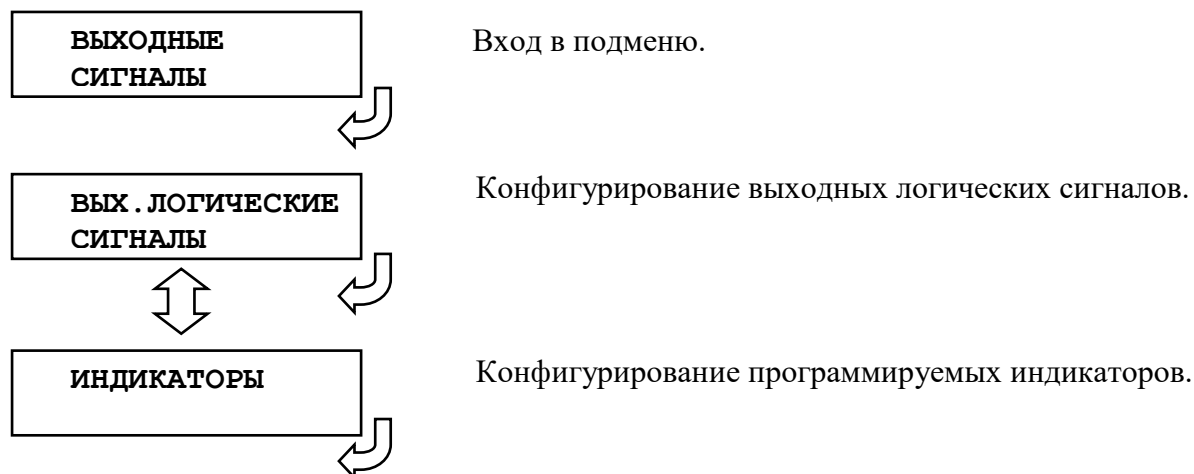
Выбор условия срабатывания по неисправности 5. «Неисправность выключателя» (формируется при появлении внутренних сигналов «Отказ выключателя» или «Неисправность выключателя», или «Внешняя неисправность выключателя», или «Неиспр. управ. выключателя»): РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

Резерв.

Выбор условия срабатывания по неисправности 7. «Неисправность напряжения» (формируется при появлении сигналов «ТН неисправность», или «ТННП неисправность»): РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

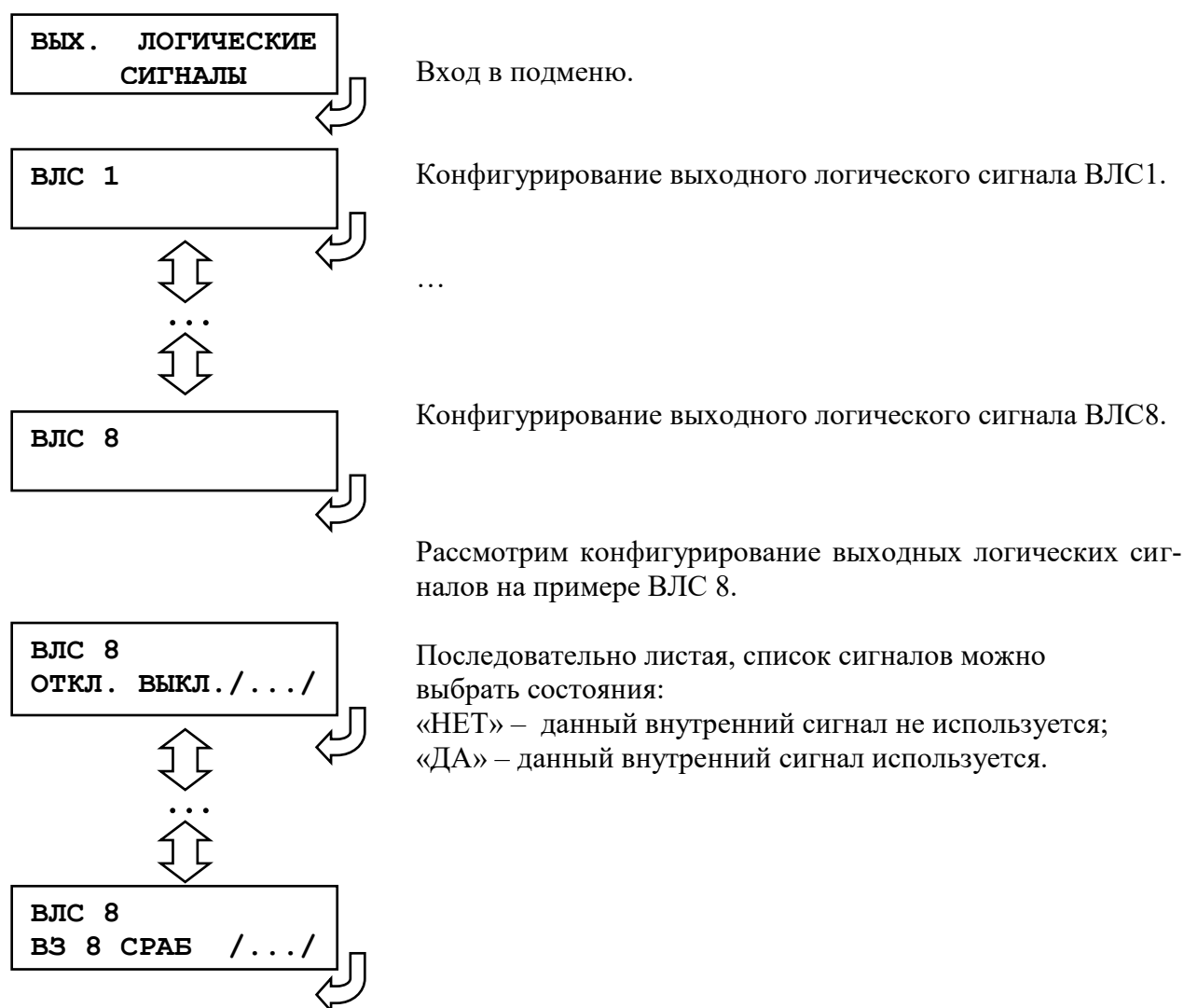
Выбор условия срабатывания по неисправности 8. «Неисправность частоты» (формируется при появлении внутренних сигналов «Напряжение на всех фазах ниже 10 В» или «частота вне диапазона», или «ТН неисправность»): РАЗРЕШЕНО, ЗАПРЕЩЕНО.

7.8.8 Подменю «ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ»

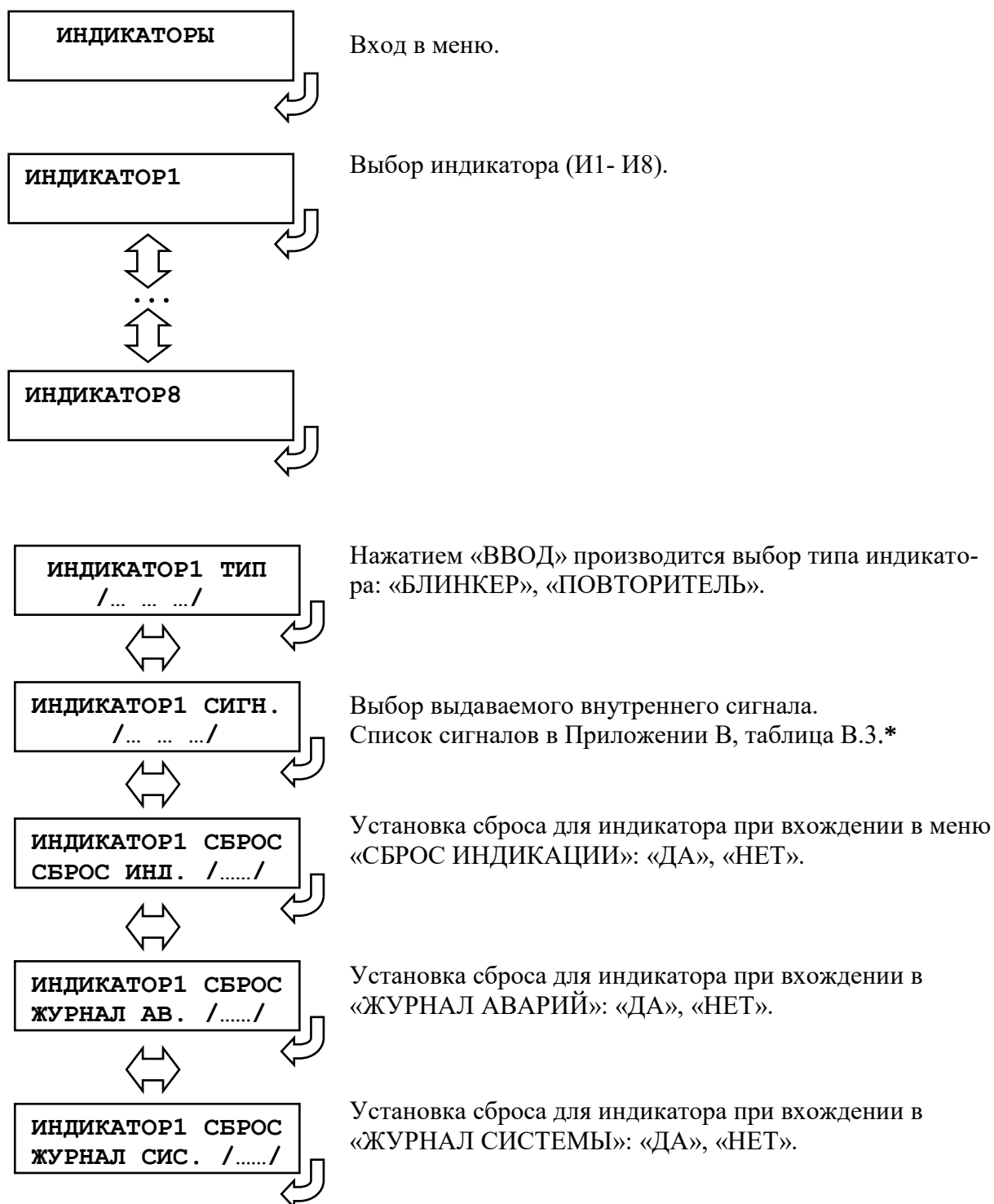


7.8.8.1 Подменю «ВЫХ. ЛОГИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ»

Устройство имеет 8 выходных логических сигналов. Каждый выходной логический сигнал программируется как сумма внутренних сигналов по логике «ИЛИ». Список сигналов в Приложении В, таблица В.4.



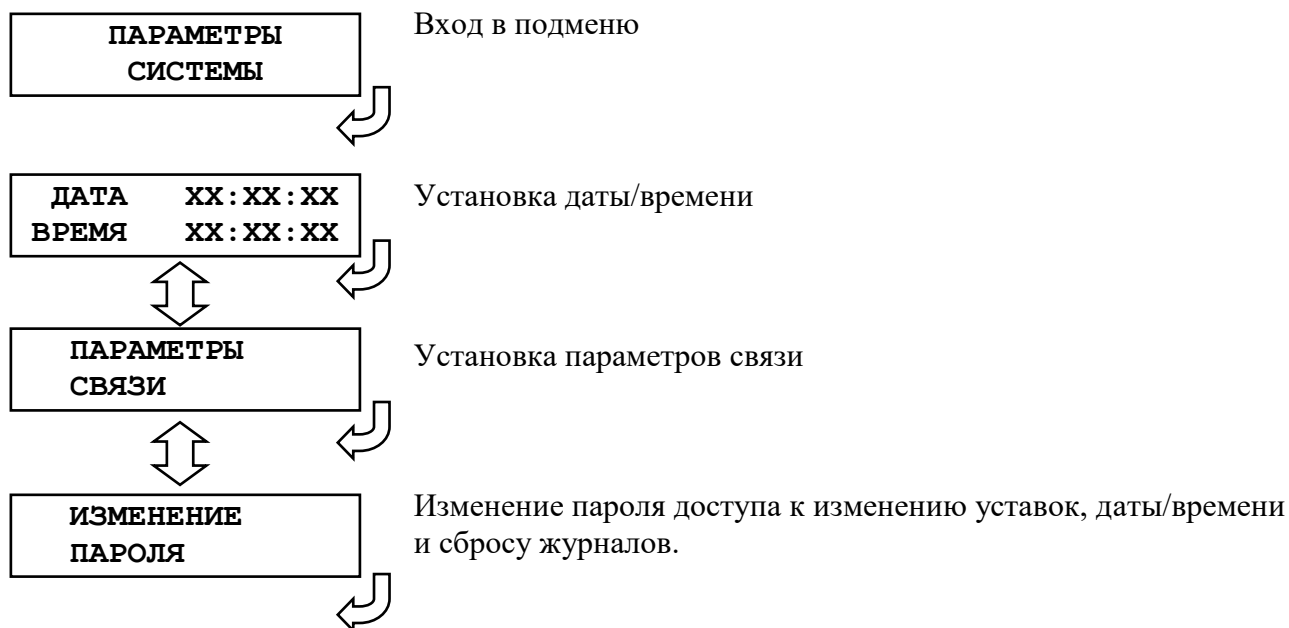
7.8.8.2 Подменю «ИНДИКАТОРЫ»



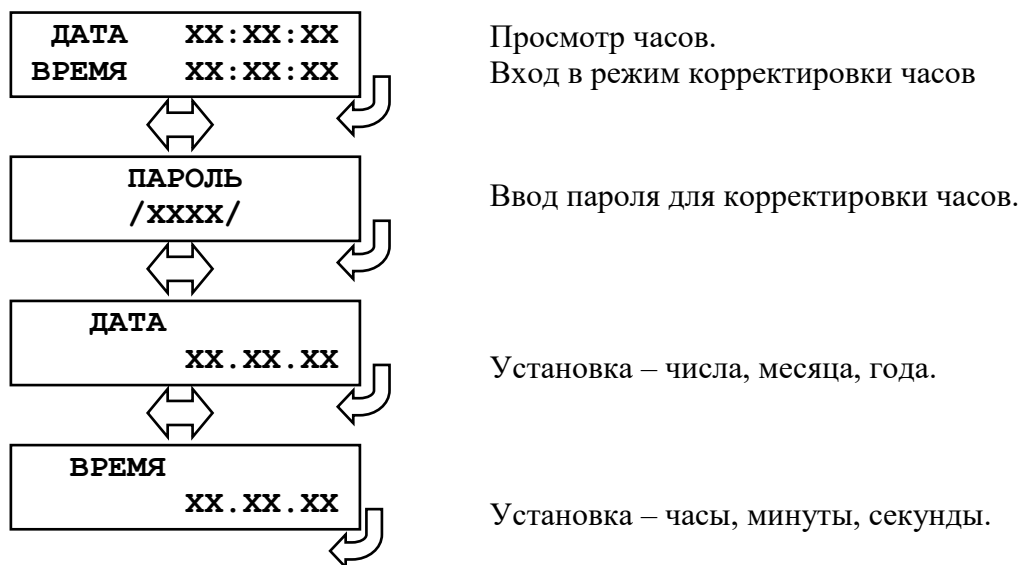
* Сигналы возврата для ступеней U>, U>>, U<, U<<, U0>, U0>>, U2>, U2>>, F>, F>>, F<, F<< (типа «U> возврат», «U> возврат <ИНВ>» и т.д.) формируются только, если по этим ступеням введена уставка на возврат (сигналы возврата представляют собой импульсные сигналы длительностью 10 мс).

7.8.9 Подменю «ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ»

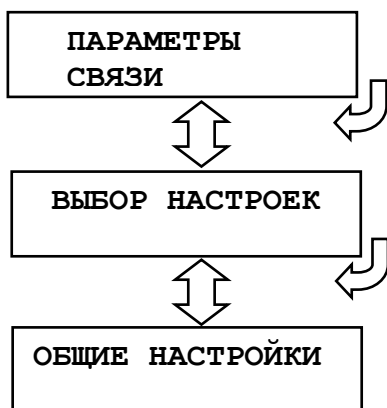
В данном подменю производится установка текущих даты и времени, параметров связи и параметров управления.



7.8.9.1 Просмотр и установка реального времени



7.8.9.2 Настройка параметров связи



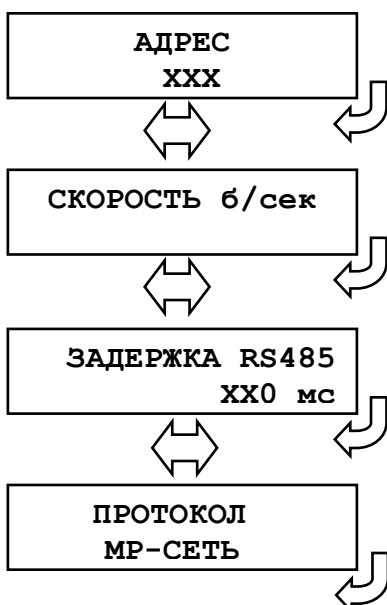
Вход в меню конфигураций связи.

7.8.9.2.1 Выбор настроек



Выбор интерфейса RS485 или ETHERNET

7.8.9.2.2 Общие настройки



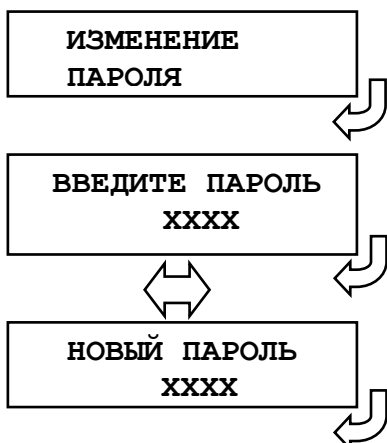
Назначение номера устройства в сети.

Установка скорости обмена бит/сек.:
«1200», «2400», «4800», «9600»,
«19200», «38400», «57600», «115200».

Установка задержки ответа на запрос верхнего уровня:
«0» – «100» мс

Установка протокола обмена МР-СЕТЬ

7.8.9.3 Изменение пароля



Вход в меню.

Введите старый пароль.

Введите новый пароль.

7.8.10 Параметры осциллографа

В устройстве предусмотрена возможность осциллографирования.

Осциллографирование запускается в случае срабатывания защиты с введенной функцией «ОСЦИЛЛОГРАФ».

Осциллограф фиксирует 8 аналоговых и 124 входных дискретных сигналов.

Подменю «Параметры осциллографа»

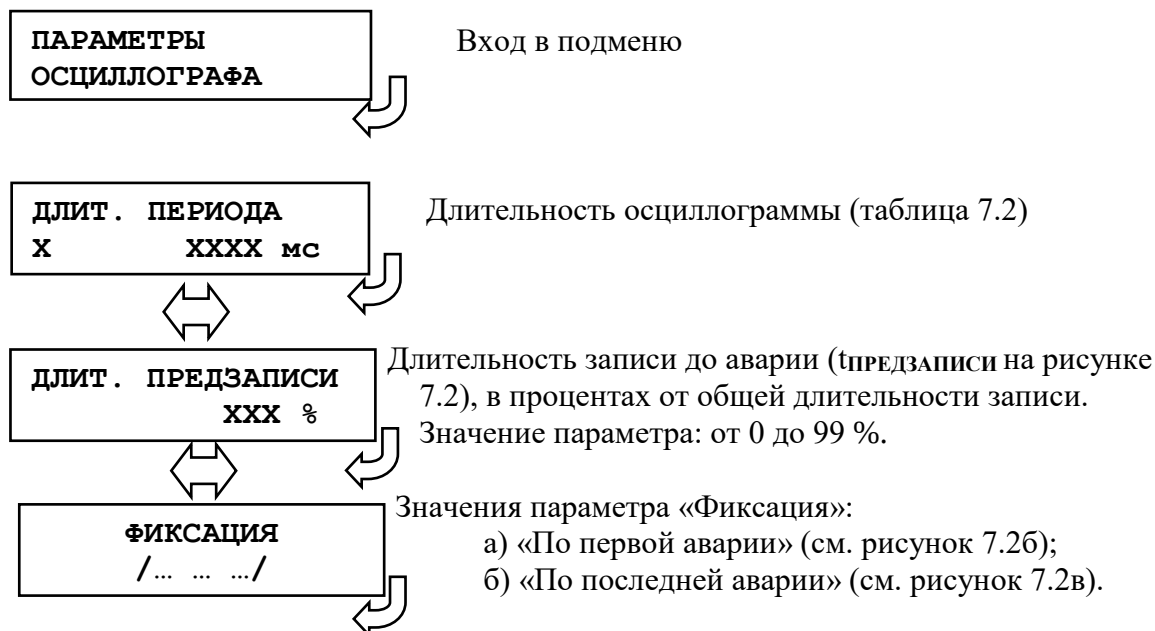


Таблица 7.2 - Режимы работы осциллографа

Код	Режим		Код	Режим		Код	Режим		Код	Режим	
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	1	15872(LEN ONE OSC)	8	9	3174	16	17	1763	24	25	1220
1	2	10581	9	10	2885	17	18	1670	25	26	1175
2	3	7936	10	11	2645	18	19	1587	26	27	1133
3	4	6348	11	12	2441	19	20	1511	27	28	1094
4	5	5290	12	13	2267	20	21	1442	28	29	1058
5	6	4534	13	14	2116	21	22	1380	29	30	1024
6	7	3968	14	15	1984	22	23	1322	30	31	992
7	8	3527	15	16	1867	23	24	1269	31	32	961

Примечания

1 Графа 2 – Количество перезаписываемых осциллограмм

2 Графа 3 – Длительность каждой осциллограммы

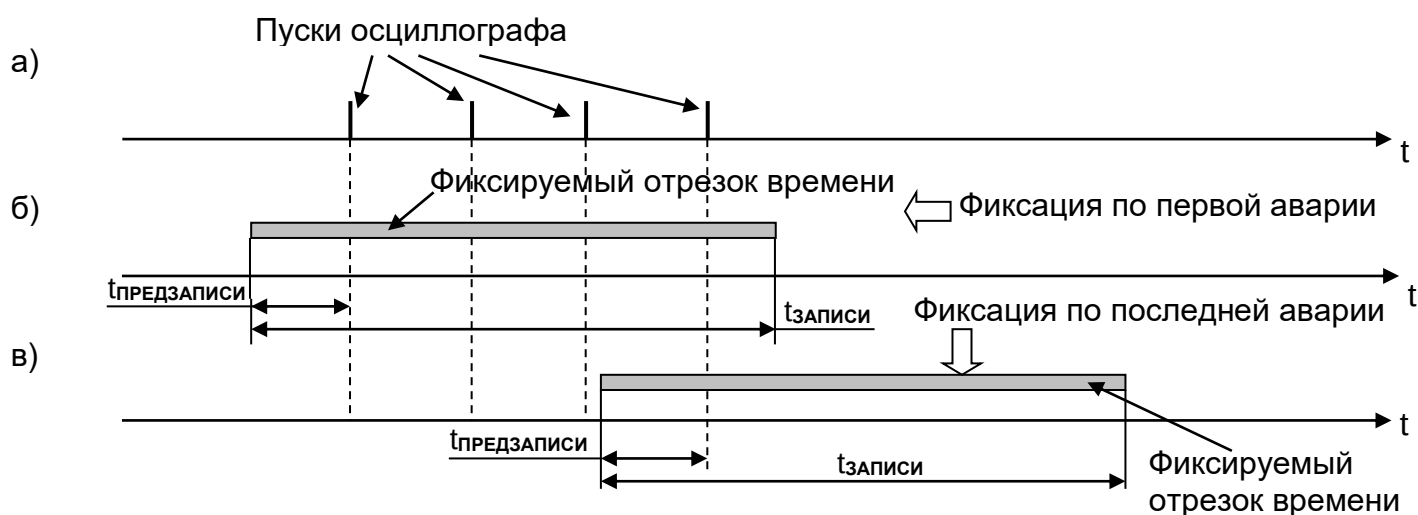


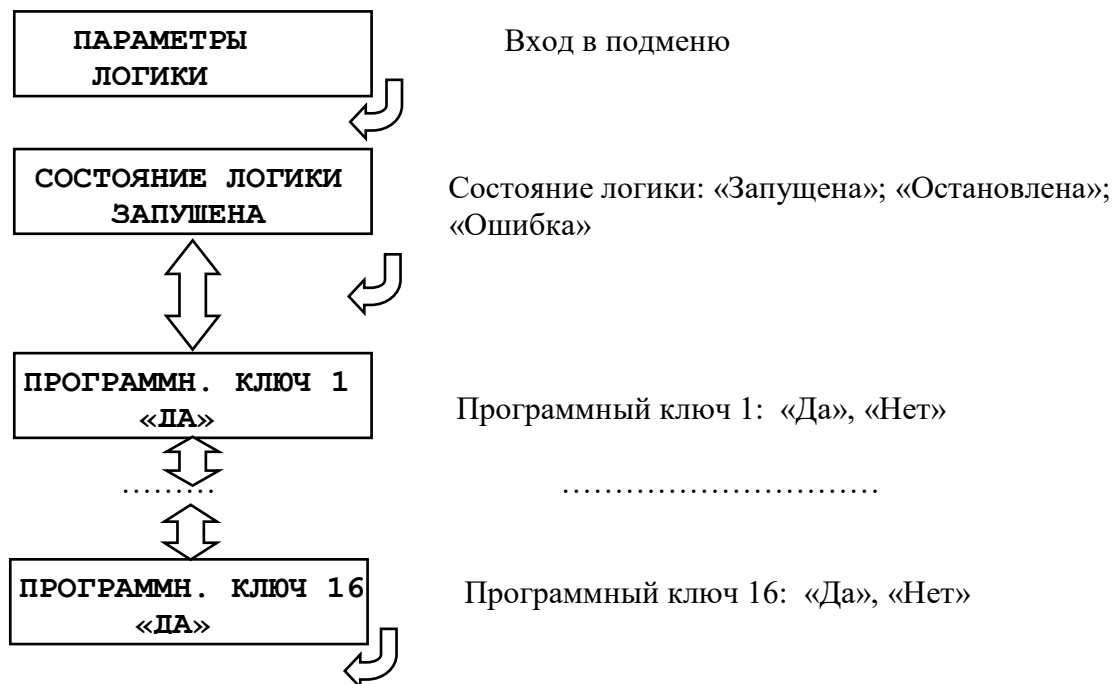
Рисунок 7.2 – Пояснения к значениям параметра «Фиксация»

Осциллограмму можно считать и просмотреть с устройства с помощью программы конфигурирования «УниКон». Файл осциллограммы можно сохранять в стандартном формате «comtrade» и в формате программы «УниКон».

Внимание: при перезаписи уставок осциллограммы стираются!!!

Питание схемы памяти осциллографа МР5 осуществляется от накопительных конденсаторов. При отсутствии внешнего питания МР5 конденсаторы обеспечивают сохранение осциллограмм на срок не менее 24 ч. При разряде конденсаторов данные осциллограмм теряются и устройство МР5 формирует ошибку «Потеря данных осциллографа». Данная ошибка не является признаком поломки или нештатной работы устройства. Для сброса ошибки необходимо перезапустить устройство МР5 или выполнить «Сброс журнала осциллограмм».

7.8.11 Параметры логики



7.12 Конфигурация устройства с использованием локального интерфейса

Настройки конфигураций устройства МР5 можно также осуществить при помощи программного обеспечения «УниКон». Разработку функций с помощью свободно-программируемой логики можно осуществлять только с применением программы «УниКон».

Осуществить соединение устройства и персонального компьютера (ПК) можно посредством подключения шнура соединительного со стороны ПК к порту USB-2.0, расположенному на передней панели корпуса терминала защиты энергооборудования МР5 приложение А, рисунок А.1. Для подключения через порт USB-2.0 необходимо задавать номер устройства 1.

Для правильной работы ПО «УниКон» с устройством МР5 необходимо установить одинаковую скорость обмена данными в программе и микропроцессорном реле (подменю «ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ», настройка параметров связи).

8 ПОДГОТОВКА И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Монтаж, наладка и эксплуатация устройства должны отвечать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, “Правил техники безопасности при эксплуатации электрооборудования” (ПТЭ) и “Правил устройства электроустановок “ (ПУЭ);

Устройство закрепляется на вертикальной панели, двери релейного отсека КРУ или на поворотной раме с помощью четырех винтов.

Присоединение цепей осуществляется с помощью клеммных колодок пружинного и винтового (для токовых входов) типа – диаметром 4 мм для проводов сечением до 2,5 мм². Допускается использование как одно-, так и многожильных проводников. Необходимо производить зачистку изоляции проводника на длину (6...10) мм. Проводники в пружинных (рис.9.1 и рис.9.2) и винтовых (рис.9.3) клеммных колодках подсоединяются с помощью отвертки.

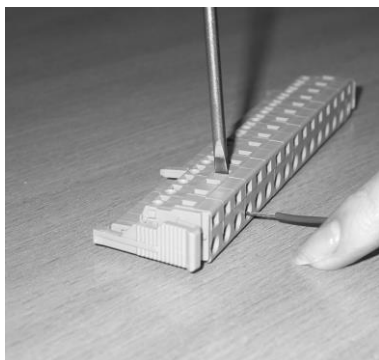


Рисунок 9.1

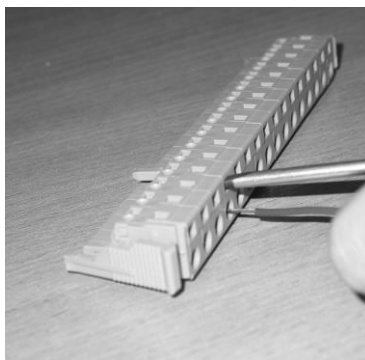


Рисунок 9.2

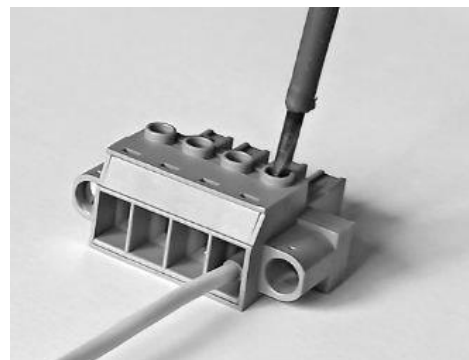


Рисунок 9.3

Электрическое сопротивление между приспособлением для заземления и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью устройства должно быть не более 0,1 Ом. Приспособление для заземления устройства не должно иметь лакокрасочного покрытия.

При внешнем осмотре устройства необходимо убедиться в целостности пломб и корпуса, отсутствии видимых повреждений и дефектов, наличии маркировки.

При подаче питания на МР5 убедиться в наличии подсветки жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) и появлении первого кадра меню. При отсутствии нажатий на клавиатуру в течение 3 мин, подсветка ЖКИ гаснет. При первом нажатии на любую кнопку управления включается подсветка ЖКИ, при последующих, должна происходить смена кадров на ЖКИ в соответствии с картой меню.

МР5 проводит непрерывную самодиагностику. В случае обнаружения неисправности будет сформирована запись в журнале событий и загорится индикатор 16 КОНТРОЛЬ (см. рисунок 7.1). Состояние устройства, наличие или отсутствие неисправностей определяется путём просмотра меню «Диагностика».

В случае выполнения системы РЗА на постоянном оперативном токе для правильной работы устройства контроля изоляции (УКИ) необходимо использовать резисторы, подключаемые параллельно дискретным входам. Рекомендуются при настройке УКИ на:

- 20 кОм использовать резисторы 15 кОм;
- 40 кОм использовать резисторы 30 кОм.

9 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

9.1 Техническое обслуживание МР5 проводится в соответствии с действующими отраслевыми ТНПА

10 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК И ПО ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИКИ ТЕРМИНАЛА ЗАЩИТЫ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ МР5 ПО 75

10.1 Рекомендации по расчету уставок максимальной токовой защиты линий

10.1.1 Расчёт токов срабатывания ненаправленной максимальной токовой защиты (МТЗ)

Расчет уставок ступенчатых токовых защит рекомендуется начинать с наиболее чувствительной ступени, т.е. МТЗ.

Ток срабатывания МТЗ выбирается по трем условиям:

- несрабатывания защиты 2РЗ при сверхтоках послеаварийных перегрузок, т.е. после отключения короткого замыкания на предыдущем элементе (рисунок 10.1);

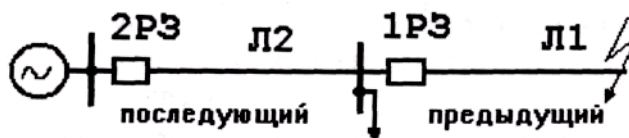


Рисунок 10.1 – Расчётная схема для выбора уставок релейной защиты (РЗ)

- согласования чувствительности защит последующего и предыдущего элементов (Л2 и Л1 на рисунке 10.1);
- обеспечения достаточной чувствительности при КЗ в конце защищаемого элемента (основная зона) и в конце каждого из предыдущих элементов (зоны дальнего резервирования).

По первому из этих условий ток срабатывания МТЗ на Л2 выбирается по выражению:

$$I_{с.з} = \frac{k_H \cdot k_{сзп}}{k_B} I_{раб.макс}, \quad (10.1)$$

где k_H – коэффициент надежности несрабатывания защиты (рекомендуется принимать $k_H = 1,1$);

k_B – коэффициент возврата максимальных реле тока ($k_B = 0,95$);

$k_{сзп}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, отражающий увеличение рабочего тока $I_{раб.макс}$ за счет одновременного пуска всех тех электродвигателей, которые затормозились при снижении напряжения во время короткого замыкания. При отсутствии в составе нагрузки электродвигателей напряжением 6 кВ и 10 кВ и при времени срабатывания МТЗ более 0,3 с можно принимать значения $k_{сзп} \geq 1,1 \div 1,3$.

Максимальные значения коэффициента самозапуска при значительной доле электродвигательной нагрузки определяются расчетом для конкретных условий, но обязательно при наиболее тяжелом условии пуска полностью заторможенных электродвигателей.

По условию согласования чувствительности защит последующего (защищаемого) и предыдущих элементов ток срабатывания последующей защиты $I_{с.з.посл.}$ выбирается по выражению:

$$I_{с.з.посл.} \geq \frac{k_{H.с.}}{k_P} \left(\sum_{1}^n I_{с.з.пред.макс(n)} + \sum_{1}^{N-n} I_{раб.макс(N-n)} \right), \quad (10.2)$$

где $k_{н.с}$ – коэффициент надежности согласования, значения которого зависят от типа токовых реле и принимаются в пределах от 1,1 при согласовании зашит с микропроцессорными реле, реле типа РТ-40, РСТ и т.п. до 1,3÷1,4 при согласовании зашит с реле прямого действия типа РТВ;

k_p – коэффициент токораспределения, который учитывается только при наличии нескольких источников питания, а при одном источнике питания равен 1;

$\sum I_{с.з.пред.макс(n)}$ – наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых зашит параллельно работающих предыдущих элементов n (см. рисунок 10.2); при разнице между углами фазового сдвига напряжения и тока для всех предыдущих элементов n не более 50 градусов допустимо арифметическое сложение вместо геометрического;

$\sum_{1}^{N-n} I_{раб.макс(N-n)}$ – геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов всех предыдущих элементов (N), за исключением тех, с зашитами которых производится согласование (n); при примерно однородной нагрузке допустимо арифметическое сложение вместо геометрического, что создает некоторый расчетный запас.

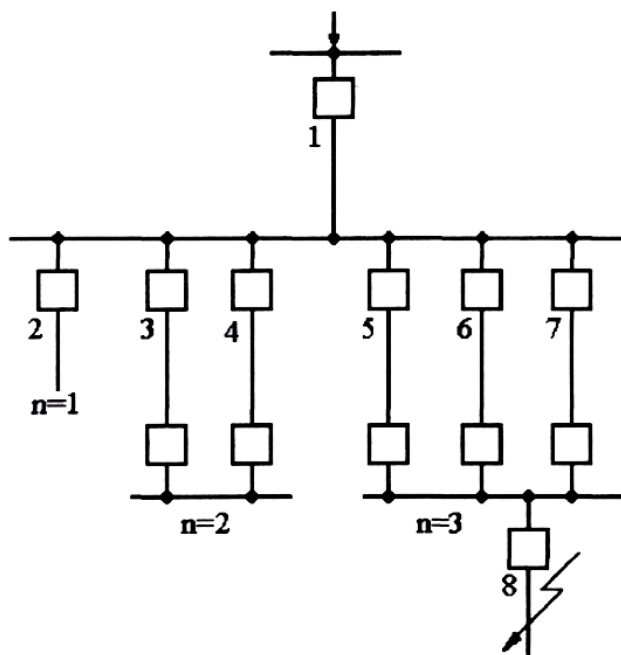


Рисунок 10.2 – Схема электрической сети с параллельно работающими предыдущими элементами 3, 4 и 5-7, поясняющая условие (2) согласования чувствительности максимальных токовых зашит последующих и предыдущих элементов

Например, для каждой из предыдущих линий 2-7 (рисунок 10.2) значения рабочего тока $I_{раб.макс}=100$ А; ток срабатывания у зашит линий 2-7 также одинаков:

$$I_{с.з.}=300 \text{ А.}$$

Тогда $\sum_{1}^n I_{с.з.пред.(n)}$ максимально для линий 5-7:

$$\sum_{1}^n I_{с.з.пред.макс(n)} = \sum_{1}^3 I_{с.з.пред.макс(3)} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ А,}$$

соответственно $\sum_{1}^{N-n} I_{раб.макс(N-n)}$ рассчитывается для линий 2-4:

$$\sum_{1}^{N-n} I_{раб.макс(N-n)} = \sum_{1}^{6-3} I_{раб.макс(6-3)} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ А.}$$

Ток срабатывания максимальной токовой зашит последующей линии 1 по условию (10.2) при $k_{н.с} = 1,1$ должен быть

$$I_{с.з.} \geq 1,1 \cdot (900 + 300) \geq 1320 \text{ А.}$$

Из полученных по выражениям (10.1) и (10.2) значений токов срабатывания зашит выбирается наибольшее, а затем определяется ток срабатывания реле $I_{с.р.}$ (ставка по току):

$$I_{C.P.} = I_{C.3} \cdot K_{CX} \quad (10.3)$$

где $I_{C.3}$ – ток срабатывания защиты, А (первичный);

K_{CX} – коэффициент схемы, показывающий во сколько раз ток в реле больше, чем ток во второй обмотке трансформатора тока при нормальном симметричном режиме работы защищаемого элемента, при схемах включения измерительных реле на фазные токи (полная и неполная «звезда»), значение этого коэффициента равно 1, а для схем, где измерительные реле включены на разность фазных токов (например «треугольник») равно 1,73;

Уставки защит от повышения тока $I_{уст}$ вводятся в устройство в относительных единицах по отношению к номинальному первичному току трансформатора тока $I_{ном}$:

$$I_{уст} = \frac{I_{C.P.}}{I_{ном}} \quad (10.4)$$

Оценка эффективности защиты производится с помощью коэффициента чувствительности $K_{чув}$:

$$K_{чув} = \frac{I_{р.мин}}{I_{с.р}}, \quad (10.5)$$

где $I_{р.мин}$ – минимальное значение тока в реле при наименее благоприятных условиях, А.

При определении значения этого тока необходимо учитывать вид и место КЗ, схему включения измерительных органов защиты, а также реально возможные минимальные режимы работы питающей энергосистемы, при которых токи КЗ имеют наименьшее значения.

Минимальные значения коэффициента чувствительности защит должны быть не менее чем требуется ПУЭ. Например, для максимальной токовой защиты они должны быть не менее 1,5 при КЗ в основной зоне защиты и около 1,2 при КЗ в зонах дальнего резервирования, т.е. на предыдущих (нижестоящих) элементах.

10.1.2 Расчёт токов срабатывания направленной МТЗ

Ток срабатывания направленной МТЗ выбирается практически точно также как и для ненаправленной, но в формуле (10.1) при определении максимального рабочего тока $I_{раб.макс}$ можно учитывать только максимальный режим, соответствующий направлению мощности от шин в линию.

10.1.3 Выбор времени срабатывания и времятоковой характеристики МТЗ

Выдержка времени защиты последующей линии Л2 (рисунок 10.1) выбирается большей, чем у защит предыдущих элементов, например, линии Л1:

$$t_{с.з.посл} = t_{с.з.пред} + \Delta t, \quad (10.6)$$

где Δt – ступень селективности или ступень времени.

Значение Δt определяется по формуле:

$$\Delta t = t_{о.м.} + t_{р.посл.} + t_{р.пред.} + t_{зап}, \quad (10.7)$$

где $t_{о.м.}$ – полное время отключения КЗ выключателем от подачи

оперативного тока на электромагнит отключения до окончания гашения дуги с учётом разброса по времени $\pm 10\%$;

$t_{р.посл.}$ и $t_{р.пред.}$ – времена разброса защит, последующей и предыдущей (время разброса для устройств МР5 $t_p = 50$ мс);

$t_{зап}$ – время запаса.

Недостатком максимальных токовых защит является «накопление» выдержек времени, особенно существенное для головных элементов в многоступенчатых электрических сетях. Применение более

точных цифровых реле позволяет снизить ступени селективности. Для защит на устройствах МР5 можно принимать ступени селективности $\Delta t = 0,15 \div 0,2$ с (при условии, что на всех смежных линиях используются подобные реле с независимыми времятоковыми характеристиками и однотипные выключатели).

При согласовании микропроцессорной защиты с защитами, использующими реле РВ и ЭВ-110 и 120 (пределы измерений 1,3 и 3,5 с) или с защитами, имеющими полупроводниковые органы выдержки времени, принимается значение $\Delta t = (0,3 \div 0,4)$ с.

При согласовании времятоковых характеристик устройств МР5 с характеристиками предохранителей рекомендуется принимать ступень селективности 0,4 с. Для защит с электромеханическими реле, имеющими зависимую характеристику времени срабатывания, $\Delta t = 0,5$ с (РТ-80, РТ-90) и $\Delta t = 0,7$ с (РТВ).

В ряде случаев существенное снижение времени отключения КЗ достигается путем использования токовых защит с обратнoзависимыми от тока времятоковыми характеристиками. При одном и том же значении тока КЗ, проходящего через две смежные защиты с разными токами срабатывания, эти защиты имеют различное время срабатывания по причине разной кратности тока в их измерительных органах. Использование обратнoзависимых времятоковых характеристик реле позволяет лучше согласовать время действия последующей релейной защиты с предыдущим защитным устройством с зависимой времятоковой характеристикой.

Графики зависимой времятоковой характеристика приведены на рисунке 10.3а.

При выборе защиты с зависимой от тока выдержкой времени, время срабатывания t_{cp} , мс, определяется формулой:

$$t_{cp} = \frac{10k}{\frac{I_{ex}}{I_{cp}} - 0,6}, \quad (10.7a)$$

где k – коэффициент, характеризующий вид зависимой характеристики (принимает значения от 0 до 4000);

$I_{вх}$ – входной фазный ток устройства;

I_{cp} – величина тока уставкi зависимой от тока ступени МТЗ.

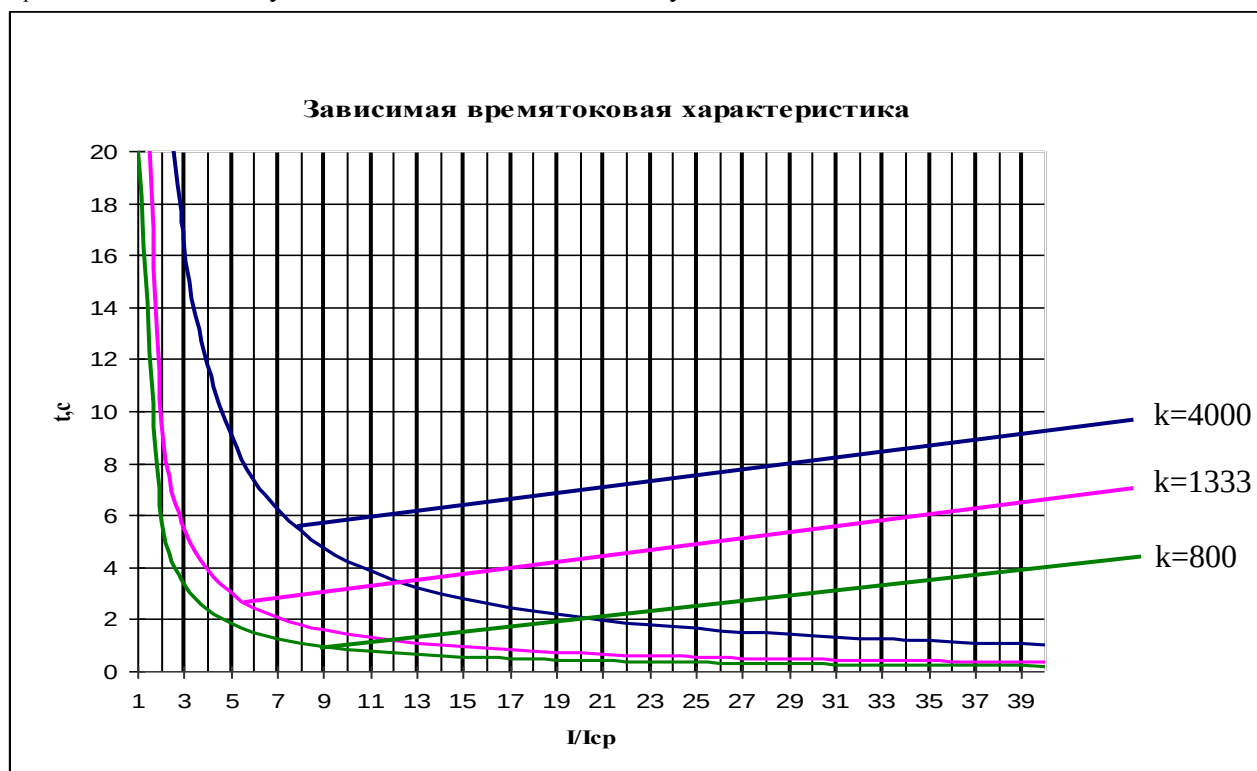


Рисунок 10.3а – Графики зависимой характеристики

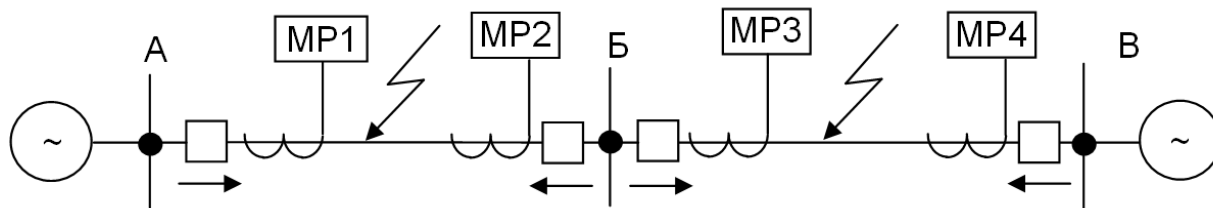


Рисунок 10.36 – К выбору уставок по времени направленных МТЗ

При расчёте времени срабатывания направленной МТЗ руководствуются встречно-ступенчатым принципом. Все защиты разбиваются на две группы (MP3, MP1 и MP2, MP4, см. рисунок 10.36), не связанные между собой выдержками времени. В пределах каждой группы выдержки времени выбираются как у ненаправленной МТЗ по ступенчатому принципу:

$$t_4 = t_2 + \Delta t \text{ и } t_1 = t_3 + \Delta t.$$

Важно! Для правильного определения направления необходимо задавать уставку по времени не менее 10 мс.

10.1.4 Расчёт угла максимальной чувствительности

В терминалах защиты энергооборудования МР5 определение направления мощности производится по 90°-градусной схеме, т.е. для построения измерительного органа ступени используются следующие сочетания токов и напряжений: **I_a** и **U_{bc}**, **I_b** и **U_{ca}**, **I_c** и **U_{ab}**, при этом напряжение поляризации поворачивается на 90° против часовой стрелки. Зона срабатывания ступени задаётся с помощью угла максимальной чувствительности (МЧ), откладываемого в направлении против часовой стрелки от напряжения поляризации (на рисунке 10.4 это напряжение **U_{bc}**, в симметричном режиме оно совпадает по направлению с **U_a**).

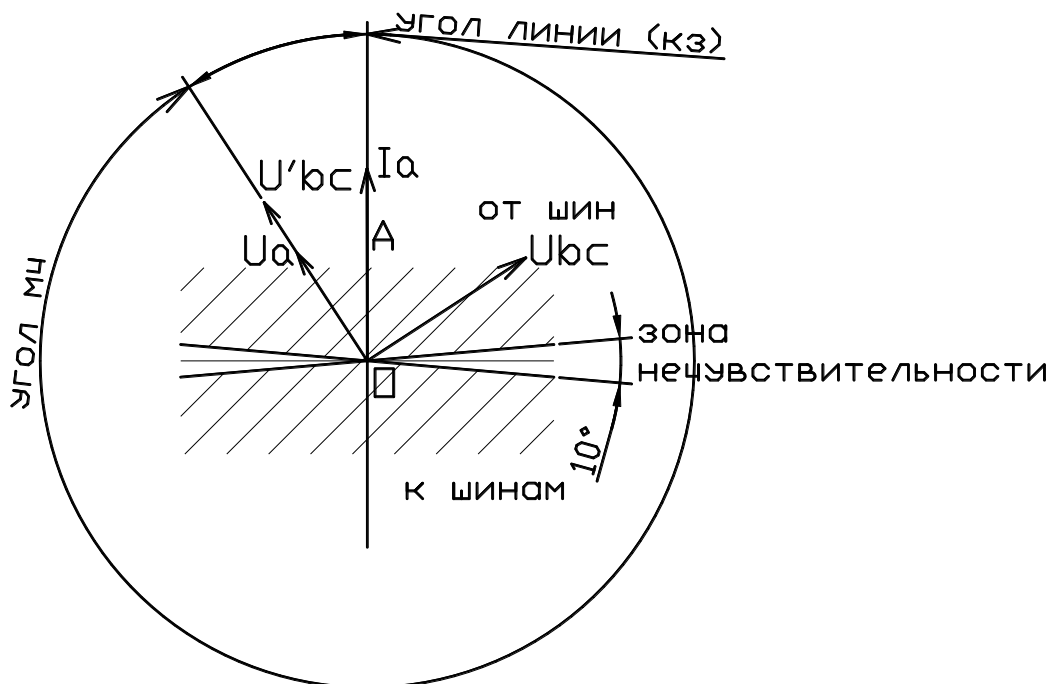


Рисунок 10.4 – К определению угла максимальной чувствительности

Уставка угла максимальной чувствительности должна быть такой, чтобы ток короткого замыкания на линии лежал на линии максимальной чувствительности ОА, т.е. для активно-индуктивной цепи:

$$\varphi_{МЧ} = 360 - \varphi_L, \quad (10.8)$$

где $\varphi_L = \arctg \frac{X_L}{R_L}$ – угол линии.

10.1.5 МТЗ с пуском по напряжению

Принцип действия МТЗ с пуском по напряжению основывается на том, что в режиме КЗ происходит снижение напряжения. Поэтому, используя пусковой орган по напряжению, можно отличать режимы перегрузки и самозапуска от режима КЗ.

Используя функцию блокировки ступени от сигнала на дискретном входе в устройствах МР5 можно реализовать МТЗ с пуском по напряжению. Токовая уставка такой защиты выбирается исходя из условия отстройки от максимального тока нормального режима без учёта перегрузки и самозапуска двигателей:

$$I_{уст} = \frac{k_H \cdot \kappa_{CX}}{k_B \cdot n_T} \frac{I_{раб.макс}}{I_{НОМ}}. \quad (10.9)$$

На дискретный вход подаётся сигнал пуска от реле минимального напряжения. Защита не должна действовать при минимальном уровне рабочего напряжения и подействовав при внешнем КЗ реле должно разомкнуть свои контакты после отключения повреждённого участка:

$$U_{уст} = \frac{U_{лин.раб.мин}}{k_H \cdot k_B \cdot n_H}, \quad (10.10)$$

где $U_{лин.раб.мин}$ – минимальное линейное рабочее напряжение;

k_H – коэффициент надежности (k_H принимается равным 1,1÷1,2);

k_B – коэффициент возврата реле (для устройств МР5 $k_B=1,02$).

Примечание. При использовании ступени защиты с пуском по напряжению следует учитывать то, что при снижении напряжения пуска ниже 5 В ступень защиты блокируется, т.е. вблизи места установки защита имеет «мёртвую» зону. Эту зону рекомендуется защищать токовой отсечкой без пуска по напряжению.

10.1.6 Ускорение максимальной защиты при включении выключателя

В устройствах МР5 предусматривается ускорение максимальной защиты при включении выключателя.

Согласно ПУЭ защиту целесообразно ускорять, если выдержка времени максимальной защиты превышает 1 с. Каких-либо дополнительных расчетов для обоснования возможности ввода ускорения не требуется. *Выдержка 0,5 с обеспечивает отстройку ускоряемой ступени от всех переходных процессов. Достаточным временем использования данной функции для определения включения на короткое замыкание можно считать 1 с.*

10.2 Рекомендации по расчету уставок токовых отсечек

10.2.1 Расчет тока срабатывания селективной токовой отсечки без выдержки времени

Селективность токовой отсечки мгновенного действия обеспечивается выбором её тока срабатывания $I_{с.о}$ большим, чем максимальное значение тока КЗ $I_{к.макс}$ при повреждении в конце защищаемой линии электропередачи (точки КЗ и К5 на рисунке 10.5) или на стороне НН защищаемого понижающего трансформатора:

$$I_{с.о} \geq k_H \cdot I_{к.макс} \quad (10.11)$$

Коэффициент надёжности k_H для токовых отсечек без выдержки времени, установленных на линиях электропередачи и понижающих трансформаторах, при использовании устройств МР5, может приниматься в пределах от 1,1 до 1,15.

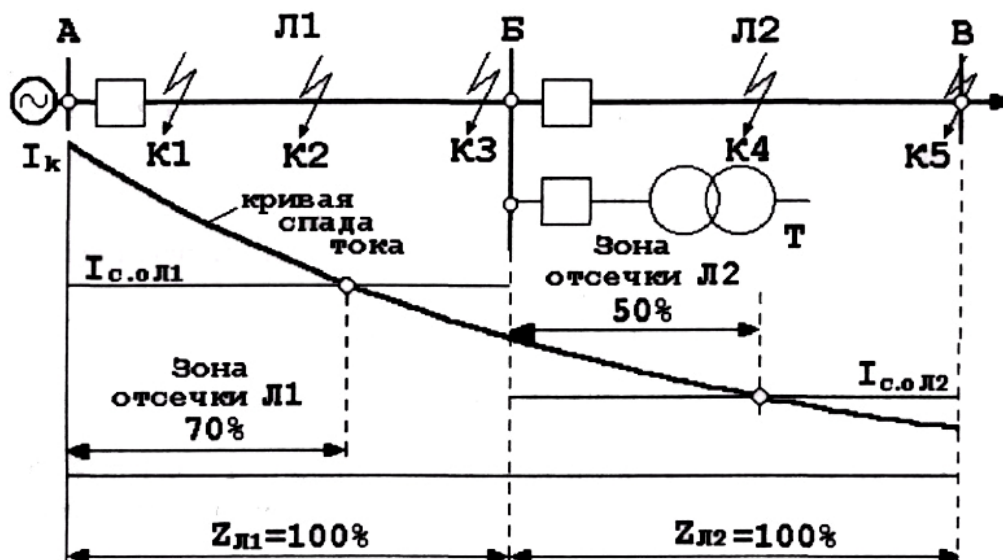


Рисунок 10.5 – Пример графического определения зон действия отсечек на линиях электропередачи

При определении максимального значения тока КЗ при повреждении в конце линии электропередачи напряжением 35 кВ и ниже рассматривается трёхфазное КЗ при работе питающей энергосистемы в максимальном режиме, при котором электрическое сопротивление энергосистемы является минимальным. Определение максимального тока трёхфазного КЗ за трансформатором с регулированием напряжения необходимо производить при таком положении регулятора напряжения, которое соответствует наименьшему сопротивлению трансформатора.

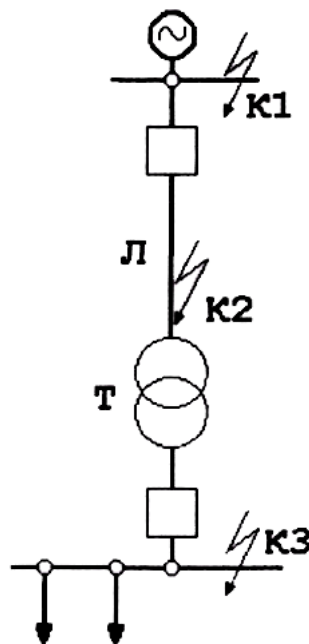


Рисунок 10.6 – Характерные точки КЗ для расчетов токовых отсечек на понижающих трансформаторах и блоках линия-трансформатор

Кроме отстройки токовой отсечки от максимального значения тока КЗ по условию (10.11), необходимо обеспечить её несрабатывание при бросках тока намагничивания (БТН) силовых трансформаторов. Эти броски тока возникают в момент включения под напряжение ненагруженного трансформатора и могут в первые несколько периодов превышать номинальный ток трансформатора в 5-7 раз. Однако выбор тока срабатывания отсечки трансформатора по условию (10.11) как правило, обеспечивает и отстройку от бросков тока намагничивания.

При расчете токовой отсечки линии электропередачи, по которой питается несколько трансформаторов, необходимо в соответствии с условием (10.11) обеспечить несрабатывание отсеч-

ки при КЗ за каждым из трансформаторов на ответвлениях от линии (если они имеются) и дополнительно проверить надёжность несрабатывания отсечки при суммарном значении бросков тока намагничивания всех трансформаторов, подключённых как к защищаемой линии, так и к предыдущим линиям, если они одновременно включаются под напряжение. Условие отстройки отсечки от бросков тока намагничивания трансформаторов имеет вид:

$$I_{c.o} \geq k_H \sum I_{ном.тр}, \quad (10.12)$$

где $\sum I_{ном.тр}$ – сумма номинальных токов всех трансформаторов, которые могут одновременно включаться под напряжение по защищаемой линии;

k_H – коэффициент надёжности, значение которого зависит от времени срабатывания токовой отсечки ($k_H=5$).

В устройствах МР5 несрабатывание мгновенной ступени при БТН трансформаторов может обеспечиваться:

- либо введением небольшой задержки (0,1 с), тогда k_H в выражении (10.12) может приниматься равным $3 \div 4$,
- либо путём использования специального переключателя, с помощью которого можно обеспечить при включении линии автоматическое удвоение уставки отсечки по току; при этом в выражении (10.12) следует учитывать лишь половину суммы номинальных токов всех трансформаторов.

При необходимости можно использовать оба мероприятия, т.е. небольшое замедление и автоматическое удвоение уставки по току.

На линиях 10 и 6 кВ с трансформаторами на ответвлениях, которые защищаются плавкими предохранителями (например, типа ПКТ-10), в условии (10.11) значение $I_{к.макс}$ должно соответствовать току трёхфазного КЗ за наиболее мощным из трансформаторов. Далее следует определить время плавления вставок предохранителей этого трансформатора при расчетном токе КЗ, равном току срабатывания отсечки, выбранному из условий (10.11) и (10.12). Для учёта допускаемого стандартом разброса времятоковых характеристик плавких предохранителей ПКТ следует значение этого тока уменьшить на 20%: $I_{рас} = I_{c.o}/1,2$.

Если время плавления $t_{пл} \leq 0,1$ с, то отсечка с таким током срабатывания может быть использована, но при условии, что защищаемая линия имеет устройство автоматического повторного включения (АПВ). Если $t_{пл} \geq 0,1$ с, то следует либо увеличить ток срабатывания отсечки до такого значения, при котором обеспечивается расплавление вставок предохранителей до момента отключения защищаемой линии (т.е. не более 0,1 с), либо увеличить время срабатывания отсечки.

Уставки защит от повышения тока вводятся в устройство в виде значений, рассчитанных по формулам (10.3) и (10.4).

Чувствительность токовых отсечек оценивается коэффициентом чувствительности, требуемые значения которых указаны в ПУЭ, а также протяжённостью защищаемой части линии электропередачи. Коэффициент чувствительности определяется по выражению (10.5).

Для токовых отсечек, устанавливаемых на понижающих трансформаторах и выполняющих функции основной быстродействующей токовой защиты (при отсутствии дифференциальной защиты), чувствительность определяется по току наиболее неблагоприятного вида повреждения – как правило, двухфазного КЗ на выводах ВН трансформатора (точка К2 на рисунке 10.6) в минимальном, но реально возможном режиме работы энергосистемы. Значение коэффициента чувствительности должно быть около 2,0. Такие же требования существуют для токовых отсечек на блоках линия-трансформатор.

Для токовых отсечек без выдержки времени, устанавливаемых на линиях электропередачи и выполняющих функции дополнительных защит (рисунок 10.5), коэффициент чувствительности должен быть около 1,2 при КЗ в месте установки отсечки в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

Для оценки эффективности токовой отсечки, установленной на линии электропередачи, полезно определить зону действия отсечки в процентах от всей длины линии. Протяжённость зоны действия отсечки зависит от характера изменения расчетных значений тока при перемещении

точки КЗ вдоль защищаемой линии. По нескольким значениям тока КЗ строится кривая спада тока (рисунок 10.5). Могут быть построены две кривые: для трёхфазных КЗ в максимальном режиме работы энергосистемы и для двухфазных КЗ в минимальном режиме. Следует учитывать, что погрешность трансформатора тока не должна превышать 10%, с увеличением погрешности трансформаторов тока зона действия отсечки уменьшается.

10.2.2 Отсечка с выдержкой времени на линиях электропередачи

Небольшая выдержка времени позволяет задержать срабатывание отсечки последующей линии (Л1 на рисунке 10.5) при КЗ на предыдущей линии Л2 для того, чтобы успела сработать мгновенная отсечка повреждённой линии Л2. Для отсечки с небольшой выдержкой времени можно выбрать значительно меньшее значение тока срабатывания по сравнению с током срабатывания мгновенной отсечки по нескольким причинам.

Выдержка времени отсечки рассчитывается следующим образом:

$$t_{сз(тов)} = t_{сз(то)} + \Delta t, \quad (10.13)$$

где $t_{сз(то)}$ - время срабатывания отсечки без выдержки времени;

Δt - ступень селективности.

Ток срабатывания по выражению (10.11) выбирается из условия отстройки от токов при КЗ в более удалённых точках, например при КЗ в конце зоны действия мгновенной отсечки предыдущей линии Л2 (рисунок 10.5), при КЗ за трансформатором приёмной подстанции или трансформатором на ответвлении защищаемой линии, имея в виду, что трансформаторы оборудованы быстродействующими защитами. Можно выбирать ток срабатывания отсечки с выдержкой времени на последующей линии по выражению (10.2), т.е. по условию согласования чувствительности с мгновенной отсечкой на предыдущей линии. Пример карты селективности приведён на рисунке 10.7.

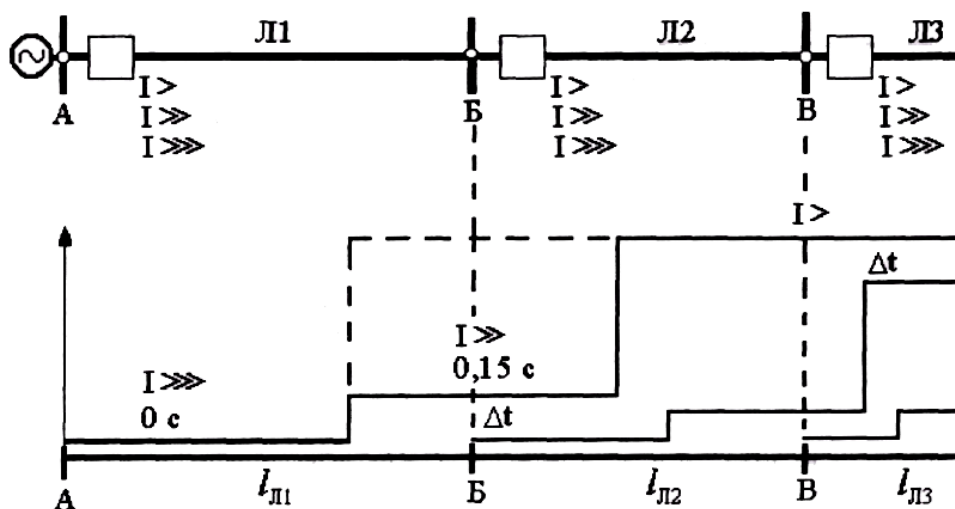


Рисунок 10.7 – Расчетная схема и карта селективности ступенчатых токовых защит линии

Как видно из рисунка 10.7, именно средняя ступень трёхступенчатой токовой защиты ($I>>$) может значительно ускорить отключение КЗ на линии.

В дополнение к этому нужно отметить, что для отсечек с замедлением не требуется выполнения условия (10.12) отстройки отсечки от бросков тока намагничивания трансформаторов, поскольку эти токи быстро затухают. На линиях с трансформаторами на ответвлениях при выполнении защиты трансформаторов с помощью плавких предохранителей (например, типа ПКТ-10 или ПСН-35) и при КЗ в трансформаторе селективность между плавкими предохранителями и токовой отсечкой питающей линии можно обеспечить благодаря замедлению действия отсечки.

10.3 Пример расчета уставок для направленной МТЗ с зависимой время-токовой характеристикой

Требуется рассчитать уставки для направленной защиты, установленной на подстанции В (рисунок 10.7), имеющей двухстороннее питание. Максимальный рабочий ток подстанции $I_{\text{раб.макс}} = 100$ А. Связь между источниками питания и подстанцией осуществляется воздушными линиями электропередач, выполненными проводами марки АС-70/11 со следующими параметрами:

-удельное активное сопротивление провода $r_{\text{л}} = 0,468$ Ом/км;

-удельное индуктивное сопротивление провода $x_{\text{л}} = 0,378$ Ом/км.

Рассчитывается ток срабатывания для направленной МТЗ:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,1 \cdot 1,2}{0,95} \cdot 100 = 139 \text{ А} \quad (10.14)$$

Выбирается время срабатывания защиты для МТЗ с зависимой времятоковой характеристикой:

$$t_{\text{ср}} = \frac{10 \cdot k}{\frac{I_{\text{вх}}}{I_{\text{ср}}} - 0,6}, \quad (10.15)$$

где k – коэффициент, характеризующий вид зависимой характеристики (принимает значения от 0 до 4000);

$I_{\text{вх}}$ – входной фазный ток устройства;

$I_{\text{ср}}$ – величина тока уставки зависимой от тока ступени МТЗ.

$$I_{\text{ср}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{с.з}}}{n_{\text{т}}}, \quad (10.16)$$

где $k_{\text{сх}}$ – коэффициент схемы;

$n_{\text{т}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

За расчетный ток через защиту принимается максимальное значение тока при КЗ в начале предыдущей линии АБ (230 А). Таким образом:

$$I_{\text{расч}} = 230 \text{ А}$$

Время срабатывания защиты АБ при КЗ в начале защищаемой линии ($I_{\text{к.макс}}=230\text{А}$) определяется по типовой характеристике реле РТ-80 равным $t_{\text{с.з.1}}=0,65$ с.

Принимая $\Delta t=0,5$ с, получаем, что для устройства МР4 $t_{\text{с.з.2}}=0,65 + 0,5= 1,15$ с при $I_{\text{расч}} = 230$ А.

В соответствии с (10.7а) рассчитывается коэффициент k для характеристики защиты БВ:

$$k = \frac{t_{\text{с.з.2}} \cdot \left(\frac{I_{\text{расч}}}{I_{\text{с.з.2}}} - 0,6 \right)}{10} = \frac{1,15 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{230}{139} - 0,6 \right)}{10} = 121, \quad (10.17)$$

и строится времятоковая характеристика устройства МР5 (см. рисунок 10.7а).

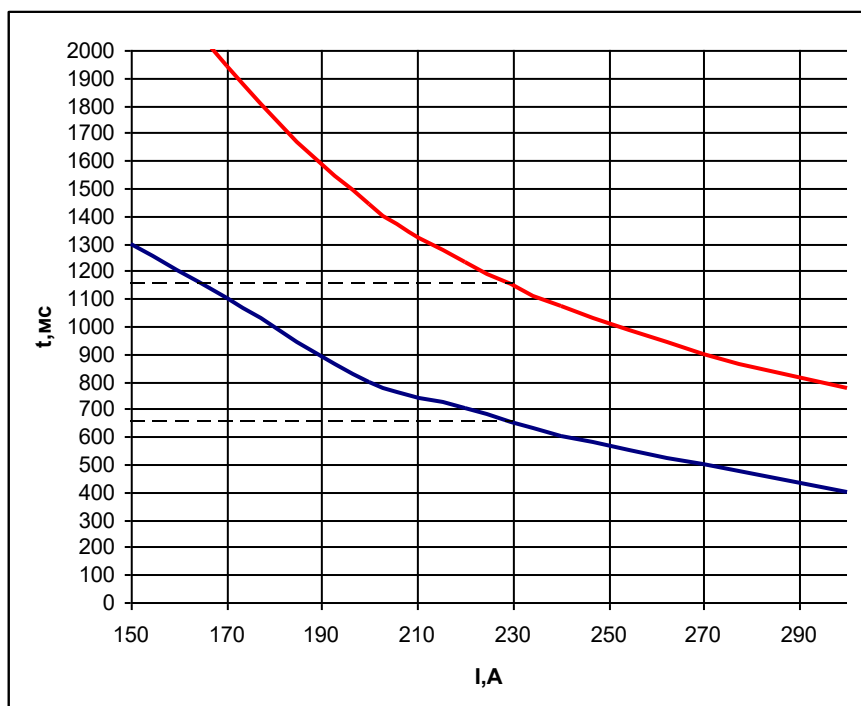


Рисунок 10.7а - Пример согласования характеристик устройств МР5 и дискового индукционного реле РТ-80 для направленной МТЗ

Определяется угол максимальной чувствительности:

$$\varphi_{МЧ} = 360 - \varphi_{Л}, \quad (10.18)$$

где $\varphi_{Л} = \arctg \frac{X_{Л}}{R_{Л}} = \arctg \frac{l \cdot x_{Л}}{l \cdot r_{Л}} \arctg \frac{0,378}{0,468} = 39^{\circ}$ - угол линии.

$$\varphi_{МЧ} = 360 - \varphi_{Л} = 360 - 39 = 321^{\circ}$$

10.4 Примеры расчета рабочих уставок ступенчатых токовых защит линий от междофазных КЗ

Случай 1. На предыдущей (нижестоящей) линии Л1 установлена защита с индукционным реле РТ-80 с обратнозависимой времятоковой характеристикой (рисунок 10.8) с известными уставками, а на последующей (вышестоящей) линии 2 надо выбрать обратнозависимую характеристику МТЗ. Предположим, что ток срабатывания защиты 2 уже выбран по условиям (10.1), (10.2) и (10.5) и равен, например, 120 А (первичных).

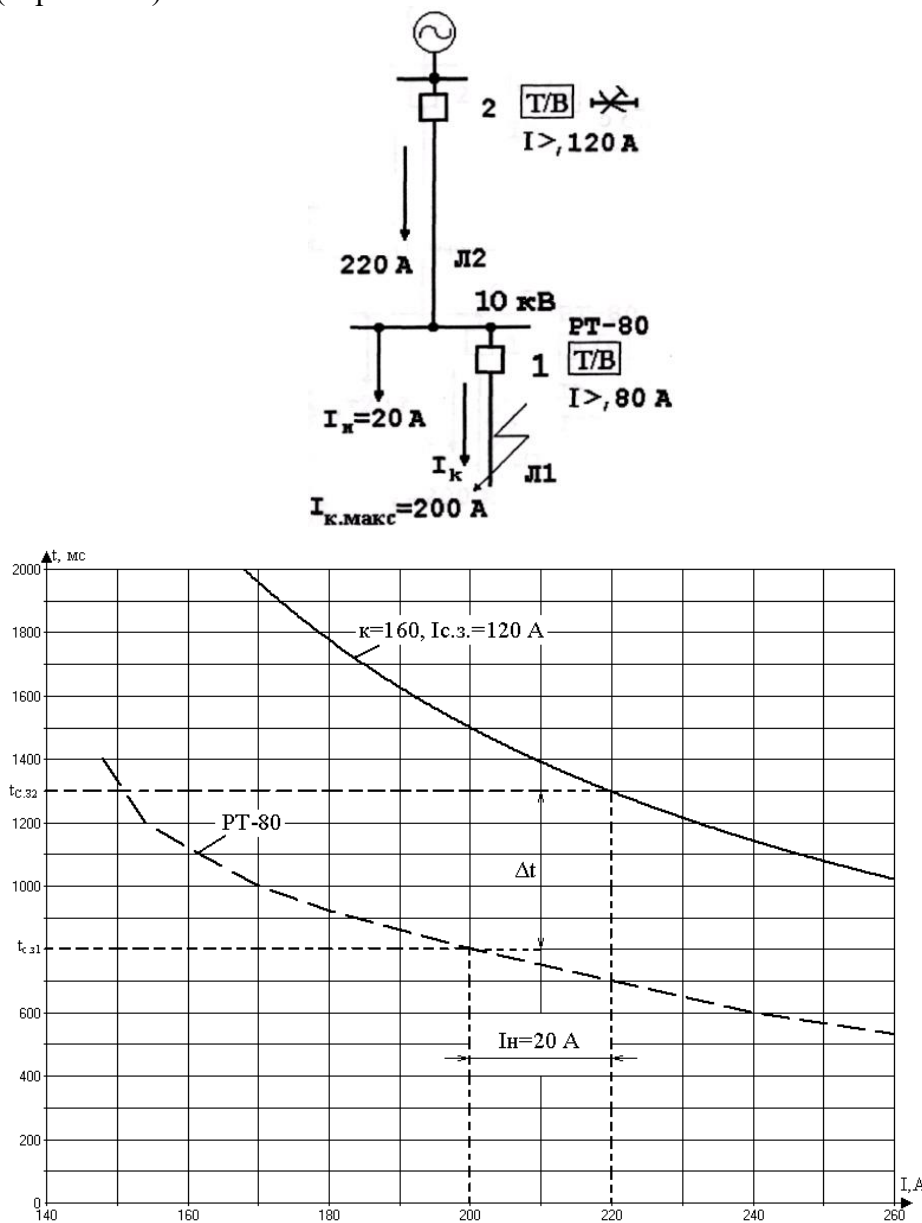


Рисунок 10.8 – Пример согласования характеристик устройств МР5 и дискового индукционного реле РТ-80

За расчетный ток через защиту 2 принимается сумма токов: максимальное значение тока при КЗ в начале предыдущей линии 1 (200 А) плюс ток нагрузки неповрежденных предыдущих линий (20 А). Таким образом:

$$I_{расч} = 200 + 20 = 220 \text{ А}$$

Время срабатывания защиты 1 при КЗ в начале защищаемой линии ($I_{к.макс} = 200\text{ А}$) определяется по типовой характеристике реле РТ-80 равным $t_{с.з.1} = 0,8\text{ с}$ (рисунок 10.8). Принимая $\Delta t = 0,5\text{ с}$, получаем, что для устройства МР5 $t_{с.з.2} = 0,8 + 0,5 = 1,3\text{ с}$ при $I_{расч} = 220\text{ А}$.

Выбирается коэффициент k для характеристики защиты 2 в соответствии с формулой (10.7а):

$$k = \frac{t_{с.з.2} \cdot \left(\frac{I_{расч}}{I_{с.з.2}} - 0,6 \right)}{10} = \frac{1,3 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{220}{120} - 0,6 \right)}{10} = 160, \quad (10.19)$$

По зависимости (10.7а) строим времятоковую характеристику МР5.

Случай 2 отличается от предыдущего случая 1 тем, что в реле РТ-80 защиты 1 введена в действие "отсечка" - электромагнитный элемент мгновенного действия ($I >>$) с током срабатывания, в 2 раза большим, чем ток срабатывания индукционного элемента ($I_{с.о} = 160\text{ А}$)

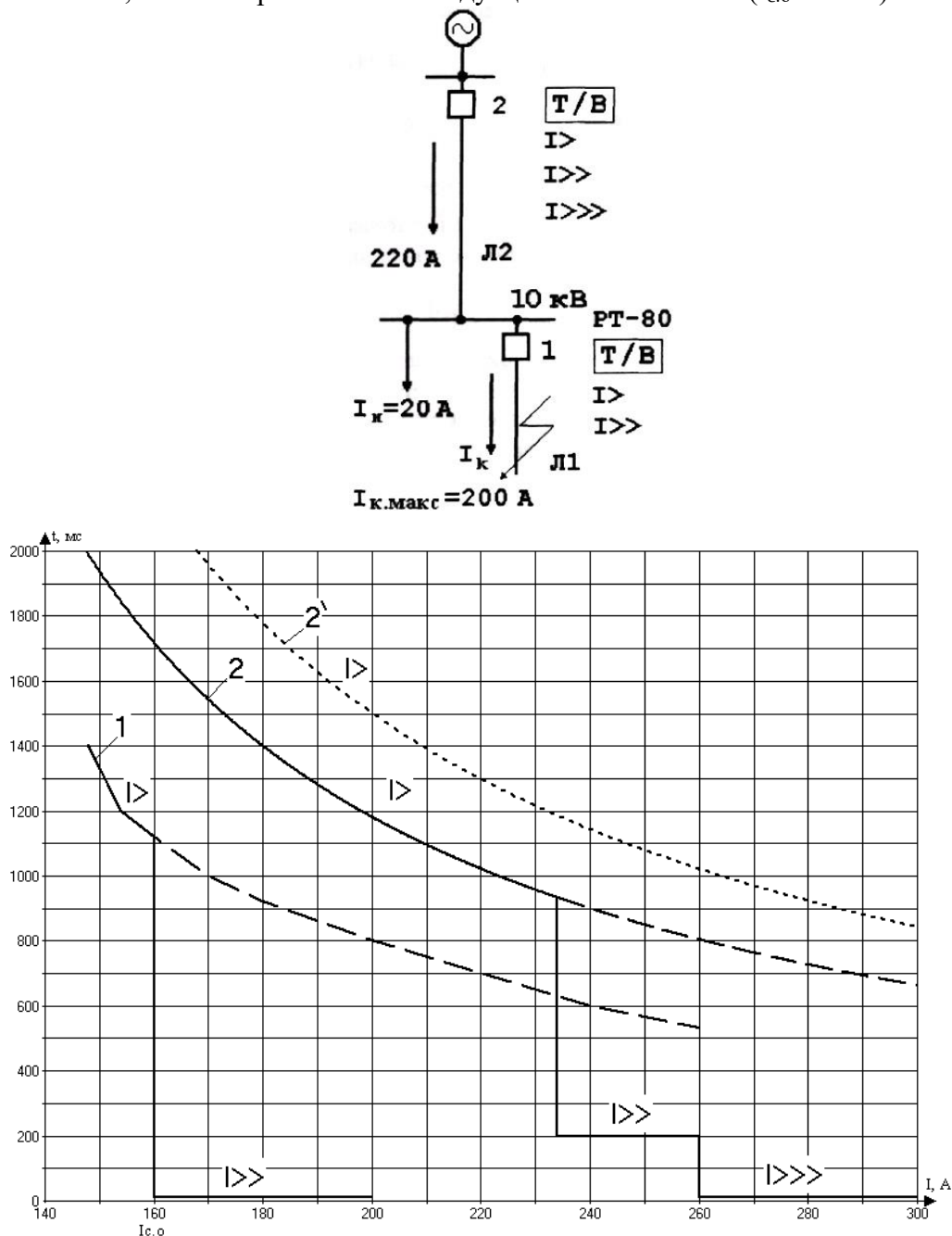


Рисунок 10.9 – Пример согласования характеристик МР и реле РТ-80 с использованием "отсечки"

Характеристика защиты 1 показана на рисунке 10.9.

Определяем время срабатывания МТЗ защиты 2 по условию:

$$t_{c.3.2} = t_{c.3.1} + \Delta t = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ с}, \quad (10.20)$$

где $t_{c.3.1}$ - время срабатывания защиты 1 при токе КЗ, равном току срабатывания отсечки в реле РТ-80, т.е. 160 А (рисунок 10.9).

Коэффициент k определяется по формуле (10.7а):

$$k = \frac{t_{c.3.2} \cdot \left(\frac{I_{расч}}{I_{c.3.2}} - 0,6 \right)}{10} = \frac{1,4 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{160 + 20}{120} - 0,6 \right)}{10} = 126, \quad (10.21)$$

Для сравнения показана характеристика защиты 2 из предыдущего случая 1, которая идет несколько выше (штрихпунктирная кривая 2'). Снижение времени срабатывания последующей защиты 2 достигнуто в данном случае благодаря наличию отсечки с $t_{c.0} = 0$ с у предыдущей защиты 1. Но ещё более значительное снижение времени срабатывания защиты 2 достигается построением двух или трехступенчатой токовой защиты.

Выбираем ток срабатывания для отсечки $I_{>>}$ защиты 2 по условию (10.2) согласования с отсечкой защиты 1:

$$I_{c.0.2} = \kappa_{н.с.} \cdot (I_{c.0.1} + I_n) = 1,3 \cdot (160 + 20) = 234 \text{ А}, \quad (10.22)$$

При выбранном токе срабатывания отсечка 2 оказывается недостаточно надёжно отстроенной от КЗ в начале предыдущей линии Л1:

$$k_n = \frac{I_{c.0.2}}{I_K} = \frac{234}{200} = 1,17, \quad (10.23)$$

Обычно считается достаточным $k_n > 1,2$. Поэтому следует ввести небольшое замедление действия этой отсечки, выбрав по выражению (10.9):

$$t_{c.0.2} = t_{c.0.1} + \Delta t = 0 + (0,2 \div 0,3) = (0,2 + 0,3) \text{ с}, \quad (10.24)$$

В устройстве МР5 имеется ещё одна отсечка $I_{>>>}$, для которой следует выбрать ток срабатывания по условию отстройки от максимального тока КЗ на Л1:

$$I_{c.0.3} \geq \kappa_n \cdot I_{K.макс} = 1,3 \cdot 200 = 260 \text{ А} \quad (10.25)$$

Характеристики защит показаны на рисунке 10.9.

Случай 3: на питающем элементе 2 (рисунок 10.10) установлена максимальная токовая защита с независимой характеристикой с заданными уставками: 600 А (первичных), 1 с.

Необходимо выбрать обратнoзависимую характеристику МТЗ устройства МР5 на предыдущей (нижестоящей) линии Л1, которая обеспечивала бы необходимую селективность с защитой питающего (вышестоящего) элемента 2.

Степень селективности Δt между характеристиками защит 2 и 1 должна обеспечиваться при токе КЗ, равном току срабатывания вышестоящей защиты 2 минус ток нагрузки неповрежденных элементов (рис. 10.10): $I_K = 600 - 200 = 400 \text{ А}$.

Время срабатывания защиты 1 при этом токе КЗ выбирается по условию селективности:

$$t_{c.3.1} = t_{c.3.2} - \Delta t = 1 - 0,3 = 0,7 \text{ с} \quad (10.26)$$

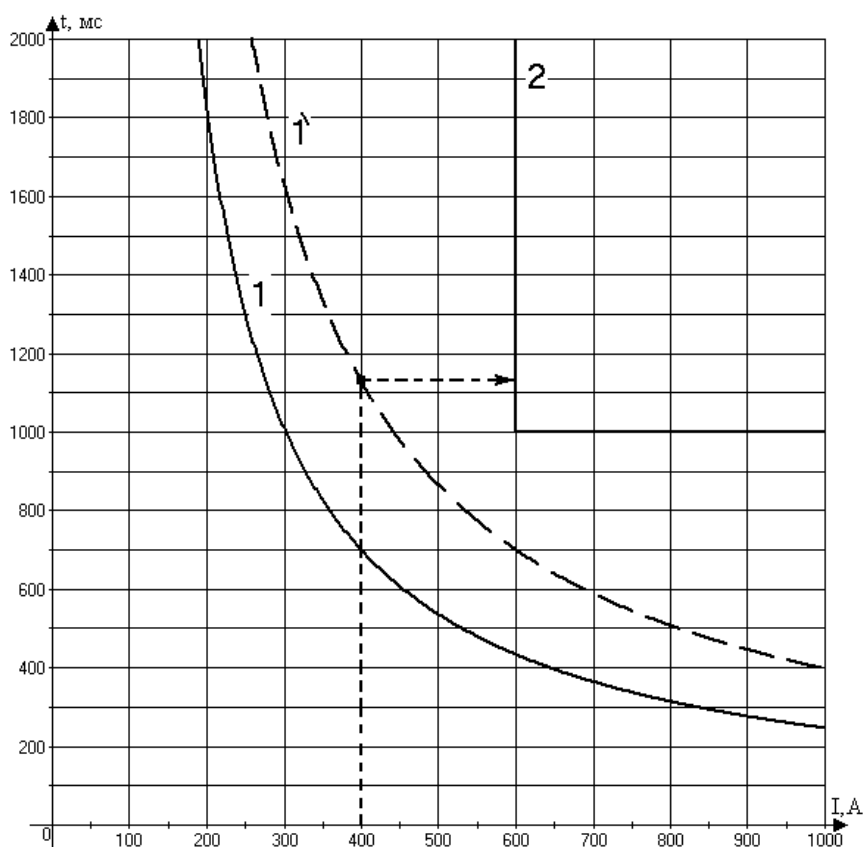
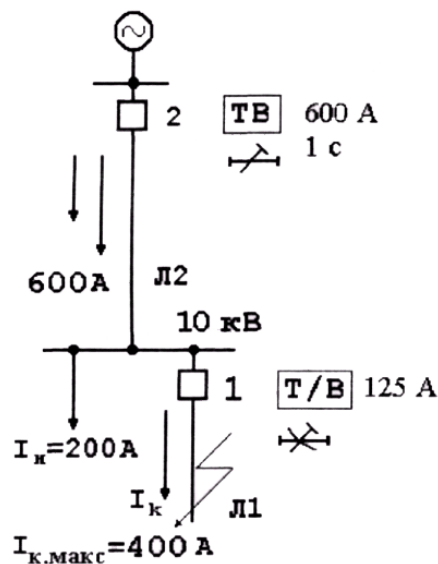


Рисунок 10.10 – Пример согласования обратозависимой характеристики устройства МР5 и независимой характеристики МТЗ последующего элемента

Предположим, что ток срабатывания защиты 1 не более 125 А. Для нее определяется по формуле (10.7а) коэффициент k :

$$k = \frac{t_{c.32} \cdot \left(\frac{I_{расч}}{I_{c.32}} - 0,6 \right)}{10} = \frac{0,7 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{400}{125} - 0,6 \right)}{10} = 182, \quad (10.27)$$

Кривая 1 построена на рисунке 10.10.

Учет влияния нагрузки очень важен для обеспечения селективной работы защит с обратозависимыми времятоковыми характеристиками, так как время срабатывания этих защит зависит от

значения проходящего тока. Если бы мы не учли влияние тока нагрузки неповрежденных линий (200 А в этом примере), то могли бы ошибочно выбрать контрольную точку с параметрами 0,7 с и 600 А и построить характеристику 1' (штриховая линия на рисунке 10.10). Однако при токе КЗ, равном 600 А, когда приходит в действие защита 2 и срабатывает через 1 с, через защиту 1 проходит не 600 А, а (600 - 200) А, т.е. 400 А. При этом токе время срабатывания защиты 1 с ошибочно выбранной характеристикой 1' будет более 1,1 с, и защита попросту не успеет сработать раньше, чем защита 2 (вышестоящая).

10.5 Рекомендации по расчёту уставок защиты от замыканий на землю

В электрических сетях 6-35 кВ, работающих с изолированной нейтралью, значения токов однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) невелики. Однако ОЗЗ представляют большую опасность для оборудования электрических сетей и для находящихся вблизи места ОЗЗ людей и животных. В связи с этим Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей требуют в одних случаях быстро автоматически отключать ОЗЗ, а в других - немедленно приступить к определению присоединения с ОЗЗ и затем отключать его.

10.5.1 Требования к защитам от замыканий на землю в сетях 6-35 кВ

В любых режимах работы нейтрали допускается действие защит от ОЗЗ только на сигнал, за исключением тех электроустановок, которые питают торфоразработки, карьеры, шахты, строительные механизмы и т.п. На таких объектах ОЗЗ сопровождаются высокими напряжениями прикосновения и шаговыми напряжениями, которые могут быть причиной несчастных случаев. Поэтому должна выполняться селективная защита от ОЗЗ с действием на отключение поврежденного присоединения без выдержки времени и еще дополнительная резервная защита, отключающая все источники питания (вводы) подстанции с небольшой задержкой (около 0,5 с).

При действии защиты на сигнал персонал обязан немедленно приступить к определению присоединения с ОЗЗ. При наличии селективной защиты на линиях это выполняется по показаниям сигнальных элементов, а при отсутствии селективной защиты - путем поочередного кратковременного отключения и включения линий и фиксации при этом напряжения нулевой последовательности.

Таким образом, защиты от ОЗЗ должны удовлетворять основным требованиям, которые предъявляются ко всем устройствам релейной защиты:

- селективность,
- быстродействие (особенно при необходимости отключения ОЗЗ),
- чувствительность,
- надежность.

Наряду с этим предъявляются требования, характерные для современных микропроцессорных защит (самодиагностика, запоминание событий, дистанционное получение информации и др.).

В устройствах МР5 реализованы четыре ступени защиты от замыканий на землю, которые могут срабатывать по измеренному или рассчитанному току нулевой последовательности основной частоты. Все ступени имеют независимую времятоковую характеристику, возможность пуска по напряжению и возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала.

Токовая защита, реагирующая на действующее значение полного тока нулевой последовательности промышленной частоты ($3I_0$), применяется в сетях 6-35 кВ, работающих в режиме "Изолированная нейтраль" и в режиме "Нейтраль, заземленная через резистор".

Выбор уставки защиты от замыканий на землю производится по следующим соображениям:

а) по условию несрабатывания при внешнем ОЗЗ:

$$I_{с.з} \geq k_H I_{с.фид.макс}, \quad (10.28)$$

где $I_{с.фид.макс}$ — емкостной ток замыкания на землю конкретного фидера;

k_H — коэффициент надежности (принимается равным 1,5 для защиты имеющей выдержку времени порядка 0,3 сек и более).

Если требуется нулевая выдержка времени, то k_H должен быть увеличен до 3-4 для отстройки от броска емкостного тока в переходном режиме замыкания на землю. Поскольку в большинстве случаев защита действует на сигнал, целесообразно ввести выдержку времени, чтобы не понижать чувствительность защиты.

б) по условию срабатывания (чувствительности):

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{с.}\Sigma}}{I_{\text{с.з}}}. \quad (10.29)$$

Коэффициент чувствительности $k_{\text{ч}}$ должен быть больше либо равен 1,25 для кабельных сетей, 1,5 для воздушных и 2,0 для защит от ОЗЗ двигателей с действием на отключение.

Уставка вводимая в устройство рассчитывается:

- для измеренного тока по нулевому каналу:

$$I_{\text{уст}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{I_{H_2} \cdot k_{\text{ТТП}}}, \quad (10.30)$$

где I_{H_2} - номинальный ток четвёртого измерительного токового входа (1 или 5 А);

$k_{\text{ТТП}}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности.

- для расчётного тока нулевой последовательности:

$$I_{\text{уст}} = \frac{I_{\text{с.з.}}}{3I_{\text{НОМ.ЛТ}}}, \quad (10.31)$$

где $I_{\text{НОМ.ЛТ}}$ - номинальный первичный ток фазного трансформатора тока.

Несмотря на меньшее влияние броска емкостного тока на работу цифровых реле при внешних ОЗЗ, не всегда возможно обеспечить селективность (избирательность) ненаправленной защиты в сети с изолированной нейтралью, особенно в сетях с нестабильной первичной схемой сети и, следовательно, периодически изменяющимися значениями собственных емкостных токов отдельных фидеров и суммарного емкостного тока, а также в сети с малым количеством фидеров. При резонансной настройке дугогасящей катушки данный принцип выполнения защиты от ОЗЗ вообще не может быть использован. Невозможно обеспечить селективную (избирательную) работу этого типа защиты в сетях с параллельно работающими фидерами 6(10) кВ и в сетях с еще более сложной конфигурацией.

Для сетей с компенсированной нейтралью вышеуказанный принцип не годится, так как величина тока на поврежденной линии может быть меньше, чем на неповрежденной, а направление этого тока может быть каким угодно. Для них используется тот факт, что реактор в нейтрали компенсирует только основную гармонику тока, а высшие гармоники остаются. Величина тока высших гармоник не постоянна, а зависит от схемы сети, тока нагрузки, уровня напряжения на шинах, поэтому величина тока в защите колеблется и, в общем случае, оценка чувствительности защиты по абсолютному замеру тока невозможна. Часто единственным методом настройки такой защиты является опыт замыкания на землю, при котором определяются величины токов высших гармоник на поврежденном и неповрежденных фидерах. Наибольший эффект при применении метода высших гармоник, дает принцип сравнения величины тока на фидерах. Его можно организовать на подстанционном уровне управления. В любом случае величина тока высших гармоник на поврежденном фидере больше, чем на неповрежденном.

Величина уставки защиты от повышения тока высшей гармоники может быть рассчитана следующим образом:

$$I_{\text{уст.}} = k_H \frac{I_{\text{Г.ИЗМ}}}{I_{\text{НОМ}}}, \quad (10.32)$$

где k_H – коэффициент надёжности ($k_H=3-3,5$);

$I_{\text{Г.ИЗМ}}$ – ток высшей гармоники, измеренный в месте установки защиты, в нормальном режиме.

10.5.2 Расчёт уставок направленной защиты от замыканий на землю в сетях 6–35 кВ

10.5.2.1 Выбор угла максимальной чувствительности

Для защит нулевой последовательности, реагирующих как на активную, так и на емкостную составляющие токов замыкания на землю, угол максимальной чувствительности $\varphi_{мч} = 45^\circ$ (рисунок 10.11).

Для защит нулевой последовательности, реагирующих на активную составляющую токов замыкания на землю, угол максимальной чувствительности $\varphi_{мч} = 0^\circ$.

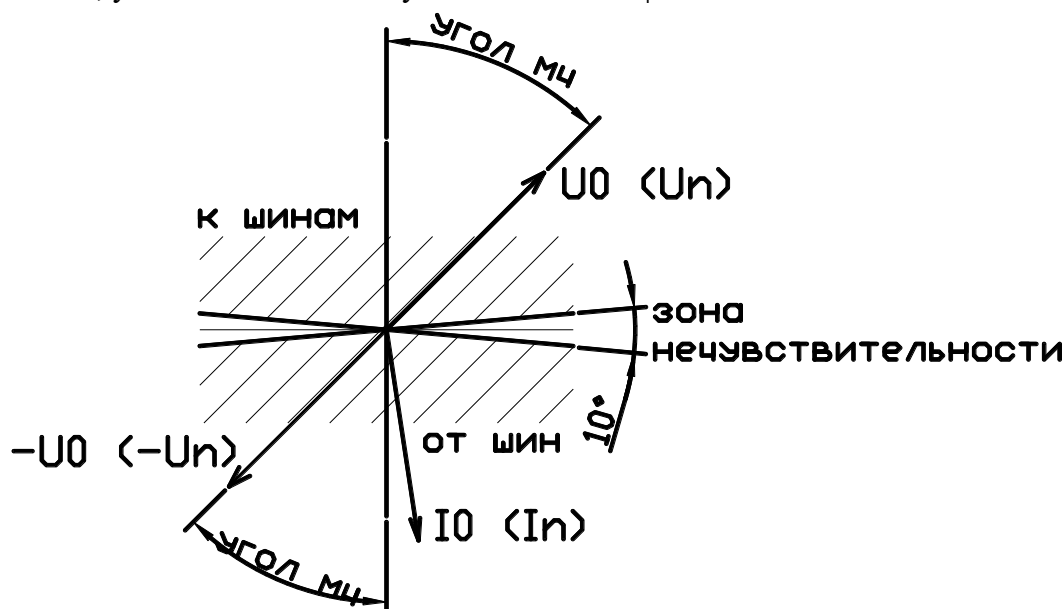


Рисунок 10.11 – Зона срабатывания направленной защиты от замыканий на землю

10.5.2.2 Выбор уставки по току срабатывания

Минимальный ток срабатывания направленных токовых защит не требуется отстраивать от емкостного тока защищаемого присоединения при внешнем замыкании на землю. Его надо отстраивать от суммарного максимального тока небаланса $I_{нб}$, который может протекать по рассматриваемому устройству защиты при внешнем ОЗЗ и вектор которого может располагаться в пределах зоны срабатывания защиты:

$$I_{сз\min} = k_n \cdot I_{нб} \quad , \quad (10.33)$$

где k_n – коэффициент запаса, значение которого можно принять равным 1,1–1,15.

Отстроиться от экстремальных небалансов, возникающих, например, при явлениях ферро-резонанса, как правило, не удастся, но от «рядовых» небалансов отстроиться необходимо. Сложность в том, что в процессе проектирования защиты обычно нет достаточной информации для вычисления некоторых составляющих суммарного небаланса и определять ток небаланса чаще приходится уже в процессе эксплуатации, когда необходимая информация доступна.

В процессе проектирования защиты можно исходить из обратного: обеспечения необходимой чувствительности:

$$I_{сз\min} = \frac{I'_{сз}}{k_q} \quad , \quad (10.34)$$

где k_q – нормируемый коэффициент чувствительности ($k_q = 1,5–2$);

$I'_{сз}$ – суммарный минимальный емкостный ток сети за вычетом емкостного тока защищаемого присоединения в реальном «минимальном» режиме сети.

В процессе эксплуатации придется убедиться в том, что выбранное по условию (10.34) значение $I_{сз\min}$ соответствует также условию (10.33), т.е. защита не сработает излишне при внешних замыканиях на землю от реально существующих в сети небалансов.

При расчете уставок защиты воздушной линии, кроме соблюдения условий (10.33), (10.34), необходимо рассчитать максимальное переходное сопротивление $R_{пер}$, при котором защита будет способна отключить замыкание на землю и проверить, соответствуют ли они условиям эксплуатации. Желательно, чтобы защита была способна «чувствовать» замыкание на землю через переходное сопротивление порядка 3–5 кОм.

10.5.2.3 Выбор уставки по напряжению срабатывания защиты

Опыт показывает, что небаланс по напряжению нулевой последовательности чрезвычайно редко (при отсутствии феррорезонанса) превышает значение 2,5 В. В связи с этим можно принять $U_{сз\min} = (5...7,5)$ В. При этом следует иметь в виду, что устройство МР5 будет чувствительнее стандартных устройств сигнализации по $3U_0$, имеющих уставку порядка 20 В. Т.е., например, при срабатывании устройства МР5 на сигнал, устройство сигнализации может и не сработать.

10.6 Рекомендации по расчёту уставок защиты от повышения тока обратной последовательности

Устройства МР5 имеют две ступени с независимыми выдержками времени. Каждая ступень имеет возможность блокировки от внешнего дискретного сигнала (пуска от инверсного сигнала), пуска по напряжению обратной последовательности.

Повышенные уровни несимметрии питающего напряжения опасны для двигателей увеличением уровня вибрации и нагрева. Завод-изготовитель двигателя обычно устанавливает допустимые значения токов обратной последовательности. В этом случае расчётные выражения для уставок защиты обратной последовательности строятся на основе паспортных данных двигателя.

Пример. Рассчитать уставки защиты от повышения тока обратной последовательности для двигателя с $I_{\text{НОМ}}=545$ А, с длительно допустимым током обратной последовательности $I_{\text{ДЛ.ДОП2}} = 0,11 \cdot I_{\text{НОМ}}$ и током обратной последовательности, допустимым на время 1 с $I_{\text{ВР.ДОП2}} = 0,55 \cdot I_{\text{НОМ}}$. Трансформатор тока с $k_{\text{ТТ}}=600/5$.

Величина уставки, действующей на сигнал:

$$I_{\text{уст>}} = \frac{I_{\text{ДЛ.ДОП2}}}{I_{\text{Н.МТЗ}}} \cdot \frac{1}{k_{\text{ТТ}}} = \frac{0,11 \cdot 545}{5} \cdot \frac{5}{600} = 0,1$$

Величина уставки защиты с выдержкой времени, действующей на отключение:

$$I_{\text{уст>>}} = \frac{I_{\text{ВР.ДОП2}}}{I_{\text{Н.МТЗ}}} \cdot \frac{1}{k_{\text{ТТ}}} = \frac{0,55 \cdot 545}{5} \cdot \frac{5}{600} = 0,5$$

Если ступень от повышения тока обратной последовательности используется для быстродействующего отключения при сильной несимметрии, то ее уставка срабатывания должна быть установлена равной 60% от величины номинального фазного тока. Это позволит обеспечить срабатывание ступени при полном обрыве одной фазы. С другой стороны, обрыв фазы мог бы быть воспринят как междуфазное КЗ, поэтому величина выдержки времени этой ступени должна быть согласована с защитами от коротких замыканий. Значение тока обратной последовательности относительно фазного тока при обрыве одной фазы равно:

$$I_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{\text{нагр}} = 0,58 I_{\text{нагр}},$$

где $I_{\text{нагр}}$ – номинальный ток нагрузки.

Если защищаемым объектом является линия, то токовая защита обратной последовательности может служить для определения несимметричных повреждений с малыми величинами, ниже уставок срабатывания направленной и ненаправленной ступеней максимальных токовых защит.

Величина тока обратной последовательности при двухфазном КЗ:

$$I_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{\text{к}} = 0,58 I_{\text{к}},$$

где $I_{\text{к}}$ – полный ток двухфазного КЗ.

Для того, чтобы предотвратить ложное срабатывание при повреждениях в других зонах защиты, уставка выдержки времени должна быть согласована с параметрами других защитных реле от коротких замыканий, установленных в сети.

10.7 Рекомендации по расчёту уставок защиты от обрыва провода

Чтобы обнаружить обрыв провода, можно применить токовую защиту обратной последовательности. Однако, на слабо нагруженной линии, ток обратной последовательности при обрыве провода, может быть близок к величине тока небаланса в нормальном режиме (обусловленный погрешностью ТТ, несимметрией нагрузки и т.д.) Таким образом, измерительный орган обратной последовательности может не отвечать условиям чувствительности.

Степень от обрыва провода измеряет отношение токов обратной последовательности и прямой последовательности (I_2/I_1). При обрыве провода это соотношение меняется в значительной мере, что позволяет обеспечить хорошую чувствительность.

Соотношение токов обратной и прямой последовательности при обрыве провода определяется по выражению:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_0}{Z_0 + Z_2}, \quad (10.35)$$

где Z_0 и Z_2 - сопротивления нулевой и обратной последовательностей соответственно.

Величина отношения I_2/I_1 может изменяться в зависимости от места повреждения. Поэтому желательно применять как можно более чувствительную уставку. Практически, эта минимальная уставка управляется уровнем постоянно присутствующего в сети тока обратной последовательности. Она может быть определена расчётом сети или измерениями в стадии наладки. Измерения и расчёты, важно производить с учётом режимов максимальной нагрузки и режима наибольшей несимметрии нагрузки:

$$I_2 / I_1 = k_n \cdot I_{2_{норм}} / I_{1_{норм}}, \quad (10.36)$$

где k_n – коэффициент запаса, значение которого можно принять равным 1,15–1,2;

$I_{2_{норм}} / I_{1_{норм}}$ – наибольшее соотношение токов обратной и прямой последовательности в режимах максимальной нагрузки и наибольшей несимметрии нагрузки.

Для обеспечения согласования с другими защитными устройствами и устройствами автоматики необходимо отстроиться от их выдержек времени:

$$t_{I_2/I_1} = t_{\max} + \Delta t, \quad (10.37)$$

где $t_{\max}$ – время срабатывания ступени защиты или автоматики с наибольшей выдержкой времени.

В большинстве случаев достаточной уставкой для защиты от обрыва провода является отношение I_2/I_1 , равное (10-15) %, и задержка на срабатывание, равная 60 с.

10.8 Рекомендации по организации автоматического повторного включения

В устройствах МР5 предусмотрена возможность осуществления четырёхкратного автоматического повторного включения (АПВ) выключателя защищаемого присоединения.

АПВ имеет уставки по длительности первого, второго, третьего и четвёртого цикла АПВ, по длительности блокировки АПВ и по времени готовности АПВ.

После срабатывания МТЗ происходит пуск АПВ. При этом запускается таймер первого цикла (T_1), который отсчитав установленное время, действует на включение выключателя присоединения. Одновременно с подачей команды на включение запускается таймер $T_{\text{готов}}$, который блокирует таймер первого цикла и подготавливает цепь пуска второго цикла АПВ. Если в течение

времени $T_{\text{готов}}$ не произошло отключения выключателя, то АПВ считается успешным и производится возврат АПВ в состояние готовности.

Если первое включение было на короткое замыкание, снова срабатывает МТЗ и происходит пуск таймера второго цикла АПВ (T_2). Таймер первого цикла в это время заблокирован.

Таймер второго цикла АПВ, отсчитав установленное время, действует на включение выключателя. Одновременно запускается таймер, который блокирует на время $T_{\text{готов}}$ таймеры первого и второго циклов.

Если и второе включение было на короткое замыкание, срабатывает МТЗ и производит отключение. Работа по третьему и четвёртому крату АПВ происходит аналогично второму.

Если четвёртый крат был неуспешным, пуска АПВ больше не происходит.

По истечению времени $T_{\text{готов}}$ после последнего крата, независимо от того было включение успешным или неуспешным, происходит возврат АПВ в исходное состояние.

При ручном или через СДТУ включении силового выключателя запускается таймер, который на время $T_{\text{блок}}$ блокирует АПВ. Таким образом, при включении выключателя на короткое замыкание и срабатывании МТЗ пуска АПВ не происходит. АПВ будет готово к действию по истечении времени $T_{\text{блок}}$.

Время срабатывания первого крата АПВ определяется по следующим условиям:

$$\text{а)} \quad T_1 \geq t_{\text{Г.П}} + t_{\text{зап}} - T_{\text{уров}}, \quad (10.38)$$

где $t_{\text{Г.П}}$ – время готовности привода, которое в зависимости от типа привода находится в пределах от 0,1 до 0,2 с.

Время $T_{\text{откл}}$ («ВРЕМЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ») задаётся в подменю «ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ» меню «ВХОДНЫЕ СИГНАЛЫ») определяется следующим выражением:

$$T_{\text{откл}} = t_{\text{откл}} + t_{\text{сраб.р}} + t_{\text{обр.д.с.}} + t_{\text{зап}}, \quad (10.39)$$

где $t_{\text{откл}}$ – наибольшее время отключения выключателя;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса ($t_{\text{зап}} \approx 50$ мс).

$T_{\text{откл}}$ рекомендуется принимать равным (0,15÷0,25) с в зависимости от типа применяемых выключателей.

Отсчёт времени краты запускается по истечению времени $T_{\text{откл}}$ после выдачи команды на отключение выключателя.

$$\text{б)} \quad T_1 \geq t_{\text{Г.В}} - t_{\text{В.В}} + t_{\text{зап}} - T_{\text{откл}}, \quad (10.40)$$

где $t_{\text{Г.В}}$ – время готовности выключателя, которое в зависимости от типа выключателя обычно находится в пределах от 0,2 до 2 с, но для некоторых типов может быть больше;

$t_{\text{В.В}}$ – время включения выключателя.

$$\text{в)} \quad T_1 \geq t_{\text{д}} + t_{\text{зап}} - T_{\text{откл}}, \quad (10.41)$$

где $t_{\text{д}}$ – время деионизации среды в месте КЗ на ВЛ, значение которого зависит от метеорологических условий, значения и длительности протекания тока КЗ, от рабочего напряжения.

Ориентировочное среднее значение $t_{\text{д}}$ для сетей напряжением до 35 кВ включительно равно 0,1 с.

Время запаса $t_{\text{зап}}$ учитывает непостоянство времени готовности привода и погрешность таймера защиты, $t_{\text{зап}} = (0,3 \div 0,5)$ с.

Данные для расчета по условиям (10.38) и (10.40) находятся в технических паспортах приводов и выключателей. Однако, как правило, эти данные не востребованы, поскольку для одиночных воздушных линий 6-35 кВ с односторонним питанием на практике время срабатывания T_1 принимается в пределах $(3 \div 5)$ с, что значительно больше, чем может получиться по условиям (10.38) – (10.41). При такой выдержке времени до момента АПВ линии наиболее вероятно самоустранение причин, вызвавших неустойчивое КЗ (падение деревьев, набросы веток и других предметов, приближение к проводам передвижных механизмов), а также успевает произойти деионизация среды в месте КЗ, ПУЭ допускает увеличение выдержки времени устройств АПВ однократного действия именно с целью повышения эффективности действия этих устройств.

Если для потребителей длительный перерыв электроснабжения является недопустимым, то время $t_{АПВ}$ следует выбрать по условиям (10.38 – 10.41).

Время срабатывания *второго, третьего и четвертого цикла* АПВ:

$$T \geq (10 \div 15) \text{ с} \quad (10.42)$$

Это объясняется необходимостью подготовки выключателя к возможному третьему отключению КЗ при устойчивом повреждении линии. Наряду с этим увеличение T повышает вероятность успешного действия АПВ во втором цикле. Для выключателей с пружинными приводами T не должно быть меньше времени возврата привода в состояние готовности к АПВ, т. е. времени натяжения пружин, рекомендуемое значение T не менее $15 \div 20$ с.

Время готовности определяется выражением:

$$T_{ГОТОВ} = t_{вкл} + t_{защ} + t_{откл} + t_{зап}, \quad (10.43)$$

где $t_{вкл}$ – наибольшее время включения выключателя;

$t_{защ}$ – наибольшая выдержка времени ступени защиты (в т.ч. и внешней), которая может произвести пуск АПВ;

$t_{откл}$ – время отключения выключателя.

Время блокировки АПВ $T_{БЛОК}$ обычно принимается равным $(10 \div 15)$ с.

11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

11.1 МР5 должно допускать транспортирование всеми видами транспорта в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков. При транспортировании воздушным транспортом МР5 в упаковке должно размещаться в обогреваемом герметизированном отсеке. Размещение и крепление упакованного МР5 в транспортном средстве должно исключать его самопроизвольные перемещения и падения.

11.2 Условия транспортирования и хранения МР5 в части воздействия климатических факторов:

- температура окружающего воздуха от минус 40 до плюс 70 °С;
- относительная влажность до 95 % при 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги.

МР5 может храниться в сухих неотапливаемых помещениях при условии отсутствия пыли, паров кислот, щелочей, агрессивных газов, вызывающих коррозию металла и разрушение пластмасс.

12 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Сертификат соответствия №ЕАЭС RU С-ВУ.АД07.В.03868/21 (серия RU №0265109) о соответствии требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».

Декларация о соответствии ЕАЭС №ВУ/112 11.01. ТР020 020.02 00166 и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Приложение А (справочное)

Габаритные и присоединительные размеры, размеры окна под установку устройства и вид задней панели

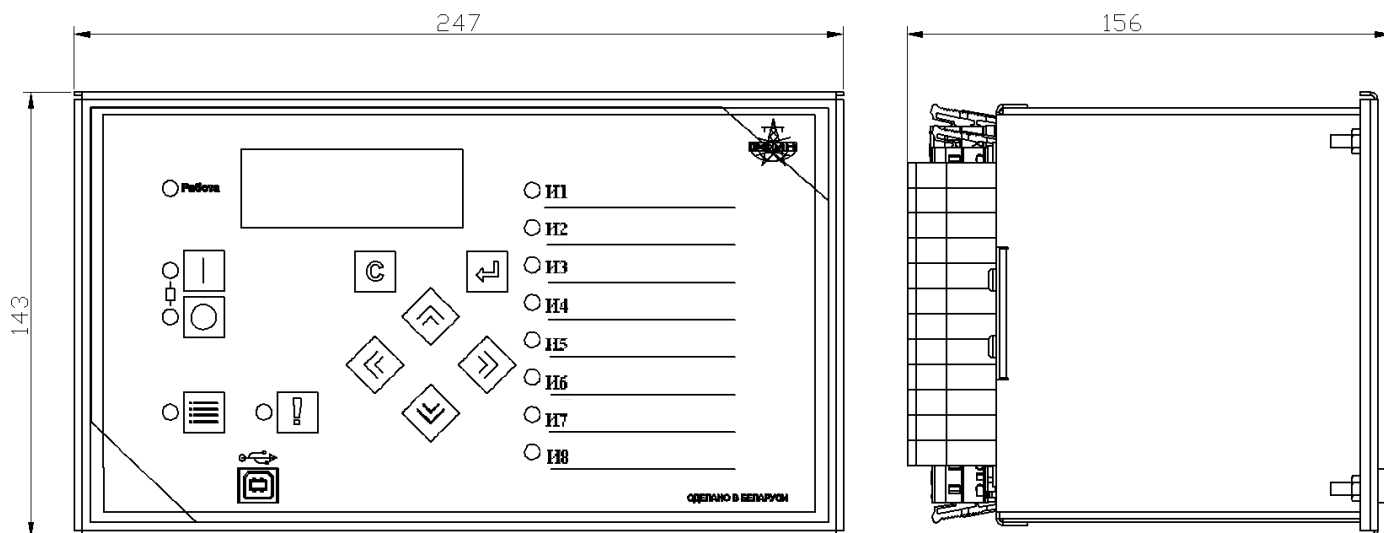


Рисунок А.1 - Габаритные размеры МР5

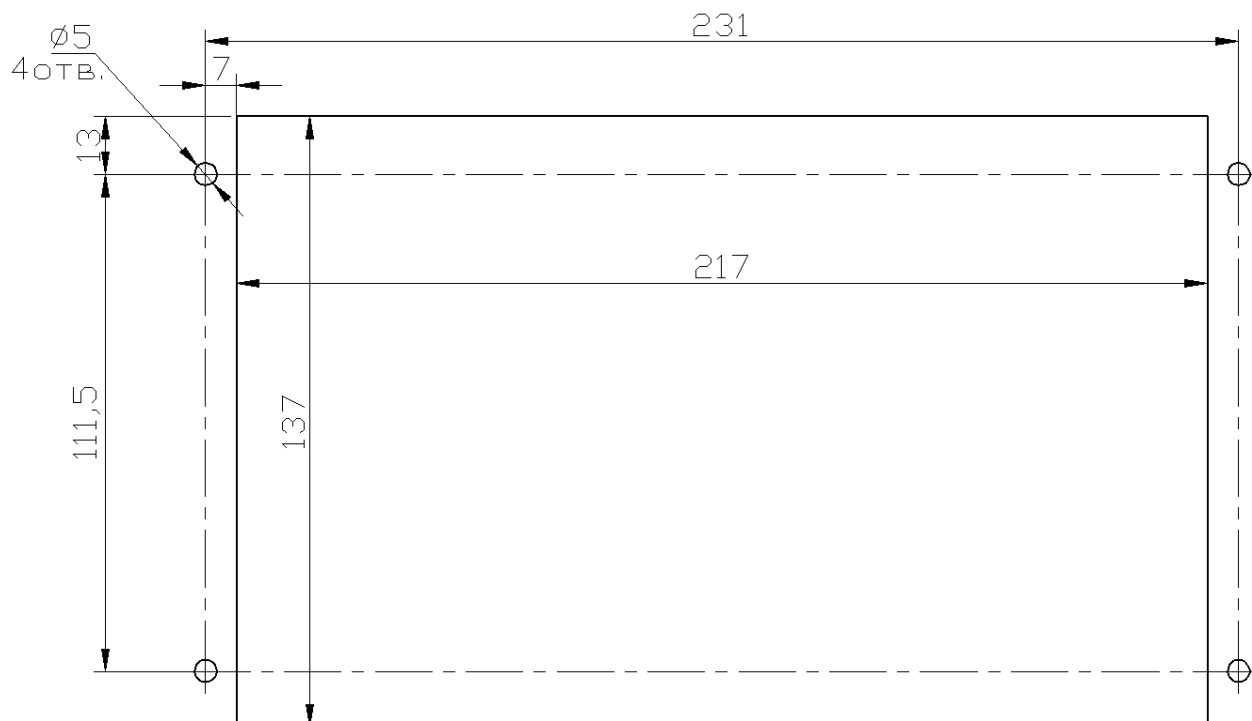


Рисунок А.2 - Размеры окна и монтажных отверстий под установку МР5

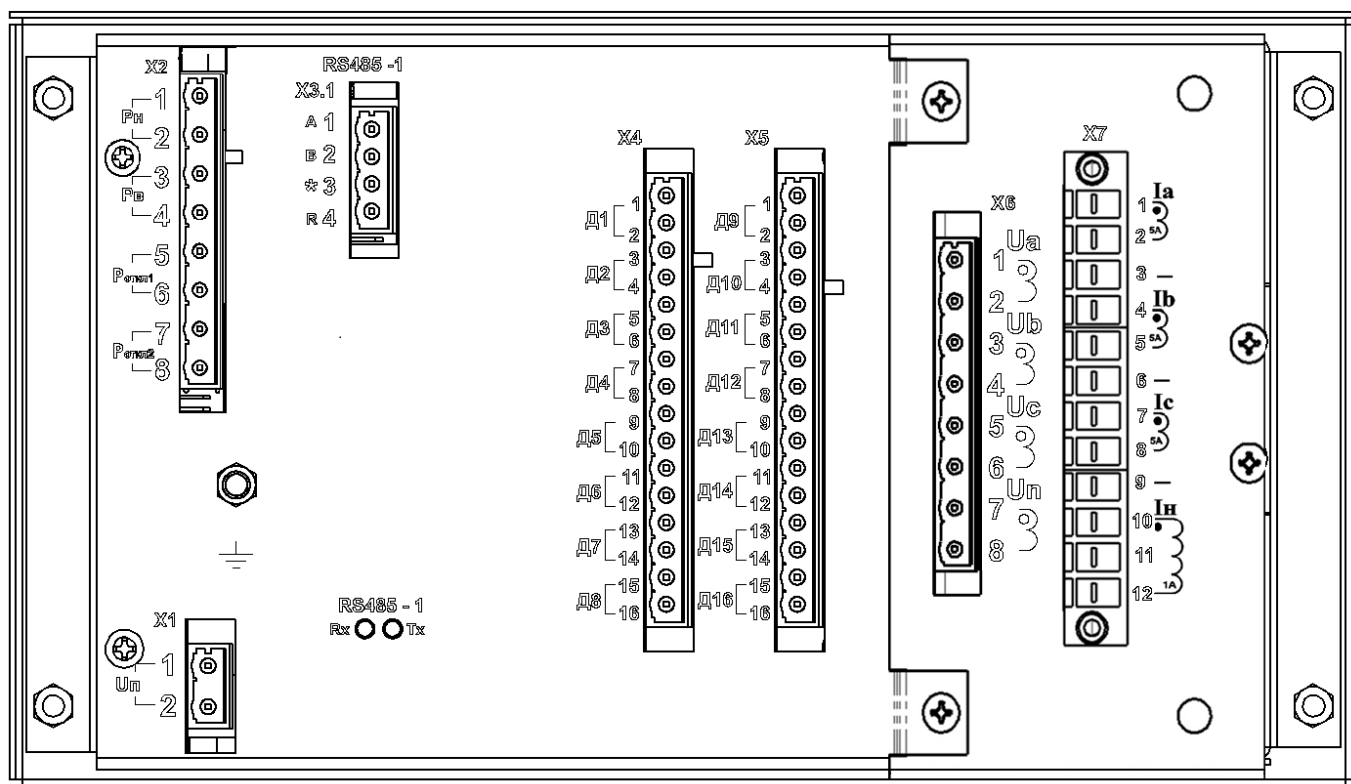


Рисунок А.3 – Вид задней панели терминала защиты энергооборудования МР5 ПО 75

Приложение Б **(справочное)** **Схемы внешних присоединений МР5, ПО 75**

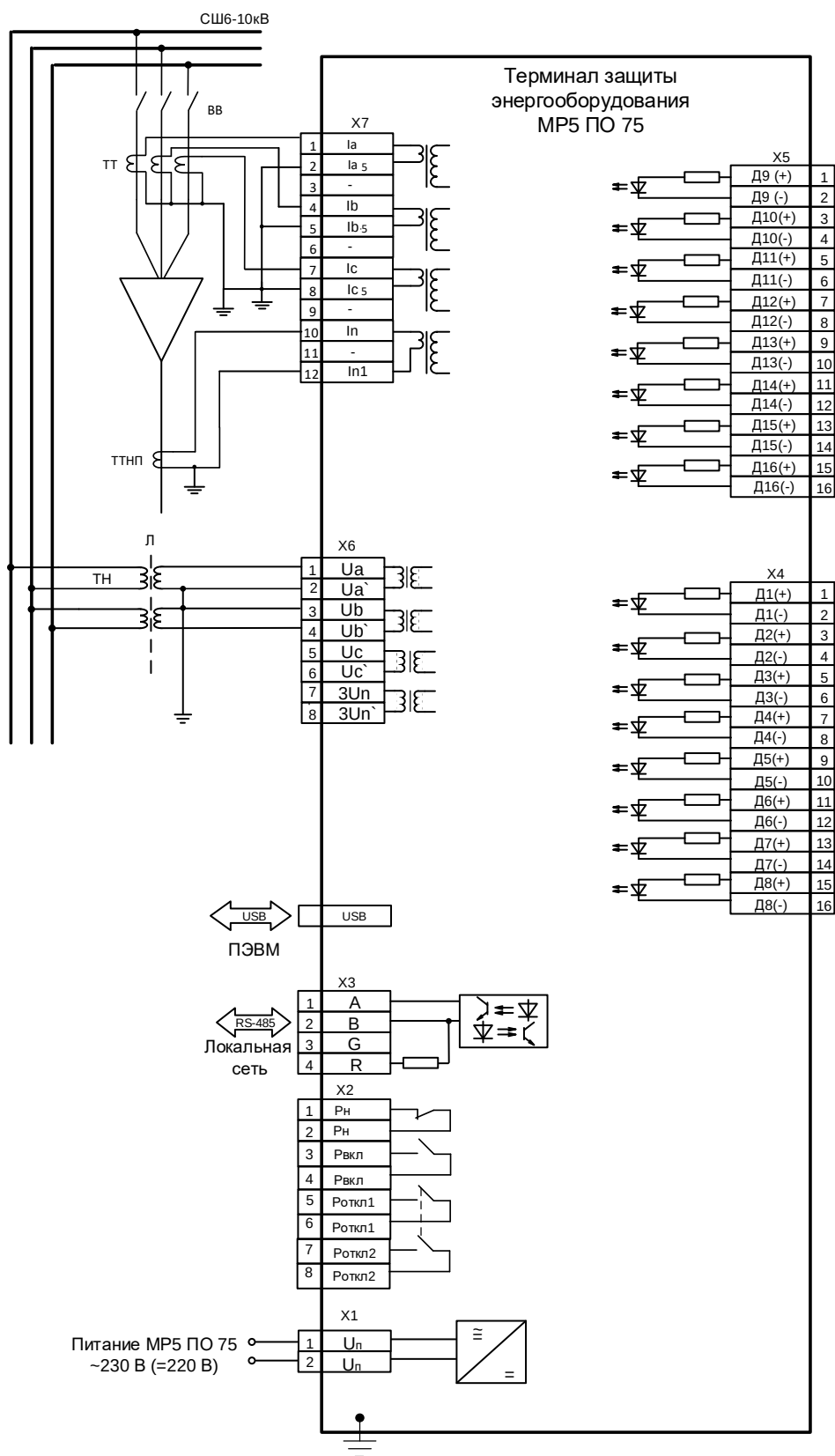


Рисунок Б.1 - Схема с 3-мя трансформаторами тока (для $I_n = 5$ А) и 2 трансформаторами напряжения

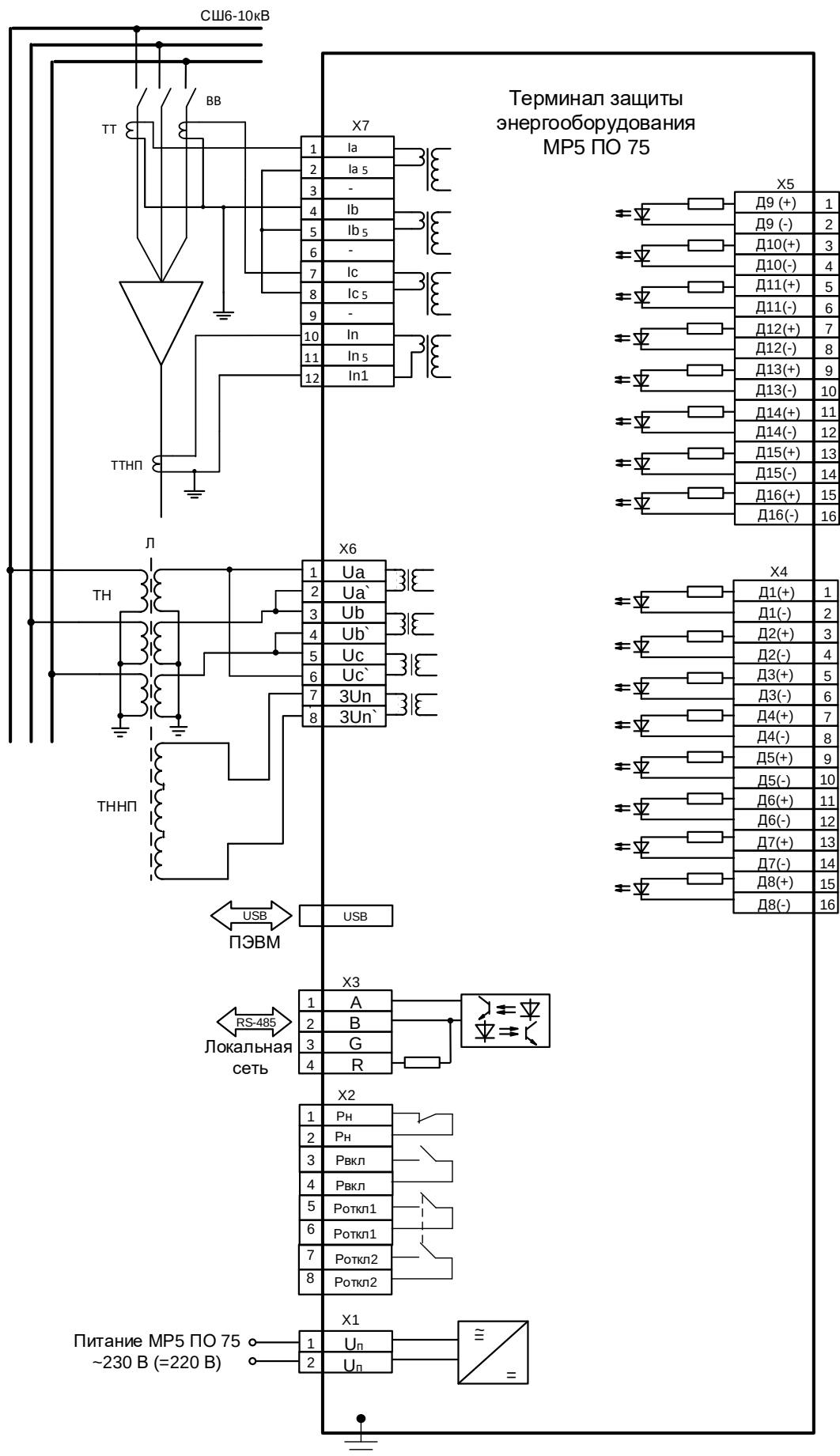


Рисунок Б.2 - Схема с 2-мя трансформаторами тока (для $I_n = 5 \text{ A}$) и 3 трансформаторами напряжения

Приложение В

Таблицы

Таблица В.1 – Список сигналов, используемых при формировании входного логического сигнала, сигналов блокировки защит по I, U, F параметров автоматики и измерения.

Код	Тип сигнала
0	НЕТ
1	Д1
2	Д1 <ИНВ>
3	Д2
4	Д2 <ИНВ>
5	Д3
6	Д3 <ИНВ>
7	Д4
8	Д4 <ИНВ>
9	Д5
10	Д5 <ИНВ>
11	Д6
12	Д6 <ИНВ>
13	Д7
14	Д7 <ИНВ>
15	Д8
16	Д8 <ИНВ>
17	Д9
18	Д9 <ИНВ>
19	Д10
20	Д10 <ИНВ>
21	Д11
22	Д11 <ИНВ>
23	Д12
24	Д12 <ИНВ>
25	Д13
26	Д13 <ИНВ>
27	Д14
28	Д14 <ИНВ>
29	Д15
30	Д15 <ИНВ>
31	Д16
32	Д16 <ИНВ>
33	ЛС1
34	ЛС1 <ИНВ>
35	ЛС2
36	ЛС2 <ИНВ>
37	ЛС3
38	ЛС3 <ИНВ>
39	ЛС4
40	ЛС4 <ИНВ>
41	ЛС5
42	ЛС5 <ИНВ>
43	ЛС6
44	ЛС6 <ИНВ>
45	ЛС7
46	ЛС7 <ИНВ>
47	ЛС8
48	ЛС8 <ИНВ>

Код	Тип сигнала
49	ВЛС1
50	ВЛС1 <ИНВ>
51	ВЛС2
52	ВЛС2 <ИНВ>
53	ВЛС3
54	ВЛС3 <ИНВ>
55	ВЛС4
56	ВЛС4 <ИНВ>
57	ВЛС5
58	ВЛС5 <ИНВ>
59	ВЛС6
60	ВЛС6 <ИНВ>
61	ВЛС7
62	ВЛС7 <ИНВ>
63	ВЛС8
64	ВЛС8 <ИНВ>

Таблица В.2 – Сигналы внешних защит

№	Значение	№	Значение		Значение
1	НЕТ	57	ВЛС4	113	I1I2> СРАБ
2	Д1 <ИНВ>	58	ВЛС5 <ИНВ>	114	F> ИО <ИНВ>
3	Д1	59	ВЛС5	115	F> ИО
4	Д2 <ИНВ>	60	ВЛС6 <ИНВ>	116	F> СРАБ <ИНВ>
5	Д2	61	ВЛС6	117	F> СРАБ
6	Д3 <ИНВ>	62	ВЛС7 <ИНВ>	118	F>> ИО <ИНВ>
7	Д3	63	ВЛС7	119	F>> ИО
8	Д4 <ИНВ>	64	ВЛС8 <ИНВ>	120	F>> СРАБ <ИНВ>
9	Д4	65	ВЛС8	121	F>> СРАБ
10	Д5 <ИНВ>	66	I> ИО <ИНВ>	122	F< ИО <ИНВ>
11	Д5	67	I> ИО	123	F< ИО
12	Д6 <ИНВ>	68	I> СРАБ <ИНВ>	124	F< СРАБ <ИНВ>
13	Д6	69	I> СРАБ	125	F< СРАБ
14	Д7 <ИНВ>	70	I>> ИО <ИНВ>	126	F<< ИО <ИНВ>
15	Д7	71	I>> ИО	127	F<< ИО
16	Д8 <ИНВ>	72	I>> СРАБ <ИНВ>	128	F<< СРАБ <ИНВ>
17	Д8	73	I>> СРАБ	129	F<< СРАБ
18	Д9 <ИНВ>	74	I>>> ИО <ИНВ>	130	U> ИО <ИНВ>
19	Д9	75	I>>> ИО	131	U> ИО
20	Д10 <ИНВ>	76	I>>> СРАБ <ИНВ>	132	U> СРАБ <ИНВ>
21	Д10	77	I>>> СРАБ	133	U> СРАБ
22	Д11 <ИНВ>	78	I>>>> ИО <ИНВ>	134	U>> ИО <ИНВ>
23	Д11	79	I>>>> ИО	135	U>> ИО
24	Д12 <ИНВ>	80	I>>>> СРАБ <ИНВ>	136	U>> СРАБ <ИНВ>
25	Д12	81	I>>>> СРАБ	137	U>> СРАБ
26	Д13 <ИНВ>	82	I2> ИО <ИНВ>	138	U< ИО <ИНВ>
27	Д13	83	I2> ИО	139	U< ИО
28	Д14 <ИНВ>	84	I2> СРАБ <ИНВ>	140	U< СРАБ <ИНВ>
29	Д14	85	I2> СРАБ	141	U< СРАБ
30	Д15 <ИНВ>	86	I2>> ИО <ИНВ>	142	U<< ИО <ИНВ>
31	Д15	87	I2>> ИО	143	U<< ИО
32	Д16 <ИНВ>	88	I2>> СРАБ <ИНВ>	144	U<< СРАБ <ИНВ>
33	Д16	89	I2>> СРАБ	145	U<< СРАБ
34	Л1 <ИНВ>	90	Ю> ИО <ИНВ>	146	U2> ИО <ИНВ>
35	Л1	91	Ю> ИО	147	U2> ИО
36	Л2 <ИНВ>	92	Ю> СРАБ <ИНВ>	148	U2> СРАБ <ИНВ>
37	Л2	93	Ю> СРАБ	149	U2> СРАБ
38	Л3 <ИНВ>	94	Ю>> ИО <ИНВ>	150	U2>> ИО <ИНВ>
39	Л3	95	Ю>> ИО	151	U2>> ИО
40	Л4 <ИНВ>	96	Ю>> СРАБ <ИНВ>	152	U2>>СРАБ <ИНВ>
41	Л4	97	Ю>> СРАБ	153	U2>> СРАБ
42	Л5 <ИНВ>	98	In> ИО <ИНВ>	154	U0> ИО <ИНВ>
43	Л5	99	In> ИО	155	U0> ИО
44	Л6 <ИНВ>	100	In> СРАБ <ИНВ>	156	U0> СРАБ <ИНВ>
45	Л6	101	In> СРАБ	157	U0> СРАБ
46	Л7 <ИНВ>	102	In>> ИО <ИНВ>	158	U0>> ИО <ИНВ>
47	Л7	103	In>> ИО	159	U0>> ИО
48	Л8 <ИНВ>	104	In>> СРАБ<ИНВ>	160	U0>>СРАБ <ИНВ>
49	Л8	105	In>> СРАБ	161	U0>> СРАБ
50	ВЛС1 <ИНВ>	106	Ig> ИО <ИНВ>		
51	ВЛС1	107	Ig> ИО		
52	ВЛС2 <ИНВ>	108	Ig> СРАБ <ИНВ>		
53	ВЛС2	109	Ig> СРАБ		
54	ВЛС3 <ИНВ>	110	I1I2> ИО <ИНВ>		
55	ВЛС3	111	I1I2> ИО		
56	ВЛС4 <ИНВ>	112	I1I2> СРАБ <ИНВ>		

Таблица В.3 – Выходные сигналы реле и индикаторов

Код	Название	Код	Название	Код	Название
0	НЕТ	52	Д10 <ИНВ>	104	I >> СРАБ
1	ОТКЛ. ВЫКЛ.<ИНВ>	53	Д11	105	I >>> ИО <ИНВ>
2	ОТКЛ. ВЫКЛ.	54	Д11 <ИНВ>	106	I >>> ИО
3	ВКЛ. ВЫКЛ.<ИНВ>	55	Д12	107	I >>> СРАБ<ИНВ>
4	ВКЛ. ВЫКЛ.	56	Д12 <ИНВ>	108	I >>> СРАБ
5	НЕИСПР. <ИНВ>	57	Д13	109	I >>>> ИО <ИНВ>
6	НЕИСПРАВНОСТЬ	58	Д13 <ИНВ>	110	I >>>> ИО
7	РЕЗЕРВ 1 <ИНВ>	59	Д14	111	I >>>> СРАБ <ИНВ>
8	РЕЗЕРВ 1	60	Д14 <ИНВ>	112	I >>>> СРАБ
9	РЕЗЕРВ 2 <ИНВ>	61	Д15	113	I2> ИО <ИНВ>
10	РЕЗЕРВ 2	62	Д15 <ИНВ>	114	I2> ИО
11	СИГНАЛ. <ИНВ>	63	Д16	115	I2> СРАБ <ИНВ>
12	СИГНАЛИЗАЦИЯ	64	Д16 <ИНВ>	116	I2> СРАБ
13	ОТКЛЮЧЕНИЕ <ИНВ>	65	ЛС1 <ИНВ>	117	I2>> ИО <ИНВ>
14	ОТКЛЮЧЕНИЕ	66	Л1С1	118	I2>> ИО
15	ЗЕМЛЯ <ИНВ>	67	ЛС2 <ИНВ>	119	I2>>СРАБ <ИНВ>
16	ЗЕМЛЯ	68	ЛС2	120	I2>> СРАБ
17	АВР БЛОК. <ИНВ>	69	ЛС3 <ИНВ>	121	IO> ИО <ИНВ>
18	АВР БЛОК.	70	ЛС3	122	IO> ИО
19	РЕЗЕРВ А <ИНВ>	71	ЛС4 <ИНВ>	123	IO> СРАБ <ИНВ>
20	РЕЗЕРВ А	72	ЛС4	124	IO> СРАБ
21	РЕЗЕРВ В <ИНВ>	73	ЛС5 <ИНВ>	125	IO>> ИО <ИНВ>
22	РЕЗЕРВ В	74	ЛС5	126	IO>> ИО
23	РЕЗЕРВ С <ИНВ>	75	ЛС6 <ИНВ>	127	IO>> СРАБ<ИНВ>
24	РЕЗЕРВ С	76	ЛС6	128	IO>> СРАБ
25	РАБОТА ЛЗШ <ИНВ>	77	ЛС7 <ИНВ>	129	In> ИО <ИНВ>
26	РАБОТА ЛЗШ	78	ЛС7	130	In> ИО
27	РАБОТА УРОВ<ИНВ>	79	ЛС8 <ИНВ>	131	In> СРАБ <ИНВ>
28	РАБОТА УРОВ	80	ЛС8	132	In> СРАБ
29	ВКЛ. ПО АПВ <ИНВ>	81	ВЛС1 <ИНВ>	133	In>> ИО <ИНВ>
30	ВКЛ. ПО АПВ	82	ВЛС1	134	In>> ИО
31	УСКОРЕНИЕ <ИНВ>	83	ВЛС2 <ИНВ>	135	In>>СРАБ <ИНВ>
32	УСКОРЕНИЕ	84	ВЛС2	136	In>> СРАБ
33	Д1 <ИНВ>	85	ВЛС3 <ИНВ>	137	Ir> ИО <ИНВ>
34	Д1	86	ВЛС3	138	Ir> ИО
35	Д2 <ИНВ>	87	ВЛС4 <ИНВ>	139	Ir> СРАБ <ИНВ>
36	Д2	88	ВЛС4	140	Ir> СРАБ
37	Д3 <ИНВ>	89	ВЛС5 <ИНВ>	141	I1I2> ИО <ИНВ>
38	Д3	90	ВЛС5	142	I1I2> ИО
39	Д4 <ИНВ>	91	ВЛС6 <ИНВ>	143	I1I2> СРАБ <ИНВ>
40	Д4	92	ВЛС6	144	I1I2> СРАБ
41	Д5 <ИНВ>	93	ВЛС7 <ИНВ>	145	F> ИО <ИНВ>
42	Д5	94	ВЛС7	146	F> ИО
43	Д6 <ИНВ>	95	ВЛС8 <ИНВ>	147	F> СРАБ <ИНВ>
44	Д6	96	ВЛС8	148	F> СРАБ
45	Д7 <ИНВ>	97	I > ИО <ИНВ>	149	F>> ИО <ИНВ>
46	Д7	98	I > ИО	150	F>> ИО
47	Д8 <ИНВ>	99	I > СРАБ <ИНВ>	151	F>> СРАБ <ИНВ>
48	Д8	100	I > СРАБ	152	F>> СРАБ
49	Д 9	101	I >> ИО <ИНВ>	153	F< ИО <ИНВ>
50	Д 9 <ИНВ>	102	I >> ИО	154	F< ИО
51	Д10	103	I >> СРАБ <ИНВ>		

Продолжение таблицы В.3

Код	Название	Код	Название	Код	Название
155	F< СРАБ <ИНВ>	204	ВЗ 6 СРАБ	253	ССЛ23 <ИНВ>
156	F< СРАБ	205	ВЗ 7 СРАБ <ИНВ>	254	ССЛ23
157	F<< ИО <ИНВ>	206	ВЗ 7 СРАБ	255	ССЛ24 <ИНВ>
158	F<< ИО	207	ВЗ 8 СРАБ <ИНВ>	256	ССЛ24
159	F<< СРАБ <ИНВ>	208	ВЗ 8 СРАБ	257	U> возврат <ИНВ>
160	F<< СРАБ	209	ССЛ1 <ИНВ>	258	U> возврат
161	U> ИО <ИНВ>	210	ССЛ1	259	U>> возврат <ИНВ>
162	U> ИО	211	ССЛ2 <ИНВ>	260	U>> возврат
163	U> СРАБ <ИНВ>	212	ССЛ2	261	U< возврат <ИНВ>
164	U> СРАБ	213	ССЛ3 <ИНВ>	262	U< возврат
165	U>> ИО <ИНВ>	214	ССЛ3	263	U<< возврат <ИНВ>
166	U>> ИО	215	ССЛ4 <ИНВ>	264	U<< возврат
167	U>> СРАБ <ИНВ>	216	ССЛ4	265	U2> возврат <ИНВ>
168	U>> СРАБ	217	ССЛ5 <ИНВ>	266	U2> возврат
169	U< ИО <ИНВ>	218	ССЛ5	267	U2>> возврат <ИНВ>
170	U< ИО	219	ССЛ6 <ИНВ>	268	U2>> возврат
171	U< СРАБ <ИНВ>	220	ССЛ6	269	U0> возврат <ИНВ>
172	U< СРАБ	221	ССЛ7 <ИНВ>	270	U0> возврат
173	U<< ИО <ИНВ>	222	ССЛ7	271	U0>> возврат <ИНВ>
174	U<< ИО	223	ССЛ8 <ИНВ>	272	U0>> возврат
175	U<< СРАБ <ИНВ>	224	ССЛ8	273	F> возврат <ИНВ>
176	U<< СРАБ	225	ССЛ9 <ИНВ>	274	F> возврат
177	U2> ИО <ИНВ>	226	ССЛ9	275	F>> возврат <ИНВ>
178	U2> ИО	227	ССЛ10 <ИНВ>	276	F>> возврат
179	U2> СРАБ <ИНВ>	228	ССЛ10	277	F< возврат <ИНВ>
180	U2> СРАБ	229	ССЛ11 <ИНВ>	278	F< возврат
181	U2>> ИО <ИНВ>	230	ССЛ11	279	F<< возврат <ИНВ>
182	U2>> ИО	231	ССЛ12 <ИНВ>	280	F<< возврат
183	U2>> СРАБ <ИНВ>	232	ССЛ12		
184	U2>> СРАБ	233	ССЛ13 <ИНВ>		
185	U0> ИО <ИНВ>	234	ССЛ13		
186	U0> ИО	235	ССЛ14 <ИНВ>		
187	U0> СРАБ <ИНВ>	236	ССЛ14		
188	U0> СРАБ	237	ССЛ15 <ИНВ>		
189	U0>> ИО <ИНВ>	238	ССЛ15		
190	U0>> ИО	239	ССЛ16 <ИНВ>		
191	U0>> СРАБ <ИНВ>	240	ССЛ16		
192	U0>> СРАБ	241	ССЛ17 <ИНВ>		
193	ВЗ 1 СРАБ <ИНВ>	242	ССЛ17		
194	ВЗ 1 СРАБ	243	ССЛ18 <ИНВ>		
195	ВЗ 2 СРАБ <ИНВ>	244	ССЛ18		
196	ВЗ 2 СРАБ	245	ССЛ19 <ИНВ>		
197	ВЗ 3 СРАБ <ИНВ>	246	ССЛ19		
198	ВЗ 3 СРАБ	247	ССЛ20 <ИНВ>		
199	ВЗ 4 СРАБ <ИНВ>	248	ССЛ20		
200	ВЗ 4 СРАБ	249	ССЛ21 <ИНВ>		
201	ВЗ 5 СРАБ <ИНВ>	250	ССЛ21		
202	ВЗ 5 СРАБ	251	ССЛ22 <ИНВ>		
203	ВЗ 6 СРАБ <ИНВ>	252	ССЛ22		

Таблица В.4 – Список внутренних сигналов, используемых при формировании выходного логического сигнала

Код	Название	Код	Название	Код	Название
0	НЕТ	51	I2>> ИО	102	ССЛ6
1	ОТКЛ. ВЫКЛ.	52	I2>> СРАБ	103	ССЛ7
2	ВКЛ. ВЫКЛ.	53	I0> ИО	104	ССЛ8
3	НЕИСПРАВНОСТЬ	54	I0> СРАБ	105	ССЛ9
4	Резерв 1	55	I0>> ИО	106	ССЛ10
5	Резерв 2	56	I0>> СРАБ	107	ССЛ11
6	СИГНАЛИЗАЦИЯ	57	In> ИО	108	ССЛ12
7	ОТКЛЮЧЕНИЕ	58	In> СРАБ	109	ССЛ13
8	ЗЕМЛЯ	59	In>> ИО	110	ССЛ14
9	АВР БЛОК.	60	In>> СРАБ	111	ССЛ15
10	РЕЗЕРВ А	61	Iг> ИО	112	ССЛ16
11	РЕЗЕРВ В	62	Iг> СРАБ	113	ССЛ17
12	РЕЗЕРВ С	63	I1I2> ИО	114	ССЛ18
13	РАБОТА ЛЗШ	64	I1I2> СРАБ	115	ССЛ19
14	РАБОТА УРОВ	65	F> ИО	116	ССЛ20
15	ВКЛ. ПО АПВ	66	F> СРАБ	117	ССЛ21
16	УСКОРЕНИЕ	67	F>> ИО	118	ССЛ22
17	Д1	68	F>> СРАБ	119	ССЛ23
18	Д2	69	F< ИО	120	ССЛ24
19	Д3	70	F< СРАБ		
20	Д4	71	F<< ИО		
21	Д5	72	F<< СРАБ		
22	Д6	73	U> ИО		
23	Д7	74	U> СРАБ		
24	Д8	75	U>> ИО		
25	Д9	76	U>> СРАБ		
26	Д10	77	U< ИО		
27	Д11	78	U< СРАБ		
28	Д12	79	U<< ИО		
29	Д13	80	U<< СРАБ		
30	Д14	81	U2> ИО		
31	Д15	82	U2> СРАБ		
32	Д16	83	U2>> ИО		
33	ЛС1	84	U2>> СРАБ		
34	ЛС2	85	U0> ИО		
35	ЛС3	86	U0> СРАБ		
36	ЛС4	87	U0>> ИО		
37	ЛС5	88	U0>> СРАБ		
38	ЛС6	89	В3 1 СРАБ		
39	ЛС7	90	В3 2 СРАБ		
40	ЛС8	91	В3 3 СРАБ		
41	I > ИО	92	В3 4 СРАБ		
42	I > СРАБ	93	В3 5 СРАБ		
43	I >> ИО	94	В3 6 СРАБ		
44	I >> СРАБ	95	В3 7 СРАБ		
45	I >>> ИО	96	В3 8 СРАБ		
46	I >>> СРАБ	97	ССЛ1		
47	I >>>> ИО	98	ССЛ2		
48	I >>>> СРАБ	99	ССЛ3		
49	I2> ИО	100	ССЛ4		
50	I2> СРАБ	101	ССЛ5		

Таблица В.5 – Перечень сообщений журнала системы

Код	Сообщение
0	Журнал пуст
1	Ошибка хранения данных (Потеря данных осциллографа)
2	Норма хранения данных
3	Неисправность вн. шины
4	Вн. шина исправна
5	Температура выше нормы
6	Температура в норме
7	МСА 2 неисправен (МСА напряженческий)
8	МСА 2 исправен (МСА напряженческий)
9	МСА 1 неисправен (МСА токовый)
10	МСА 1 исправен (МСА токовый)
11	МРВ неисправен
12	МРВ исправен
13	МСД1 неисправен
14	МСД1 исправен
15	МСД2 неисправен
16	МСД2 исправен
17	Ошибка контрольной суммы уставок
18	Ошибка контрольной суммы данных
19	Ошибка контрольной суммы данных
20	Ошибка журнала системы
21	Ошибка журнала аварий
22	Остановка часов
23	Резерв
24	ЧАПВ внешняя блокировка
25	Меню – уставки изменены
26	Пароль изменен
27	Сброс журнала системы
28	Сброс журнала аварий
29	Сброс ресурса выключателя
30	Сброс индикации
31	Изменена группа уставок
32	СДТУ – уставки изменены
33	Ошибка задающего генератора
34	Рестарт устройства
35	Устройство выключено
36	Устройство включено
37	ЧАПВ включить
38	Меню сброс осциллографа
39	СДТУ – сброс осциллографа
40	Критическая ошибка устройства
41	АЧР отключить
42	АЧР внешняя блокировка
43	Ожидание ЧАПВ

Продолжение таблицы В.5

44	Неисправность цепей включения
45	Неисправность цепей отключения
46	Небаланс АЦП Iabc
47	Баланс АЦП Iabc
48	Несимметрия Iabc
49	Симметрия Iabc
50	ТН внеш. неисправность
51	ТН исправен
52	Небаланс АЦП Uabc
53	Баланс АЦП Uabc
54	Несимметрия Uabc
55	Симметрия Uabc
56	$U_{abc} < 5V$
57	$U_{abc} > 5V$
58	ТННП внеш. неисправность
59	ТННП исправен
60	Частота вне диапазона
61	Частота в норме
62	Выключатель отключен
63	Выключатель включен
64	Блокировка выключателя
65	Отказ выключателя
66	Неисправность выключателя
67	Внеш.неиспр. выключателя
68	Неиспр.управ. выключателя
69	Работа УРОВ
70	Пуск ЛЗШ
71	Защита отключить
72	АПВ заблокировано
73	АПВ вн.блокировка
74	Запуск АПВ 1 крат
75	Запуск АПВ 2 крат
76	Запуск АПВ 3 крат
77	Запуск АПВ 4 крат
78	АПВ включить
79	АЧР заблокировано
80	АЧР отключить
81	Запуск ЧАПВ
82	ЧАПВ заблокировано
83	ЧАПВ внешняя блокировка
84	ЧАПВ включить
85	СДТУ сброс блокировки
86	СДТУ блокировка
87	АВР готов
88	АВР запрещен
89	АВР включить

Продолжение таблицы В.5

90	АВР блокировка от аварии
91	АВР внешний сброс блокировки от аварии
92	Напряжение питания ниже нормы
93	Напряжение питания в норме
94	Внешняя блокировка команд СДТУ
95	СДТУ группа уставок 4
96	Кнопка отключить
97	Кнопка включить
98	Ключ отключить
99	Ключ включить
100	Внешнее отключить
101	Внешнее включить
102	СДТУ отключить
103	СДТУ включить
104	Группа уставок 1
105	Группа уставок 2
106	Группа уставок 3
107	Группа уставок 4
108	Внешняя группа уставок 4
109	СДТУ группа уставок 1
110	СДТУ группа уставок 2
111	СДТУ группа уставок 3
112	АПВ возврат
113	АПВ возврат F>
114	АПВ возврат F>>
115	АПВ возврат F<
116	АПВ возврат F<<
117	АПВ возврат U>
118	АПВ возврат U>>
119	АПВ возврат U<
120	АПВ возврат U<<
121	АПВ возврат U2>
122	АПВ возврат U2>>
123	АПВ возврат Un>
124	АПВ возврат Un>>
125	АПВ возврат ВЗ-1
126	АПВ возврат ВЗ-2
127	АПВ возврат ВЗ-3
128	АПВ возврат ВЗ-4
129	АПВ возврат ВЗ-5
130	АПВ возврат ВЗ-6
131	АПВ возврат ВЗ-7
132	АПВ возврат ВЗ-8
133	U<10В Частота недостоверна
134	U>10В Частота достоверна
135	АВР Меню блокировка

Продолжение таблицы В.5

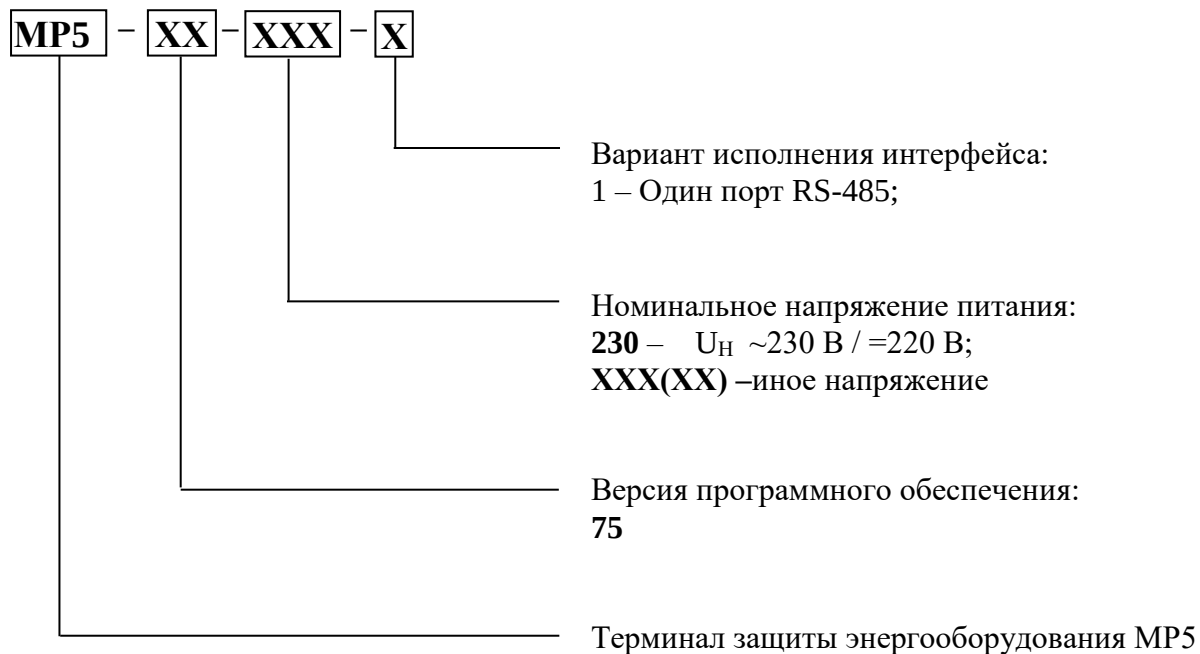
136	АВР СДТУ блокировка
137	СДТУ: логика изменена
138	Меню: запуск логики
139	СДТУ: запуск логики
140	Меню: остановка логики
141	СДТУ: остановка логики
142	Ошибка логики по старту
143	Ошибка логики тайм аут
144	Ошибка логики размер
145	Ошибка логики команда
146	Ошибка логики аргумент
147	Ошибка размера ППЗУ
148	Меню группа уставок 1
149	Меню группа уставок 2
150	Меню группа уставок 3
151	Меню группа уставок 4
152	СПЛ1
153	СПЛ2
154	СПЛ3
155	СПЛ4
156	СПЛ5
157	СПЛ6
158	СПЛ7
159	СПЛ8
160	СПЛ9
161	СПЛ10
162	СПЛ11
163	СПЛ12
164	СПЛ13
165	СПЛ14
166	СПЛ15
167	СПЛ16
168	СПЛ17
169	СПЛ18
170	СПЛ19
171	СПЛ20
172	СПЛ21
173	СПЛ22
174	СПЛ23
175	СПЛ24
176	СПЛ25
177	СПЛ26
178	СПЛ27
179	СПЛ28
180	СПЛ29
181	СПЛ30

Продолжение таблицы В.5

182	СПЛ31
183	СПЛ32
184	СПЛ33
185	СПЛ34
186	СПЛ35
187	СПЛ36
188	СПЛ37
189	СПЛ38
190	СПЛ39
191	СПЛ40
192	СПЛ41
193	СПЛ42
194	СПЛ43
195	СПЛ44
196	СПЛ45
197	СПЛ46
198	СПЛ47
199	СПЛ48
200	СПЛ49
201	СПЛ50
202	СПЛ51
203	СПЛ52
204	СПЛ53
205	СПЛ54
206	СПЛ55
207	СПЛ56
208	СПЛ57
209	СПЛ58
210	СПЛ59
211	СПЛ60
212	СПЛ61
213	СПЛ62
214	СПЛ63
215	СПЛ64

Карта заказа на терминал защиты энергооборудования МР5

Заказчик _____
Тип МР: _____



Количество изделий: _____ шт.

Техническое описание и руководство по эксплуатации: _____ шт.

ЗАКАЗЧИК:

«____» _____ 20__ г.

М.П.

ИЗГОТОВИТЕЛЬ:

«____» _____ 20__ г.

М.П.