



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

27.12.31.000

**ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТ, АВТОМАТИКИ, УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ И  
СИГНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МОЩНОСТЬЮ БОЛЕЕ 5 МВт  
ЭКРА 217(А) 0502**

Руководство по эксплуатации  
ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

**EAC**

Инв. № подл. 025/Э7	Подп. и дата Петрова 25.07.17	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
------------------------	----------------------------------	--------------	--------------	------------

Авторские права на данную документацию принадлежат ООО НПП «ЭКРА».

Снятие копий или перепечатка только по согласованию с разработчиком.

**ВНИМАНИЕ!**  
**ДО ИЗУЧЕНИЯ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**  
**ТЕРМИНАЛ НЕ ВКЛЮЧАТЬ!**

**Код (пароль), вводимый при операциях**

Операция	Пароль по умолчанию
Вход в режим изменения параметров	
Запись уставок	0100
Вход в режим работы «Тест»	

В целях обеспечения информационной безопасности перед началом эксплуатации терминала рекомендуется сменить пароль, установленный по умолчанию. В случае утери пароля необходимо обратиться к предприятию-изготовителю.

**Внимание!** При записи уставок все элементы, работающие с последовательностью чисел (выдержки времени, счетчики, измерительные органы с зависимыми характеристиками и т.д.) переводятся в начальное состояние.

Метрологическая экспертиза  
проведена

*Prokhorova* Т.М. Прохорова  
25.07.17

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Разраб.	Петрова	<i>Prokhorova</i>	25.07.17
Пров.	Воробьев	<i>Prokhorova</i>	25.07.17
Н. контр.	Курочкина	<i>Prokhorova</i>	25.07.17
Утв.	Пашковский	<i>Prokhorova</i>	25.07.17

Терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации электродвигателя мощностью более 5 МВт  
ЭКРА 217(А) 0502  
Руководство по эксплуатации

Лит	Лист	Листов
A	2	121

ООО НПП «ЭКРА»

## Содержание

1	Описание и работа .....	6
1.1	Назначение .....	6
1.2	Технические данные и характеристики .....	6
1.3	Параметрирование аналоговых входов .....	12
1.4	Требования к трансформаторам тока .....	18
1.5	Характеристики защит и функций .....	20
1.6	Состав терминала и конструктивное выполнение .....	91
1.7	Средства измерений, инструмент и принадлежности .....	92
1.8	Маркировка и пломбирование .....	92
1.9	Упаковка .....	92
2	Использование по назначению .....	93
2.1	Эксплуатационные ограничения .....	93
2.2	Подготовка терминала к использованию .....	93
2.3	Работа с терминалом .....	93
2.4	Возможные неисправности и методы их устранения .....	94
3	Техническое обслуживание терминала .....	95
3.1	Общие указания .....	95
3.2	Меры безопасности .....	95
3.3	Рекомендации по техническому обслуживанию терминала .....	95
3.4	Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе .....	95
4	Транспортирование и хранение .....	97
4.1	Требования к условиям хранения, транспортирования .....	97
4.2	Способ утилизации .....	97
	Приложение А (обязательное) Карта заказа ЭКРА 217(А) 0502 (терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации электродвигателя мощностью более 5 МВт) .....	98
	Приложение Б (справочное) Характеристические кривые зависимых выдержек времени .....	101
	Приложение В (справочное) Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А) .....	117
	Перечень принятых сокращений и обозначений .....	118
	Список литературы .....	120

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 3			

Настоящим руководством по эксплуатации (далее – РЭ) следует руководствоваться при изучении, монтаже и эксплуатации цифровых микропроцессорных устройств защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации электродвигателя мощностью более 5 МВт ЭКРА 217(А) 0502 (далее - терминалы) совместно со следующими схемами:

- схема электрическая подключения ЭКРА.656122.036/217 0502 Э5;
- схема электрическая функциональная ЭКРА.656122.036/217 0502 Э2;
- бланк уставок ЭКРА.656122.036/217 0502 Д4.

РЭ содержит текстовую часть и поясняющие рисунки. Описание технических характеристик, состав и конструктивное исполнение устройства и работа с ним приведены в руководстве по эксплуатации ЭКРА.650321.001 РЭ «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» (далее – руководство ЭКРА.650321.001 РЭ).

Настоящее РЭ разработано в соответствии с требованиями технических условий ТУ 3433-026-20572135-2010 «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» и ТУ 3433-026.01-20572135-2012 «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200 для атомных станций».

<b>Внимание!</b>	До включения терминала в работу необходимо ознакомиться с настоящим руководством и руководством ЭКРА.650321.001 РЭ. В случае наличия дополнительных требований необходимо ознакомиться с функциональной схемой терминала (отличной от типовой).
------------------	---

Дополнительно необходимо ознакомиться со следующей документацией, см. таблицу 1.

Таблица 1 – Общая эксплуатационная документация

Обозначение документа	Наименование документа	Вид представления
ЭКРА.00005-02 90 01	«Программа RECVIEWER для просмотра и анализа осциллограмм (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора	диск, сайт*
ЭКРА.00006-07 34 01	«Программа АРМ-релейщика (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора	диск, сайт*
ЭКРА.00007-07 34 01	«Программа Сервер связи (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора	диск, сайт*
ЭКРА.00019-01 34 01	«Комплекс программ EKRASMS-SP Быстрый старт» Руководство оператора	бумага, диск, сайт*
ЭКРА.00039-01 34 01	«Работа с гибкой логикой (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора	диск, сайт*
ЭКРА.650321.001 РЭ	«Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» Руководство по эксплуатации	диск, сайт*
ЭКРА.650321.036 И	«Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200, шкафы типов ШЭ111Х(А) и серии ШЭЭ 200» Инструкция по замене составных частей	диск, сайт*
ЭКРА.650320.001 И1	«Терминалы серии ЭКРА 200, шкафы типов ШЭ111Х(А) и серии ШЭЭ 200» Инструкция по устранению неисправностей	диск, сайт*
*Сайт предприятия <a href="http://www.ekra.ru">www.ekra.ru</a> .		

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 25.07.17
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Необходимые параметры и надежность работы терминала в течение срока службы обеспечиваются не только качеством изделия, но и правильным соблюдением режимов и условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации, поэтому выполнение всех требований настоящего руководства является обязательным.

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

Примеры и схемы, содержащиеся в данном руководстве, приведены только для описания концепции реализации функций и защит. Все технические решения, связанные с использованием данного оборудования должны быть учтены в проекте и согласованы с эксплуатирующей организацией.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата	
1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

# 1 Описание и работа

## 1.1 Назначение

1.1.1 Терминал ЭКРА 217(А) 0502 – унифицированное микропроцессорное устройство, применяемое в качестве комплексной системы защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации электродвигателя мощностью более 5 МВт.

1.1.2 Терминалы предназначены для применения на электрических станциях и подстанциях, в том числе на атомных станциях. Терминал может быть установлен в комплектных распределительных устройствах, шкафах или на панелях и выполняет типовой набор защитных, контрольных и управляющих функций (см. 1.2.30), набор функций может быть изменен по индивидуальному проекту.

1.1.3 Функциональное назначение, конструктивное исполнение и состав функций терминала отражается в структуре его условного обозначения, приведенной в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.1.4 Терминалы выполняются по индивидуальной карте заказа (см. приложение А).

1.1.5 Условия работы терминала описаны в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

## 1.2 Технические данные и характеристики

1.2.1 Терминалы соответствуют требованиям нормативных документов, приведенных в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.2 Соответствующие значения класса безопасности терминалов и их классификационное обозначение приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ. При размещении заказа на производство, требуемый класс безопасности указывается в карте заказа (см. приложение А).

1.2.3 Изготовление и поставка терминалов, предназначенных для использования в системах нормальной эксплуатации важных для безопасности, проводится с соблюдением требований, приведенных в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.4 Информация о верификации\* и валидации\*\* терминалов приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.5 Изготовитель оборудования, изделий и систем, важных для безопасности атомных станций, разрабатывает, утверждает и выполняет требования, приведенные в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.6 Основные номинальные параметры терминала указаны в таблице 2.

\* Верификация – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены.

\*\* Валидация – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Подп. дата	
		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	
1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Лист
					6

Таблица 2 – Основные номинальные параметры терминала

Наименование параметра	Значение
Номинальный переменный ток аналоговых входов - $I_{НОМ}$ , А *: - для фазных величин; - для нулевой последовательности (для ЗОЗЗ-1); - для нулевой последовательности (для ЗОЗЗ-2)	5 или 1 0,6 или 0,2 0,15 или 0,05
Рабочий диапазон входных цепей переменных токов, А: - фазных величин; - нулевой последовательности для реализации ЗОЗЗ-1; - нулевой последовательности для реализации ЗОЗЗ-2	$(0,05 - 40,0) \cdot I_{НОМ}$ $(0,005 - 2,5) \cdot I_{НОМ}$ $(0,05 - 40,0) \cdot I_{НОМ}$
Термическая стойкость входных цепей переменного тока, А: - для фазных величин: при длительном воздействии; при токовом воздействии в течение 1,0 с; - для нулевой последовательности: при длительном воздействии; при токовом воздействии в течение 10 с	$3,0 \cdot I_{НОМ MAX}$ $100,0 \cdot I_{НОМ MAX}$ $10,0 \cdot I_{НОМ}$ 30
Номинальное напряжение переменного тока аналоговых входов - $U_{НОМ}$ , В	100
Рабочий диапазон напряжений переменного тока аналоговых входов, В	0 – 264
Входные цепи переменного напряжения выдерживают без повреждений, В: - все цепи длительно; - цепи напряжения 3U <sub>0</sub> в течение 1 мин	300 500
Номинальная частота аналоговых сигналов переменного тока $f_{НОМ}$ , Гц	50
Номинальное оперативное напряжение постоянного тока - $U_{ПИТ.НОМ}$ , В**	220 или 110
Номинальное оперативное напряжение переменного тока - $U_{ПИТ.НОМ}$ , В**	220
Количество аналоговых входов: - для подключения к вторичным цепям ТТ; - для подключения к вторичным цепям ТТНП; - для подключения к дополнительной обмотке ТН, собранной по схеме «звезда»; - для подключения к дополнительной обмотке ТН, собранной по схеме «разомкнутый треугольник» ; - резерв для подключения цепей: тока; напряжения	6 2*** 3 1 0 0
Количество дискретных входов	24
Количество дискретных выходов	24
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69**	УХЛ3.1 О4****
Группа исполнения терминала в части воздействия механических факторов окружающей среды по ГОСТ 17516.1-90	М7
Электрические интерфейсы, поддерживаемые терминалом, шт.: - RS485; - Ethernet	2 2

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Подп. дата
		Петрова 25.07.17	
Взам. инв. №		Инв. № дубл.	

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Продолжение таблицы 2

Наименование параметра	Значение
Протоколы обмена, поддерживаемые терминалом	Modbus RTU Modbus TCP МЭК 60870-5-103 МЭК 60870-5-104 МЭК 61850-8-1**
Поддерживаемые протоколы программной синхронизации времени внутренних часов терминала	Modbus RTU Modbus TCP МЭК 60870-5-103 МЭК 60870-5-104 SNTP IRIG-B
Поддерживаемые электрические интерфейсы аппаратной синхронизации времени внутренних часов терминала	1PPS IRIG-B
Средняя основная погрешность срабатывания всех выдержек времени на любой уставке не более $\pm 2\%$ от значения уставки или $\pm 20$ мс в зависимости от того, какая из величин больше. ****	
<p>*Номинальный ток аналогового входа задается программно на заводе изготовителе, при эксплуатации данный параметр может быть изменен.</p> <p>**При размещении заказа на производство, требуемое значение указывается в карте заказа (см. приложение А).</p> <p>***Чувствительный и стандартный аналоговые входа, с возможностью выбора варианта подключения.</p> <p>****Номинальные значения климатических факторов внешней среды приведены в руководстве по эксплуатации «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» – ЭКРА.650321.001 РЭ.</p> <p>*****Без учета времени срабатывания выходного реле терминала, которое составляет не более 10 мс и времени обработки данных в терминале, которое составляет не более 20 мс.</p>	

1.2.7 Информация о собственном пусковом токе блока питания терминала приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.8 Перечень входных и выходных цепей терминала приведен в функциональной схеме.

1.2.9 Характеристики необходимые для расчета уставок приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики необходимые для расчета уставок

Характеристика	Значение
Степень селективности	0,3 с
Коэффициент надежности	1,1 - 1,2

1.2.10 Информация о работе терминалов при изменении номинальной частоты аналоговых сигналов приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.11 В терминалах предусмотрена возможность связи с внешними цифровыми устройствами (в том числе АСУ ТП) по независимым, гальванически развязанным каналам (см. таблицу 2).

1.2.12 Информация о реализации и настройки синхронизации времени внутренних часов терминала приводится в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.13 Терминал имеет встроенную, заданную изготовителем логическую часть, которая может быть как «жесткой», так и свободно программируемой.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 25.07.17
Подп. дата	

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ





- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ);
- комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка);
- контроль исправности вторичных цепей ТН (КИН);
- контроль исправности вторичных цепей ТТ (КИТ);
- защита от несимметричного режима (ЗНР);
- защита от однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-1);
- защита от двойных однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2);
- защита от повышения напряжения (ЗПН);
- защита от минимального напряжения (ЗМН);
- контроль наличия (отсутствия) напряжения на шинах;
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- защита от дуговых замыканий (ЗДЗ);
- два дополнительных трехфазных реле тока.
- защита минимального тока (ЗМТ);
- защита минимальной частоты (ЗМЧ);
- защита от обратной мощности (ЗОМ);
- защита от тепловой перегрузки (ЗТП);
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- защита от асинхронного хода двигателя;

**б) в части автоматики управления:**

- определение режима работы двигателя;
- ограничение количества пусков за час и времени между пусками;
- автоматическая частотная разгрузка (АЧР) и частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ);
- автоматика управления выключателем (АУВ);

**в) в части измерения, осциллографирования, регистрации:**

- измерение действующего значения напряжения по каждой фазе и линейные;
- измерение действующего значения тока в каждой фазе;
- измерение частоты сети;
- измерение активной мощности пофазно и суммарной;
- измерение реактивной мощности пофазно и суммарной;
- измерение полной мощности пофазно и суммарной;
- измерение коэффициента активной мощности пофазно и суммарного;
- индикация текущих величин;
- осциллографирование аварийных процессов в соответствии с требованиями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ;
- передача осциллограмм и событий с меткой времени по цифровым каналам связи;
- регистрация событий в нормальном и аварийном режимах;

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

- встроенные часы-календарь;
- синхронизация по времени (программная и программно-аппаратная, см. руководство ЭКРА.650321.001 РЭ);

**г) в части связи с АСУ ТП:**

- порты для связи с АСУ ТП (2 порта RS485, 2 порта Ethernet);
- чтение/запись всех параметров нормального и аварийных режимов;
- программное обеспечение для конфигурирования и задания уставок устройства (комплекс программ EKRASMS-SP);

**д) дополнительные возможности:**

- непрерывно функционирующая система самодиагностики;
- исключение несанкционированного изменения конфигурации терминала (в частности матрицы отключений) посредством системы паролей;
- прием заданного количества аналоговых сигналов;
- прием заданного количества дискретных сигналов;
- возможность конфигурирования дискретных сигналов с учетом проекта (с помощью матрицы дискретных входов);
- формирование выдержек времени действия функций защиты или автоматики на выходные цепи;
- управление заданным количеством выходных реле терминала (отключающих и сигнальных);
- местная сигнализация, осуществляемая при помощи светодиодных индикаторов и жидкокристаллического дисплея;
- выдача заданного количества выходных аналоговых сигналов;
- сигнализация о неисправностях;
- сигнализация (с «запоминанием») срабатывания защитных функций, приемных и выходных цепей на светодиодных индикаторах, сохраняемая при пропадании (исчезновении, посадке) напряжения питания оперативного тока и восстанавливаемая при появлении напряжения питания;
- связь с внешними устройствами через цифровой интерфейс.

Подробное описание дополнительных возможностей приведено в ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.31 Воздействие любой функции защиты или автоматики на любую выходную цепь осуществляется через программную «матрицу» с возможностью ее изменения путем ввода информации через встроенную клавиатуру или с помощью комплекса обслуживающих программ.

1.2.32 Управление, настройка и контроль функций защит и автоматики терминала осуществляются с помощью кнопочной клавиатуры или (и) по последовательному порту связи.

Инв. № подл. 025/ЭТ	Подп. и дата Петрова 25.07.17	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
						11
1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1.2.33 Терминал имеет на лицевой панели светодиодную сигнализацию, отображающую информацию о срабатывании и текущем состоянии терминала. Предусмотрена возможность назначения указанных светодиодов при помощи уставок «матрицы индикации».

1.2.34 Информация о регистраторе аварийных событий приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.35 Информация о самодиагностике терминала приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.36 Уставки срабатывания измерительных органов (ИО) и пусковых органов (ПО), конфигурация терминала и осциллограммы сохраняются при снятии напряжения питания на неограниченное время.

1.2.37 Характеристики измерения параметров сети переменного тока приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.38 Сведения о сырье, материалах, покупных изделиях представлены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.39 Взаимосвязь между блоками, входящими в состав устройства ЭКРА 217(А) 0502, показана в функциональной схеме (ФС). Связь с внешними устройствами показана в схеме подключения терминала. Сведения содержащиеся в данном РЭ могут отличаться от сведений в ФС на конкретное устройство, по причине возможного наличия дополнительных требований, связанных с особенностью конкретного проекта (данные требования указываются в картах заказа).

1.2.40 Основные логические элементы, применяемые для конфигурирования терминала, их принцип действия и назначение приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.41 Комплектность эксплуатационной документации конкретной поставки отображается в ведомости эксплуатационных документов (ВЭ).

<b>Внимание!</b>	Для повышения помехоустойчивости и исключения ложных срабатываний (в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5 – 2006 (МЭК 61000-6-5:2001)) каждый из дискретных входов имеет независимую регулируемую выдержку времени на срабатывание (по умолчанию равную 15 мс) и регулируемую выдержку времени на возврат (по умолчанию равную 6 мс). Использование данных выдержек времени оправдано, если их значения не ухудшают быстродействие защит. Изменение значений выдержек времени для каждого из дискретных входов терминала доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRASMS-SP (см. соответствующие руководства ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01).
------------------	---

### 1.3 Параметрирование аналоговых входов

1.3.1 Для правильной работы защит и функций важно верно подключить аналоговые входа устройства к измерительным трансформаторам. Направление тока по отношению к устройству зависит от подключения к измерительным трансформаторам (см. рисунок 1). Рекомендовано использовать схему соединения вторичных обмоток измерительных трансформаторов – «звезда» и нейтральная точка со стороны защищаемого объекта (данная

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 25.07.17
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

рекомендация приведена в схемах подключения). В случае, подключения с обратной стороны уставки должны быть скорректированы (зона срабатывания реле направления мощности, коэффициент фазовой коррекции в дифференциальных защитах и т.д.). В случае использования трансформаторов тока только в двух фазах (в фазах А и С), фаза В должна быть восстановлена по схеме соединения «неполная звезда», однако такое решение не является рекомендуемым.

Положительное направления тока или мощности означает, что эти величины направлены к защищаемому объекту, а отрицательное от защищаемого объекта.

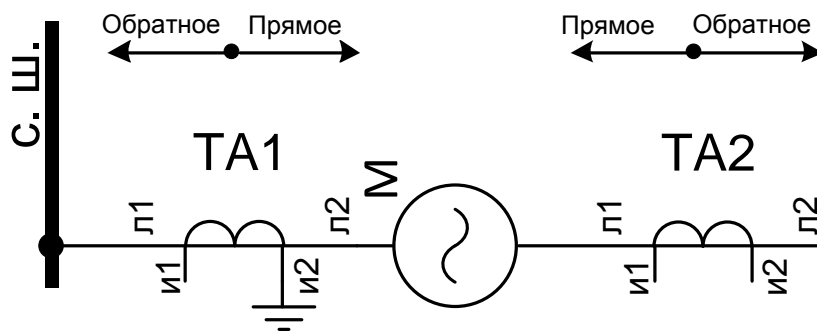


Рисунок 1 – Определение направления для функций

1.3.2 Для правильного срабатывания защит необходимо корректно задать параметры аналоговых входов.

В алгоритмах защит уставки срабатывания могут задаваться относительно базовой величины (базового тока – « $I_{баз}$ » или базового напряжения – « $U_{баз}$ »). Базовый ток определяется как номинальный ток защищаемого объекта, приведенный к вторичному току ТТ. Базовое напряжение определяется как номинальное напряжение защищаемого объекта, приведенное к стороне низкого напряжения измерительного ТН. Задание базовых токов и напряжений, а так же коэффициента трансформации векторов доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRASMS-SP (см. соответствующее руководства ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01) в пункте «Уставки -> «Уставки векторов».

### 1.3.3 Пример задания параметров аналоговых входов тока

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные

Параметр	Значение
Тип защищаемого объекта	Электродвигатель
Номинальная мощность защищаемого объекта – $S_{ном.}$ , кВ·А	5000
Номинальное линейное напряжение на вводах первичной обмотки – $U_{ном.лин.перв.}$ , кВ	6
Схема и группа соединения обмоток ТТ	Y-0
Номинальные параметры ТТ, установленного со стороны выводов обмотки статора электродвигателя $I_{ном.ТТперв.} / I_{ном.ТТвтор.}$ , А / А	600/5

Инв. № подл.	025/ЭТ	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Подп. дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			



### 1.3.3.2 Расчет и задание параметров аналоговых входов Iтнп н-к\*

Аналоговый вход используется для реализации контроля исправности вторичных токовых цепей ТТ (КИТ, см. 1.5.9) и защиты от двойных однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2, см.1.5.7).

Номинальный ток входа определяется пересчетом первичного номинального фазного тока с учетом коэффициента трансформации у используемого трансформатора тока нулевой последовательности (ТТНП) по формуле

$$I_{\text{ном.ттип.втор}} = \frac{I_{\text{ном.фаз.перв}}}{k_{\text{ТТНП}}} = \frac{481,125}{125} = 3,849 \text{ А.} \quad (6)$$

В терминал необходимо ввести следующие параметры: для входа Iтнп н-к: номинал – 3,849 А; фактический коэффициент трансформации (у ТТНП) – 125.

### 1.3.3.3 Расчет и задание параметров аналоговых входов Iтнп (ф) н-к:

Аналоговый вход используется для реализации защиты от однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-1, см. 1.5.6).

Для входа Iтнп (ф) н-к в терминал необходимо ввести следующие параметры: номинал 0,6 А (либо 0,2 А); фактический коэффициент трансформации (у ТТНП) — 125.

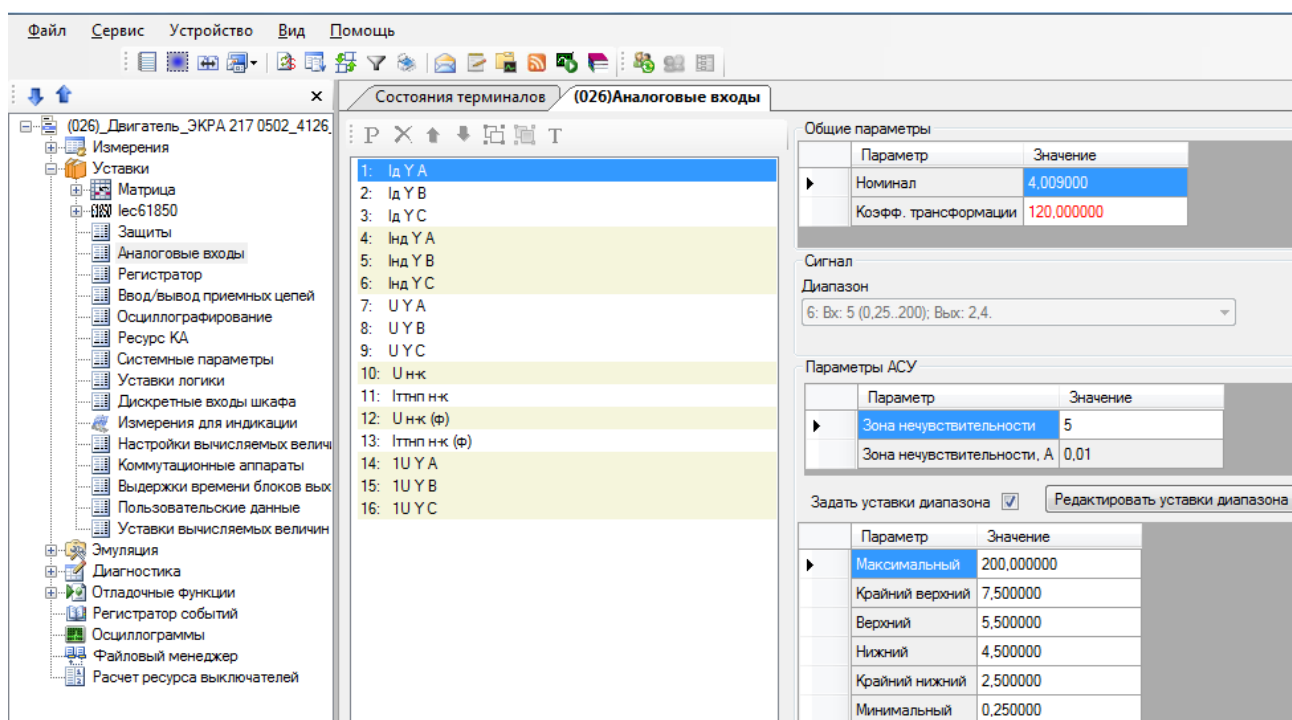


Рисунок 2 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной токовой цепи (IdY)

\* «н-к» - наименование аналоговой цепи, обозначающее «начало» и «конец» измерительного трансформатора тока или напряжения.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

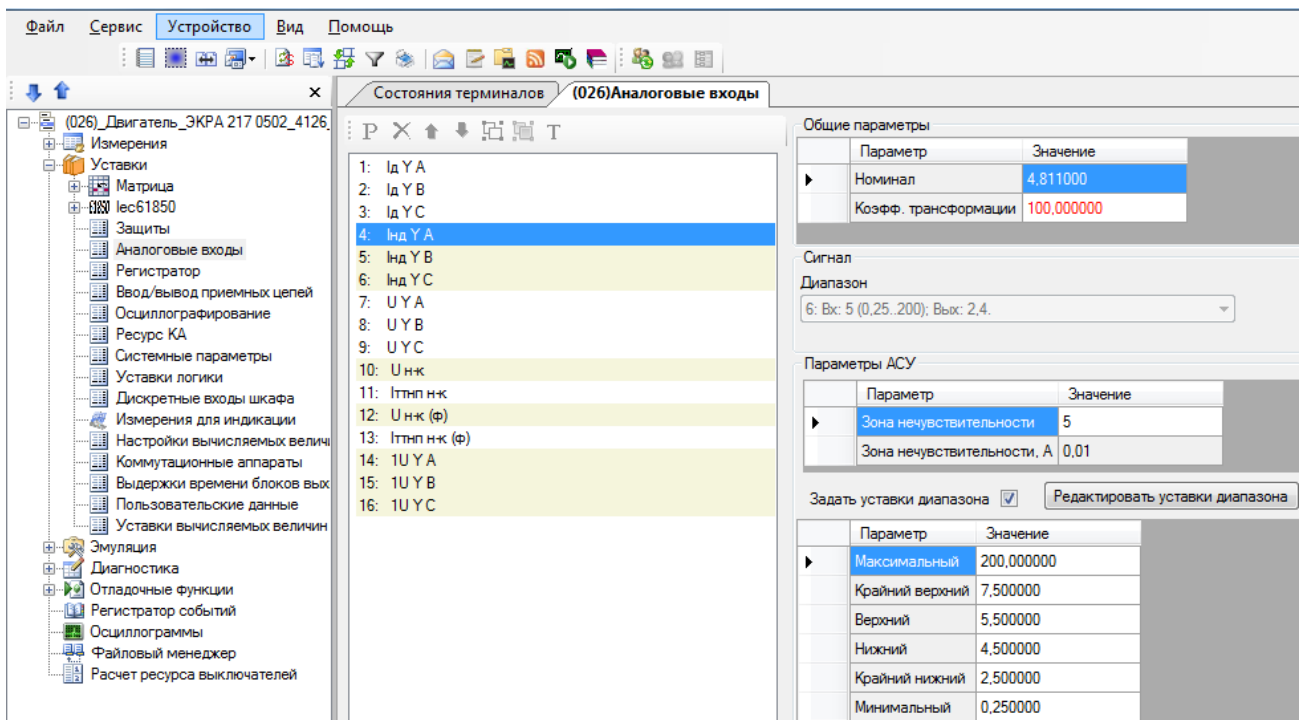


Рисунок 3 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной токовой цепи (ИндУ)

### 1.3.4 Пример задания параметров аналоговых входов напряжения

1.3.4.1 Пример 1 – для измерительных ТН с номинальным напряжением дополнительной вторичной обмотки ( $U_{доп}$ ), равным 100/3 В.

Исходные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные [1]

Параметр	Значение
Тип ТН	НАЛИ-СЭЩ-6-1 У(Т)2
Схема соединения обмоток	Ув/Ун/Δ
Номинальное напряжение (фазное) первичной обмотки $U_{ном. перв.}$ , В	$6000/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение (фазное) основной вторичной обмотки $U_{ном. втор. осн.}$ , В	$100/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки $U_{доп.}$ , В	100/3

ТН НАЛИ-СЭЩ-6-1 У(Т)2 состоит из четырех трансформаторов, один из которых ТНП, а остальные в виде трехфазной группы из трех однофазных измерительных трансформаторов НОЛ-СЭЩ-6-2, установленных основаниями в ряд. Каждый ТН, входящий в состав трехфазной группы имеет по две вторичных обмотки, одна из которых соединяется в звезду и предназначена для питания измерительных приборов и цепей защитных устройств, а вторая – дополнительная обмотка, соединяется в «разомкнутый треугольник» и служит для питания цепей защитных устройств и контроля изоляции сети. Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки ( $U_{доп}$ )  $100 / 3 = 33,3$  В [1].

Коэффициент трансформации дополнительной обмотки рассчитывается по формуле

Подп. дата  
Инв. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Петрова 25.07.17  
Инв. № подл.  
025/ЭТ

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном.фаз.перв.}}{U_{ном.фаз.доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / 3} = 103,9. \quad (7)$$

В терминал при его подключении на фазное напряжение каждой их фаз, необходимо ввести следующие параметры, задающие базовое напряжение.

Для группы трехфазной цепи напряжения (UY): номинал цепи –  $100/\sqrt{3}=57,74$  В; коэффициент трансформации – 60 (см. рисунок 4). Для цепи напряжения нулевой последовательности ( $U_{н-к}$  и  $U_{(ф)н-к}$ ): номинал цепи  $100/3=33,33$  В; коэффициент трансформации – 103,9.

1.3.4.2 Пример 2 – – для измерительных ТН с номинальным напряжением дополнительной вторичной обмотки ( $U_{доп}$ ), равным 100 В.

Исходные данные представлены в таблице 6

Таблица 6 – Исходные данные [2]

Параметр	Значение
Тип ТН	ЗНОЛ-6
Схема соединения обмоток	Yв/Yн/Δ
Номинальное напряжение (фазное) первичной обмотки $U_{ном.перв.}$ , В	$6000/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение (фазное) основной вторичной обмотки $U_{ном.втор.осн.}$ , В	$100/\sqrt{3}$
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки $U_{доп.}$ , В	100

Расчет и задание параметров

Расчет величины номинальных напряжений выполняется аналогично примеру 1.

Коэффициент трансформации основной обмотки рассчитывается по формуле

$$k_{ТНосн} = \frac{U_{ном.фаз.перв.}}{U_{ном.фаз.втор.осн.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}} = 60. \quad (8)$$

Коэффициент трансформации дополнительной обмотки рассчитывается по формуле

$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном.фаз.перв.}}{U_{ном.фаз.втор.доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100} = 34,64. \quad (9)$$

Для группы трехфазной цепи напряжения (UY): номинал цепи –  $100/\sqrt{3}=57,74$  В; коэффициент трансформации – 60. Для цепи напряжения нулевой последовательности ( $U_{н-к}$  и  $U_{(ф)н-к}$ ): номинал цепи – 100 В; коэффициент трансформации – 34,64.

Инва. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	Петрова 25.07.17
Подп. дата	

1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	25.07.17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

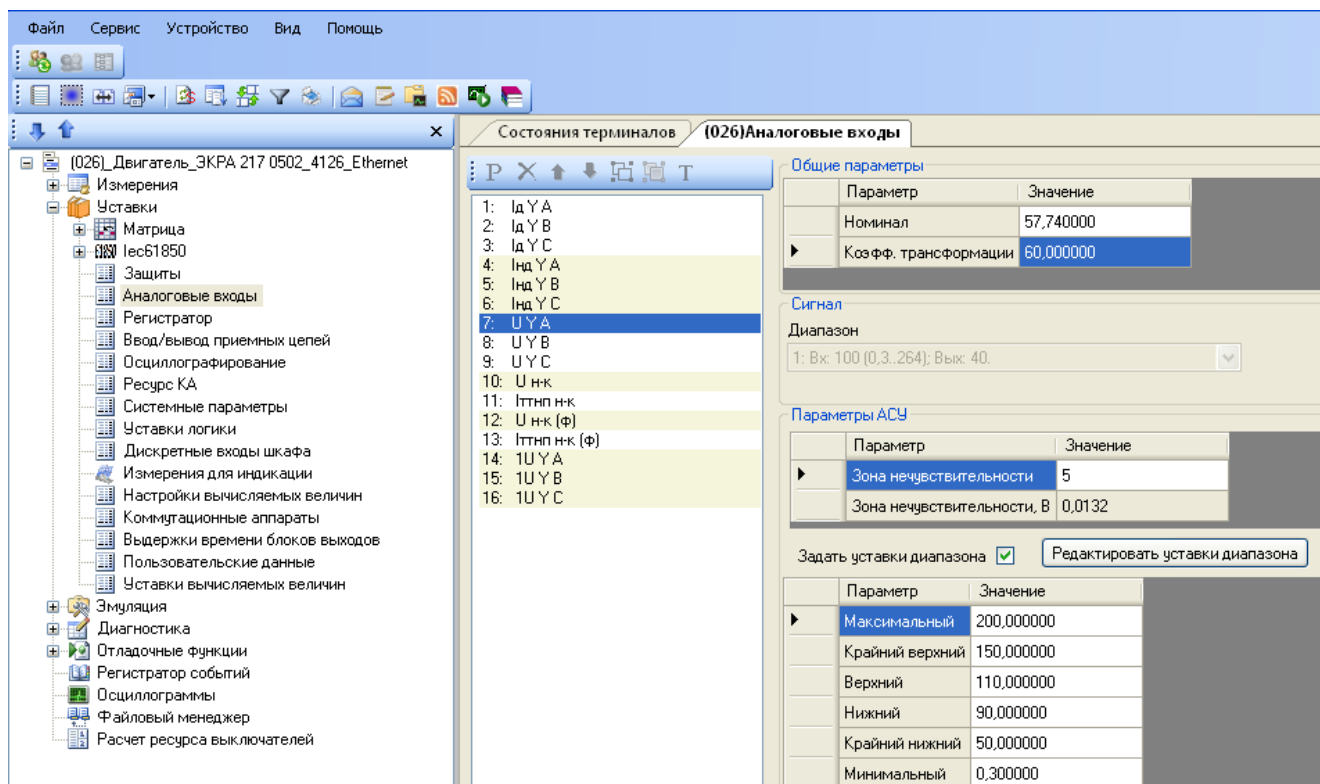


Рисунок 4 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной цепи напряжения (UY)

#### 1.4 Требования к трансформаторам тока

Для надежной и правильной работы защит и функций, измерительные трансформаторы тока должны быть подобраны для конкретного объекта индивидуально.

Расчетная проверка пригодности трансформаторов тока для релейной защиты включает в себя следующие оценочные критерии:

- соответствие ТТ общим требованиям своего функционального назначения для ряда видов защиты (дифференциальные, токовые защиты, защиты от замыкания на землю и т.п.);
- соответствие ТТ по допустимой нагрузке на вторичную обмотку (т.е. внешней нагрузке на вторичную обмотку из сопротивлений проводов и кабелей, реле, приборов и переходных сопротивлений в контактных соединениях);
- выбор расчетного вида повреждения и определение расчетного первичного тока (т.е. такого расчетного тока при котором имеет место наибольшая погрешность ТТ);
- проверка ТТ на десятипроцентную погрешность (для проверки необходимо определить нагрузку на вторичную обмотку ТТ и расчетный первичный ток).

##### 1.4.1 Общие рекомендации по выбору фазных ТТ

1.4.1.1 Допускаемая токовая погрешность для ТТ должна соответствовать классу 5Р, 10Р по ГОСТ 7746 - 2015.

1.4.1.2 Все ТТ, используемые для релейной защиты, должны обеспечивать:

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 25.07.17	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

– точную работу ИО защиты в конкретных расчетных условиях, для чего полная погрешность ТТ не должна превышать 10 % от  $I_{1расч.}$ ;

– надежную (без вибраций) работу ИО защиты при максимальном токе КЗ  $I_{1к.макс.}$ , когда могут быть повышенные погрешности ТТ и искажения формы кривой вторичного тока;

– отсутствие опасных перенапряжений во вторичных цепях ТТ при максимальном токе КЗ  $I_{1к.макс.}$  [3].

1.4.1.3 При выборе ТТ необходимо руководствоваться рекомендациям завода производителя ТТ.

1.4.2 Общие рекомендации по выбору и применению трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП)

1.4.2.1 Для реализации на объекте комплексной микропроцессорной защиты отходящих фидеров, рекомендовано применение кабельных ТТНП с неразъемным магнитопроводом (типа ТЗЛМ, ТЗЛ, ТЗЛЭ) с принятием мер к снижению сопротивления нагрузки во вторичных токовых цепях ТТНП до (0,04 - 0,06) Ом, что достигается установкой терминала защиты фидера в ячейку КРУ.

1.4.2.2 В сетях с емкостным током замыкания на землю менее 5 А для выполнения чувствительной защиты от замыкания на землю большое значение имеет конструктивное исполнение магнитопровода ТТНП. С точки зрения желаемого ограничения ЭДС и токов небаланса у ТТНП, целесообразным является применение ТТНП именно с тороидальной формой магнитопровода с равномерной намоткой вторичной обмотки по поверхности магнитопровода, а с не квадратной формой или прямоугольной.

1.4.2.3 Цепи тока нулевой последовательности могут быть подключены и к кабельному ТТНП с разрезным магнитопроводом, например, типа ТРЗЛ, выпускаемого серийно общепромышленным способом. Однако, следует иметь в виду, что у такого ТТНП даже при тщательной шлифовке и сжатии соприкасающихся поверхностей после сборки разъемного магнитопровода, сопротивление ветви намагничивания резко уменьшается по сравнению с первоначальным (до разрезания), что неблагоприятно сказывается на чувствительности защиты от замыкания на землю и является причиной значительного увеличения ЭДС и тока небаланса у ТТНП такого типа. Поэтому по своим магнитным свойствам ТТНП с разрезным магнитопроводом приближается к магнитопроводу со сплошным немагнитным зазором. В схеме замещения такого ТТНП, ветвь намагничивания стали шунтируется дополнительной ветвью, соответствующей зазору, что и приводит к уменьшению результирующего сопротивления ветви намагничивания.

1.4.2.4 С целью снижения величины тока небаланса ( $I_{нб}$ ) у кабельных ТТНП предпочтение рекомендуется отдавать конструкциям ТТНП с неразъемным тороидальным магнитопроводом и равномерной намоткой вторичной обмотки на магнитопровод ТТНП с размещением трехфазного кабеля (либо конструкции из пучка сближенных между собой трех однофазных кабелей)

Инв. № подл.	025/ЭТ				Лист
	1	Зам.	ЭКРА.1489-2017	Петрова	
Подп. и дата	Петрова 25.07.17				Лист
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					19
Подп. дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

1.4.2.5 примерно по центру окна ТТНП и его закрепления с помощью конструктивных элементов, внешних по отношению к ТТНП. Для объектов с особо сложными условиями выполнения защиты от замыкания на землю (где ожидаемая величина емкостного тока замыкания на землю  $I_{сз}$  не превышает 2 А), наилучшим вариантом является проведение замера непосредственно на объекте тока небаланса у кабельного ТТНП при номинальном рабочем токе защищаемого фидера. Отстройка уставки срабатывания защиты ( $I_{ср.заш}$ ) от тока небаланса ( $I_{нб}$ ) и проверка обеспечения требуемой чувствительности защиты при замыкании на защищаемом фидере. В случае, если чувствительность защиты не обеспечивается, необходимо применение специальных мер по уменьшению тока небаланса у кабельного ТТНП. К таким специальным мерам относится бандажирование пучка из однофазных кабелей и экранирование участка сбандажированных кабелей внутри окна ТТНП (путем помещения внутрь окна ТТНП цилиндра из ферромагнитного материала с внешним диаметром, равным внутреннему диаметру окна трансформатора с размещением кабеля примерно по центру окна ТТНП (симметрирование конструкции)).

1.4.2.6 Микропроцессорный терминал подключается к вторичной обмотке ТТНП, тороидальный магнитопровод которого охватывает все три фазы защищаемой цепи (или пучок высоковольтных кабелей, проходящих сквозь его окно). В терминале для подключения цепей тока  $3I_0$  предусмотрены несколько отдельных аналоговых входов ( $I_{ТТНП1}$ , и  $I_{ТТНП2}$ , см. схему подключения внешних цепей к терминалу).

1.4.2.7 Токовые цепи от ТТНП в зависимости от уровня емкостного тока замыкания на землю на секции шин и коэффициента трансформации ( $k_{ТТНП}$ ) кабельного ТТНП на защищаемом фидере, могут быть подключены к одному из двух аналоговых входов терминала для обеспечения работы измерительного органа защиты в необходимом диапазоне измерений аналогового датчика. Типовым является подключение токовых цепей от ТТНП к разъему Х9:23-24 аналоговых входов терминала с номиналом 0,6 А. В случае, если  $k_{ТТНП}$  находится в диапазоне от 100 до 160 и защите требуется обеспечить более высокую чувствительность, подключение токовых цепей защиты к терминалу рекомендуется выполнять к разъему Х9:21-22 на номинал 0,2 А. Обращаем внимание, что при использовании номинала 0,2 А в конфигурации терминала в разделе «Аналоговые входы» требуется выбрать необходимый диапазон работы (0,2 А) и соответствующий аналоговый вход.

## 1.5 Характеристики защит и функций

### 1.5.1 Дифференциальная защита электродвигателя (ДифЗЭД)

1.5.1.1 Дифференциальная защита электродвигателя предназначена для защиты от многофазных КЗ для электродвигателей (ЭД) мощностью 5 МВт и более, а также для ЭД менее 5 МВт, если установка ТО не обеспечивает выполнение требований чувствительности [4, раздел 5].

1.5.1.2 Защита выполняется трехфазной и подключается к двум группам трансформаторов тока. один из которых установлен со стороны выводов обмотки статора

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

электродвигателя (использование группы ТТ установленных в ячейке предпочтительнее, так как такая реализация позволяет защитить и кабельную линию, питающую ЭД), а другой со стороны нейтрали выводов обмотки статора электродвигателя (см. схему подключения).

1.5.1.3 Защита правильно функционирует при КЗ в зоне действия при входных токах до  $40I_{БАЗ}$  и токовой погрешности высоковольтных трансформаторов тока до 50 % в установившемся режиме сети.

1.5.1.4 В ИО предусмотрена коррекция полярности подводимых токов при помощи коэффициентов  $k_{\Phi,j}$ , изменяющихся в диапазоне от минус 1 до плюс 1 с шагом 1.

1.5.1.5 Характеристика срабатывания приведена на рисунке 5, основные параметры ИО приведены в таблице 7.

1.5.1.6 Дифференциальная защита состоит из дифференциального измерительного органа (ДИО) с торможением и органа дифференциальной токовой отсечки (ДТО).

1.5.1.7 ИО вычисляет дифференциальный ток  $I_d$  каждой фазы, сравнивает его с током срабатывания дифференциального органа ( $I_{ср}$ ) и током срабатывания дифференциальной отсечки ( $I_{отс}$ ) и срабатывает при превышении дифференциальным током тока срабатывания органов.

1.5.1.8 Дифференциальный ток вычисляется как сумма комплексных действующих значений токов, подводимых к защищаемому объекту и приведенных к базовому значению:

$$I_d = \sum_{j=1}^n k_{\Phi,j} k_{A,j} \dot{I}_j, \quad (1)$$

где  $n$  – число присоединений;

$k_{\Phi,j}$  – коэффициент коррекции полярности;

$k_{A,j}$  – коэффициент амплитудной коррекции;

$\dot{I}_j$  – вектор тока основной гармоники  $j$ -го присоединения.

1.5.1.9 Подводимые к защите токи выравниваются цифровым способом при помощи коэффициентов амплитудной коррекции  $K_{Aj}$ , приводящих измеренные токи к базовому значению.

1.5.1.10 Коэффициенты амплитудной коррекции автоматически вычисляются по заданным базовым токам:

$$K_{Aj} = \frac{I_{баз,вт,мин}}{I_{баз,вт,j}}, \quad (2)$$

где  $I_{баз,вт,j} = \frac{I_{баз,j}}{k_{ПТТ,j}}$  – базовый вторичный ток  $j$ -го присоединения;

$I_{баз,вт,мин}$  – минимальный из базовых вторичных токов присоединений  $I_{баз,вт,j}$ ;

$k_{ПТТ,j}$  – коэффициент трансформации промежуточного ТТ  $j$ -го присоединения.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист	
								3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ			

1.5.1.11 Характеристика процентного торможения ДИО определяется зависимостью  $I_D = f(I_T)$  и состоит из двух участков: горизонтального и двух наклонных (см. рисунок 5).

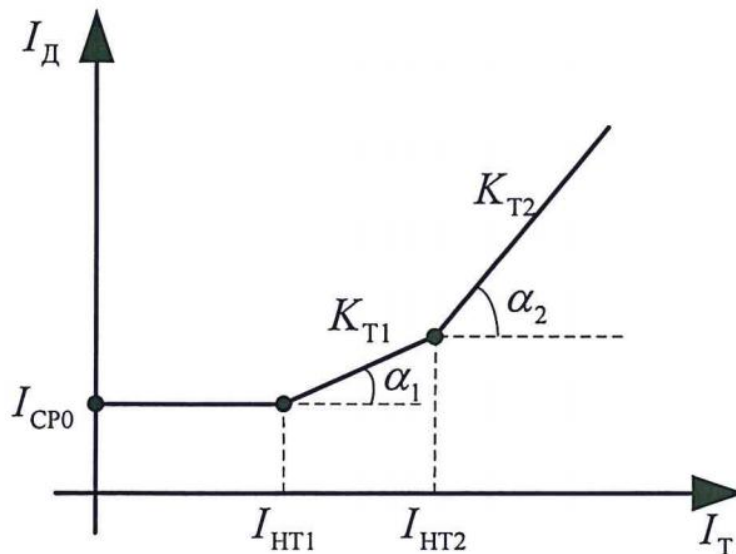


Рисунок 5 – Характеристика процентного торможения ДИО  $I_D = f(I_T)$

1.5.1.12 Ток торможения определяется по выражению

$$I_T = \begin{cases} \sqrt{|I'_1| \cdot |I'_2| \cdot \cos \alpha}, & \cos \alpha \geq 0; \\ 0, & \cos \alpha < 0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $I'_1$  – вектор максимального из токов, подводимых к защите и приведенный к базовому значению;

$I'_2 = I'_1 - I_D$  - вектор разности максимального из токов;

$\alpha$  - угол между векторами  $I'_1$  и  $I'_2$

1.5.1.13 В защите предусмотрена отстройка от броска тока намагничивания по соотношению второй гармонической составляющей дифференциального тока к основной гармонической составляющей. В связи с этим на время действия отстройки от броска в защите предусмотрена возможность закругления уставки минимального тока срабатывания  $I_{CP0}$  до величины  $I_{ВКЛ}$  на время  $T_{ВКЛ}$ .

1.5.1.14 Логическая схема ИО дифференциальной защиты трансформатора приведена на рисунке 6. Предусмотрена возможность дистанционного вывода ДифЗТ из работы с помощью виртуального сигнала «Вывод ДифЗТ». Основные параметры ИО ДифЗТ представлены в таблице 7.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
											3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

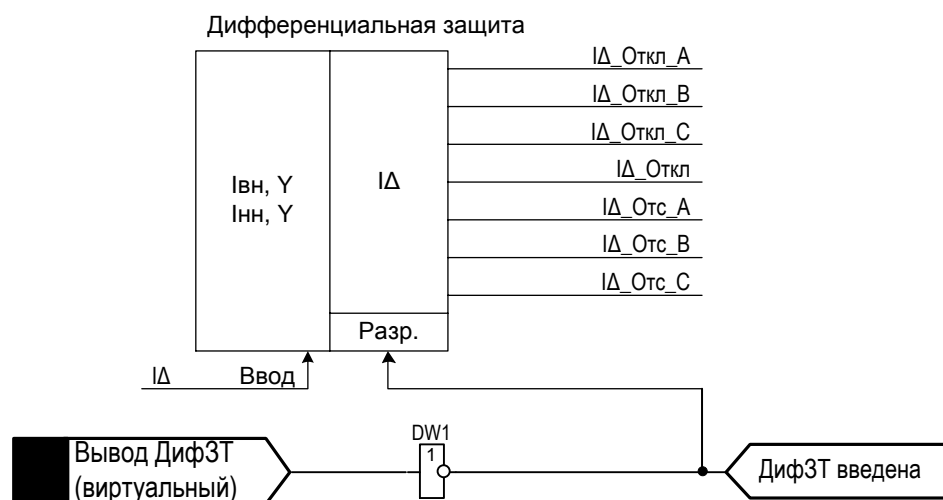


Рисунок 6 – Логическая схема дифференциальной защиты

Таблица 7 – Основные параметры ИО «ДифЗЭД»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Начальный дифференциальный ток срабатывания, о.е	$(0,1 - 1,2) \cdot I_{баз}$	0,01
Коэффициент торможения на первом наклонном участке, Кт1	0,2 - 0,95	0,05
Коэффициент торможения на втором наклонном участке, Кт2	0,2 - 0,95	0,05
Ток начала торможения первого наклонного участка, Iнт1, о.е.	$(0,1 - 6) \cdot I_{баз}$	0,01
Ток начала торможения второго наклонного участка, Iнт2, о.е.	$(0,1 - 6) \cdot I_{баз}$	0,01
Ток срабатывания дифференциальной отсечки, Iотс, о.е.	$(2 - 12) \cdot I_{баз}$	0,01
Количество групп трехфазных ТТ, Nгр	2-5	1
Коэффициент коррекции полярности для токов первой группы, Кф1	от -1 до +1	1
Коэффициент коррекции полярности для токов второй группы Кф2	от -1 до +1	1
Начальный ток срабатывания при включении, Iвкл, о.е.	0,1 - 2	0,01
Время срабатывания при включении, Tвкл, с	0 - 10	0,01
Время срабатывания при двукратном и более токе срабатывания, мс, не более	30	
Время возврата при изменении скачком с двукратного по отношению к уставке срабатывания входного тока до нуля, мс, не более	15	
Погрешности:		
- основная погрешность начального тока срабатывания, %, не более;	5	
- основная погрешность по коэффициенту торможения, %, не более;	15	
- дополнительная погрешность начального тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;	15	
- дополнительная погрешность начального тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:		
- от 3 до 45 Гц;	7	
- от 55 до 95 Гц	10	

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

1.5.1.15 Расчет уставок дифференциальной защиты электродвигателя

Расчет номинального тока электродвигателя приведен в 1.3. Расчет уставок производится в первичных значениях.

1.5.1.15.1 Расчет броска тока при пуске электродвигателя с учетом апериодической составляющей приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет броска тока при пуске ЭД

Режим пуска	Расчетная формула
Прямой пуск	$I_{бр.пуск} = k_{анер.} \cdot k_{пуск} \cdot I_{ном.Д}, A$
Реакторный пуск	$I_{бр.пуск} = \frac{U_{ном.Д}}{\sqrt{3} \cdot (x_c + x_d + x_p)}, A$
Самозапуск	$I_{бр.пуск.сам.зан.} = 1,4 \cdot I_{бр.пуск.}, A$

где  $k_{анер.}$  - коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую пускового тока машины, принимается 1,8;

$k_{пуск}$  - кратность пускового тока машины(как правило,  $(3 - 8) \cdot I_{ном.Д}$ );

$x_c$  – индуктивное сопротивление сети;

$x_p$  – индуктивное сопротивление реактора;

$x_d$  – полное пусковое индуктивное сопротивление двигателя, определяемое по формуле

$$x_d = \frac{U_{ном.Д}}{\sqrt{3} \cdot I_{бр.прям.пуск}} A.$$

1.5.1.15.2 Максимальный ток небаланса  $I_{нб.пуск}$ , соответствующий максимальному броску пускового тока электродвигателя  $I_{бр.пуск}$  рассчитывается по формуле

$$I_{нб.пуск} = (\varepsilon_1 + \gamma + \delta) \cdot I_{бр.пуск} A, \quad (10)$$

где  $\gamma$  - основная относительная погрешность измерения дифференциального тока устройством РЗА (складывается из погрешностей измерения двух токовых каналов, погрешность каждого- 2,5 %);

$\delta$  - технологический запас, обусловленный наличием дополнительной погрешности измерения терминала. Принимается равным половине основной погрешности измерения дифференциального тока ( $\delta = 2,5 \%$ ).

$\varepsilon_1$  – полная относительная погрешность ТТ установленных со стороны нейтрали электродвигателя в режиме, соответствующем максимальному значению броска апериодической составляющей пускового тока электродвигателя.

1.5.1.15.3 Максимальный ток небаланса в цепях дифференциальной защиты обусловленный максимальным значением броска пускового тока электродвигателя с учетом значения коэффициента отстройки  $k_{отс}$  рассчитывается по формуле

Ив. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



$$I_{\text{раб.пуск}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.пуск}} A, \quad (11)$$

где  $k_{\text{отс}} = 1,2$  - коэффициент отстройки.

1.5.1.15.4 Коэффициента торможения рассчитывается по формуле

$$k_{\text{торм.мин}} \geq \frac{I_{\text{раб.пуск}}}{I_{\text{бр.пуск}}} = k_{\text{отс}} \cdot (\varepsilon_1 + \gamma + \delta). \quad (12)$$

Коэффициент торможения округляется до сотых в большую сторону.

1.5.1.15.5 Уставка срабатывания дифференциальной токовой отсечки с учётом отстройки от максимального тока небаланса  $I_{\text{ДТО}} \geq I_{\text{нб.пуск}}$  при максимальном броске пускового тока электродвигателя, с учетом округленного значения коэффициента торможения рассчитывается по формуле

$$I_{\text{ДТО}} = k_{\text{торм.мин}} \cdot I_{\text{бр.пуск}} A. \quad (13)$$

1.5.1.15.6 Максимальное значение тока небаланса при номинальном токе электродвигателя рассчитывается по формуле

$$I_{\text{нб.мах.расч}} = (\varepsilon_2 + \gamma + \delta) \cdot I_{\text{ном.дв}} A, \quad (14)$$

где  $\varepsilon_2$  – полная относительная погрешность ТТ установленных со стороны нейтрали электродвигателя при номинальном токе электродвигателя.

1.5.1.15.7 Начальный ток срабатывания  $I_{\text{СП0}}$  рассчитывается по формуле

$$I_{\text{СП0}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.мин.расч}} A \quad (15)$$

где  $k_{\text{отс}} = 1,2$  - коэффициент отстройки.

Для построения характеристики ДЗТ, определяем значение тока торможения, при котором выполняется излом характеристики дифференциальной защиты

$$I_{\text{НТ}} = \frac{I_{\text{СП0}}}{k_{\text{торм.мин}}} A. \quad (16)$$

1.5.1.15.8 Проверка чувствительности защиты

Расчет коэффициента чувствительности защиты при двухфазном КЗ на вводах питания электродвигателя

$$k_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{\text{КЗ}}^{(2)}}{I_{\text{СП0}}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{КЗ}}^{(3)}}{I_{\text{СП0}}}. \quad (17)$$

1.5.1.16 Пример расчета и задания уставок дифференциальной защиты ЭД

Режим пуска ЭД – прямой.

Расчет броска тока при пуске электродвигателя с учетом апериодической составляющей:

$$I_{\text{бр.пуск}} = 1,8 \cdot 8 \cdot 481,125 = 6928,2 \text{ А}$$

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист	
								3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ			

Расчет максимального тока небаланса  $I_{нб.пуск}$ , соответствующего максимальному броску пускового тока электродвигателя  $I_{бр.пуск}$ :

$$I_{нб.пуск} = (0,1 + 2 \cdot 0,025 + 0,025) \cdot 6928,2 = 1212,435 \text{ A}.$$

Расчет максимального тока небаланса в цепях дифференциальной защиты обусловленный максимальным значением броска пускового тока электродвигателя с учетом значения коэффициента отстройки  $k_{отс}$ :

$$I_{раб.пуск} \geq 1,2 \cdot 1212,435 = 1454,92 \text{ A},$$

где  $k_{отс} = 1,2$  - коэффициент отстройки.

Расчет коэффициента торможения:

$$k_{торм.мин} \geq \frac{1454,92}{6928,2} = 0,2099.$$

Принимаем  $k_{торм.мин} = 0,21$ .

Расчет уставки срабатывания дифференциальной токовой отсечки с учётом отстройки от максимального тока небаланса  $I_{ДТО} \geq I_{нб.пуск}$  при максимальном броске пускового тока электродвигателя, с учетом округленного значения коэффициента торможения:

$$I_{ДТО} = 0,21 \cdot 6928,2 = 1454,922 \text{ A}.$$

Так как уставки задаются в относительных величинах (см. 1.5.1.4), то уставка срабатывания рассчитывается по формуле:

$$I_{отс} = \frac{I_{ДТО}}{I_{ном.фаз.перв}} = \frac{1454,922}{481,125} = 3,024 \text{ о.е.}$$

Расчет максимального значения тока небаланса при номинальном токе электродвигателя:

$$I_{нб.мин.расч} = (0,05 + 2 \cdot 0,025 + 0,025) \cdot 481,125 = 60,14 \text{ A}.$$

Расчет уставки начального тока срабатывания  $I_{СР0}$ :

$$I_{СР0} \geq 1,2 \cdot 60,14 = 72,169 \text{ A}$$

Так как уставки задаются в относительных величинах (см. 1.5.1.4), то уставка срабатывания рассчитывается по формуле:

$$I_{СР0} = \frac{I_{СР0}}{I_{ном.фаз.перв}} = \frac{72,169}{481,125} = 0,15 \text{ о.е.}$$

Расчет уставки тока начала торможения:

$$I_{НТ} = \frac{72,169}{0,21} = 343,66 \text{ A}.$$

Так как уставки задаются в относительных величинах (см. 1.5.1.4), то уставка срабатывания рассчитывается по формуле:

Инв. № подл.	025/ЭТ				Лист 26		
	Инв. № дубл.	3	Зам.	ЭКРА.1517-2020		Архипова	25.08.20
		Взам. инв. №					
Подп. и дата	Архипова 25.08.20				Лист 26		
Подп. дата					Лист 26		
ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ					Лист 26		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

$$I_{HT} = \frac{I_{HT}}{I_{ном.фаз.перв}} = \frac{343,66}{481,125} = 0,7142 \text{ о.е.}$$

Округляем до сотых, получим  $I_{HT} = 0,71 \text{ о.е.}$

Задание уставок дифференциальной защиты ЭД в ПО «АРМ-релейщика» приведено на рисунке 7.

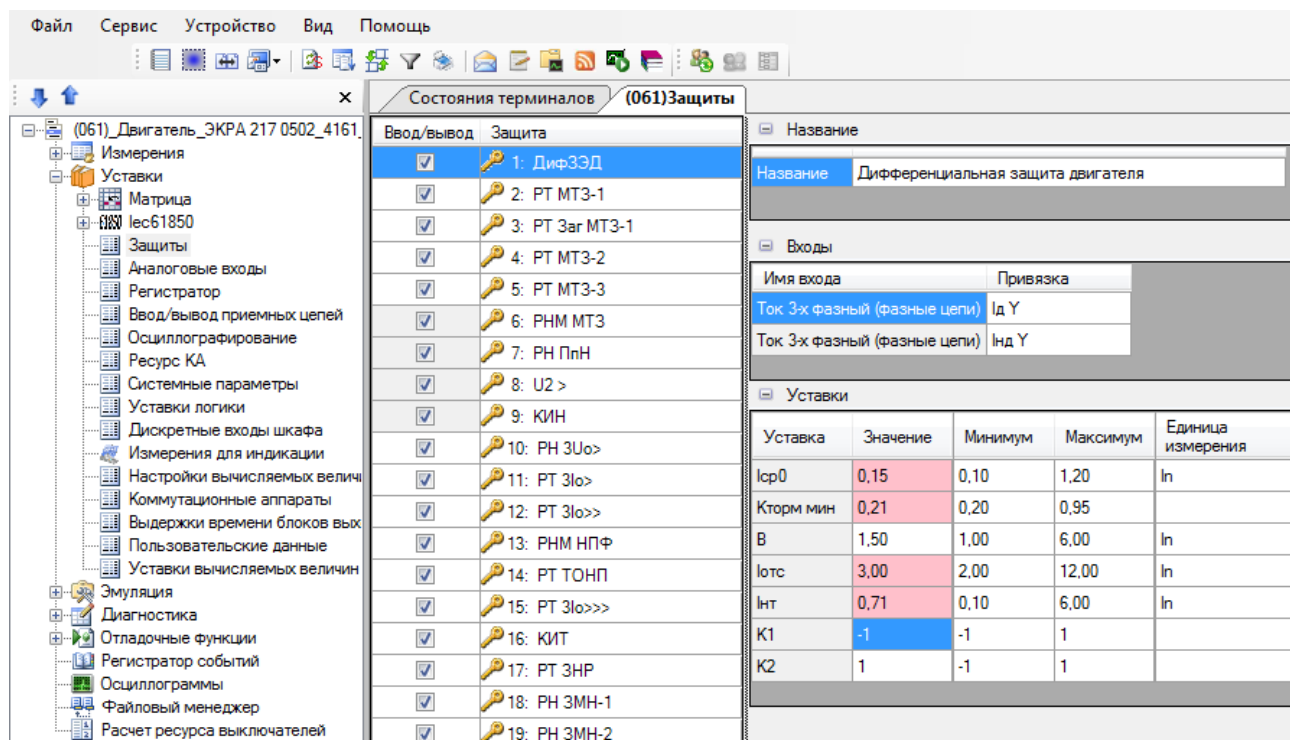


Рисунок 7 – Окно ПО «АРМ-релейщика». Задание уставок дифференциальной защиты ЭД

### 1.5.2 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.5.2.1 Максимальная токовая защита предназначена для защиты от многофазных КЗ в обмотке статора электродвигателя. Для ЭД мощностью менее 5 МВт МТЗ является основной, а для ЭД свыше 5 МВт - резервной [4, раздел 5].

1.5.2.2 Каждая из ступеней представляет собой совокупность нескольких измерительных органов, объединенных общей логикой. Каждый измерительный орган (ИО) МТЗ имеет независимую регулируемую уставку срабатывания и коэффициент возврата. Основные характеристики ИО представлены в таблицах 12, 13.

1.5.2.3 В зависимости от выбора состояния программных накладок (см. таблицу 9) каждая из ступеней МТЗ может быть выполнена направленной и/или иметь комбинированный пуск по напряжению.

Таблица 9 – Программные накладки МТЗ

Имя	Название	Состояние
МТЗ-1_Авт_загр_уст	Автоматическое заграбление уставки	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено

Инв. № подл.	025/ЭТ	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист	27
Инв. № дубл.		Изм	№ докум.	Подп.	Дата			
Взам. инв. №								
Подп. и дата	Архипова 25.08.20							
Подп. дата								

MT3-1_Напр_при_Неисп_ТН	Действие направленной MT3-1 при неисправности ТН	1 - Авт. переключение на ненаправленную работу
		0 - Запрет работы

Продолжение таблицы 9

Имя	Название	Состояние
MT3-1_Конт_напр	Контроль направленности MT3-1	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
MT3-1_Пуск_по_напр	Пуск по напряжению MT3-1	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
MT3-2_Напр_при_Неисп_ТН	Действие направленной MT3-2 при неисправности ТН	1 - Авт. переключение на ненаправленную работу
		0 - Запрет работы
MT3-2_Конт_напр	Контроль направленности MT3-2	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
MT3-2_Пуск_по_напр	Пуск по напряжению MT3-2	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
Торм_MT3-2	Ввод торможения MT3-2	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен

1.5.2.4 Воздействия каждой из ступеней MT3 могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.32). Основные параметры ИО (реле тока) каждой из ступеней приведены в 1.5.2.11, 1.5.2.12 соответственно. Функциональные схемы ступеней MT3 представлены на рисунках 8 - 10.

1.5.2.5 Особенность первой ступени защиты MT3 в том, что она имеет возможность автоматического заглубления уставки на момент включения выключателя. Автоматическое заглубление уставки вводится при любых включениях выключателя при наличии соответствующего положения программной накладки (см. таблицу 9).

<b>Внимание!</b>	Для корректной работы MT3-1, в режиме «Автоматическое заглубление уставки», обязательным условием является превышение величины времени ввода заглубления (выдержка времени «РПО_t», см. 1.5.28) над задержкой на срабатывание (см. таблицу 10).
------------------	---

Таблица 10 – Выдержки времени MT3-1

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
MT3-1_Сраб_t1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание MT3-1	0,1	0 – 10
MT3-1_Сраб_t2	Регулируемая выдержка времени на срабатывание MT3-1	1	0 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

1.5.2.6 Вторая ступень MT3 может быть выполнена как с зависимыми время-токовой характеристиками срабатывания, так и с независимыми. Полный перечень характеристических кривых приведен в таблицах 14, 15, вид характеристических кривых приведен в приложении Б, остальные параметры приведены в 1.5.2.12. Выдержки времени MT3-2, MT3-3 приведены в таблице 11.

Имп. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Таблица 11 – Выдержки времени МТЗ-2, МТЗ-3

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
МТЗ-2_Сраб_t1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ-2	1	0,1 – 20
МТЗ-2_Сраб_t2	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ-2	1,5	0,1 – 20
Торм_МТЗ-2	Регулируемая выдержка времени на торможение МТЗ-2	0,8 с	0,1-20 с
МТЗ-3_Сраб_t	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ-3	10	0,1 – 20

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

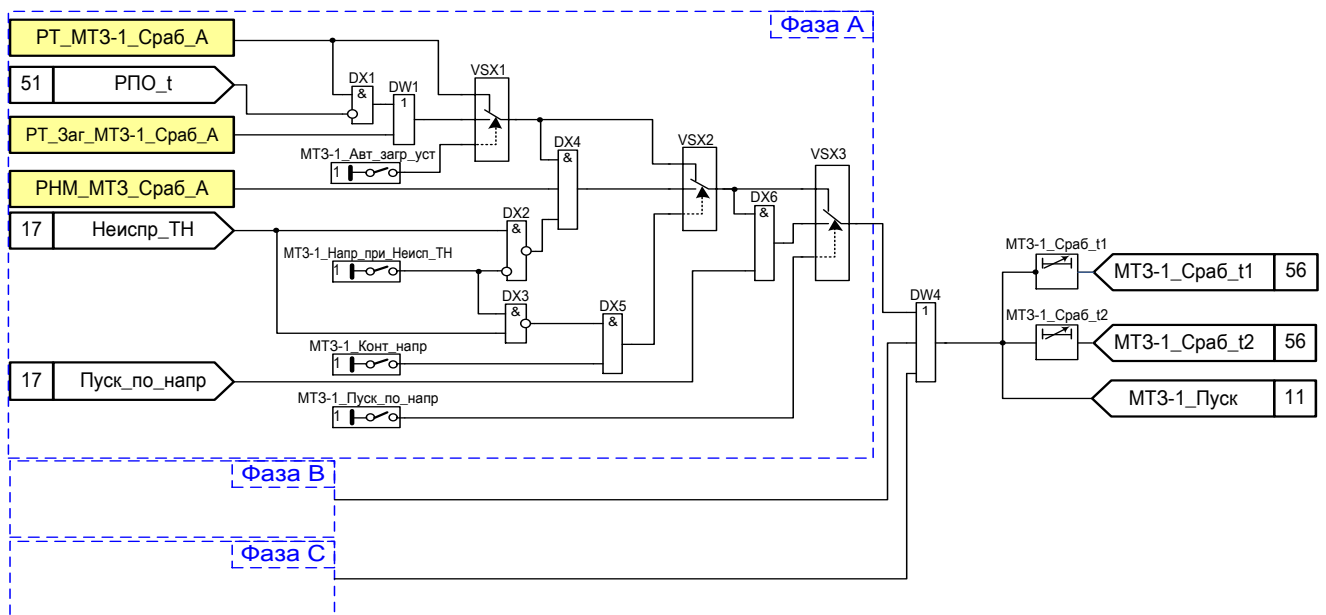


Рисунок 8 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-1

1.5.2.7 Срабатывание реле тока МТЗ-1, МТЗ-2 формируют сигнал «Пуск МТЗ». Функциональная схема пуска МТЗ представлена на рисунке 11.

1.5.2.8 В работе ЗДЗ сигнал «Пуск МТЗ» используется для исключения излишних срабатываний защиты при срабатывании оптического датчика дуговой защиты (контроль тока).

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инд. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

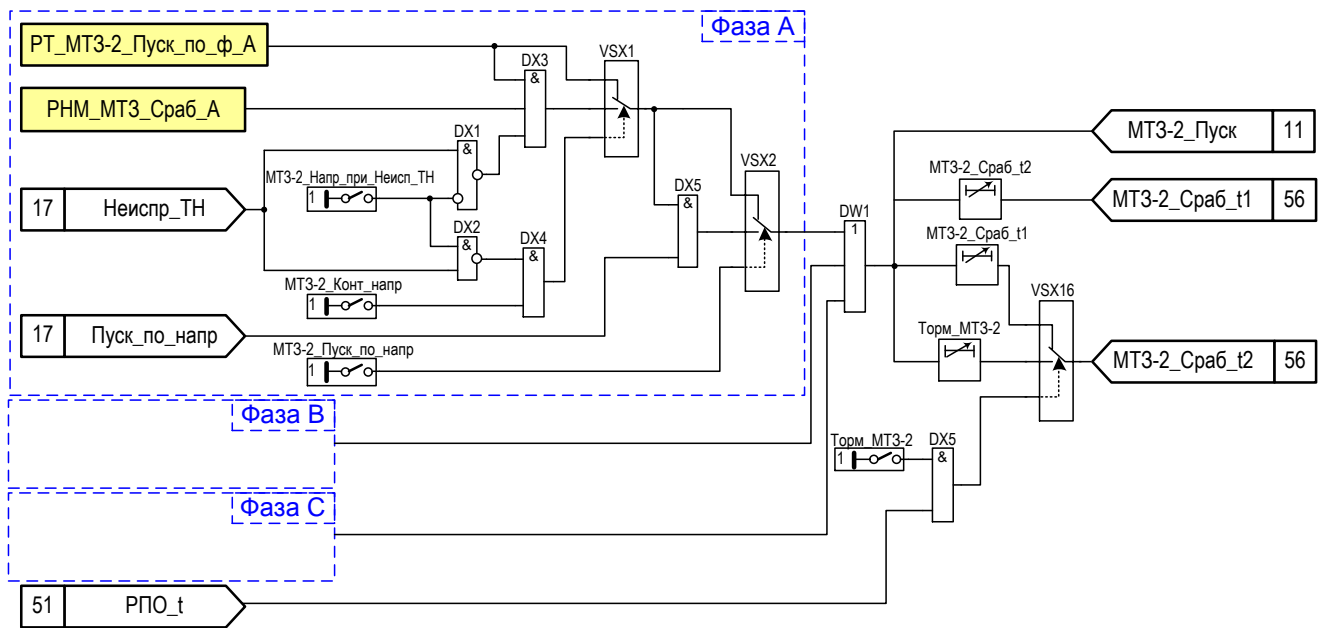


Рисунок 9 – Фрагмент функциональной схемы МТ3-2

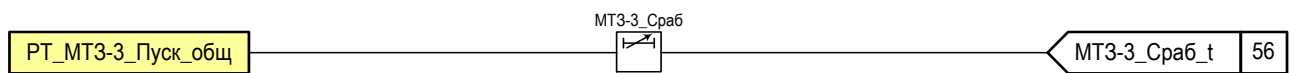


Рисунок 10 – Фрагмент функциональной схемы МТ3-3



Рисунок 11 – Фрагмент функциональной схемы «Пуска МТ3»

1.5.2.9 Срабатывание реле тока МТ3-1, МТ3-2 формируют сигнал «Пуск МТ3». Функциональная схема пуска МТ3 представлена на рисунке 11.

1.5.2.10 В работе ЗДЗ сигнал «Пуск МТ3» используется для исключения излишних срабатываний защиты при срабатывании оптического датчика дуговой защиты (контроль тока).

1.5.2.11 Принцип действия ИО МТ3-1

1.5.2.11.1 ИО «РТ МТ3-1» и «РТ Заг МТ3-1» реализованы однотипно и имеют независимую время-токовую характеристику срабатывания. Основные характеристики приведены в таблице 12.

1.5.2.11.2 Измерительные органы максимального действия. Принцип действия ИО основан на сравнении действующих значений каждого из трех фазных токов ( $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ) с уставкой.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Подп. дата
		Архипова 25.08.20	
Взам. инв. №		Инв. № дубл.	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 12 – Основные характеристики трехфазных ИО тока МТЗ-1 – «РТ МТЗ-1», «РТ Заг МТЗ-1»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Ток срабатывания, А.	(0,05-40)·Iном*	0,001
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5-1	0,01
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс**, не более	15	
Время возврата при изменении скачком с двукратного по отношению к уставке срабатывания входного тока до нуля, мс**, не более	15	
Погрешности:		
- основная погрешность тока срабатывания, %, не более;	5	
- дополнительная погрешность тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;	10	
- дополнительная погрешность тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:		
- от 3 до 47 Гц;	7	
- от 53 до 80 Гц	10	
<p>*Iном – номинал диапазона аналогового входа (5 А или 1 А), определяется при заказе.  **Указанное время срабатывания приведено без учета времени срабатывания выходного реле терминала. Время срабатывания выходного реле терминала не превышает 10 мс (см. ЭКРА.650321.001 РЭ).</p>		

#### 1.5.2.12 Принцип действия ИО МТЗ-2, МТЗ-3 [5]

1.5.2.12.1 ИО МТЗ-2, МТЗ-3 реализованы однотипно. Пример характеристики срабатывания зависимой время-токовой характеристики приведен на рисунке 13. Основные параметры приведены в таблице 13. Функционально-логическая схема ИО приведена на рисунке 12.

1.5.2.12.2 Измерительный орган МТЗ-2, МТЗ-3 представляет собой орган максимального действия. Расчет величины входной воздействующей величины (тока) производится по действующему значению первой гармоники. Принцип действия ИО основан на сравнении наибольшего из действующих значений фазных токов ( $I_{max}$ ) с уставкой. Функционально-логическая схема ИО МТЗ-2, МТЗ-3 приведена на рисунке 12.

1.5.2.12.3 Предусмотрена возможность выбора характеристик срабатывания и возврата. Выбор типа выдержки времени на срабатывание и на возврат осуществляется уставками «Тип ВВС» и «Тип ВВВ» соответственно. Характеристические кривые зависимых выдержек времени на срабатывание и на возврат приведены в таблицах 14, 15. Кривые МЭК соответствуют стандарту IEC 60255-151 (2009) (ГОСТ 27918-88 (МЭК 255-4-76)), кривые ANSI – стандарту IEEE Std C37.112-1996.

1.5.2.12.4 При выборе независимой характеристики срабатывания (уставка «Тип ВВС»-«1», см. таблицу 14) ИО срабатывает при превышении  $I_{max}$  уставки « $I_{пуск}$ » (в данном

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

режиме уставка « $I_{\text{пуск}}$ » – является уставкой срабатывания). Возврат ИО определяется коэффициентом возврата  $K_{\text{воз}}$ . (см. таблицу 13).

1.5.2.12.5 При выборе зависимой характеристики срабатывания (уставка «Тип ВВС» - не равна единице, см. таблицу 14). При превышении значения тока  $I_{\text{max}}$  уставки « $I_{\text{пуск}}$ » формируется сигнал «Пуск» с указанием фазы с максимальным значением тока и начинается отчет выдержки времени на срабатывание. В диапазоне значений тока  $I_{\text{max}}$  от  $I_{\text{пуск}}$  до  $1,1 \cdot I_{\text{пуск}}$  кривые зависимых выдержек времени на срабатывание имеют горизонтальный участок с фиксированным временем срабатывания  $t_{\text{сраб}}(1,1 I_{\text{пуск}})$  (см. рисунок 13). При значении тока  $I_{\text{max}}$  больше чем  $1,1 \cdot I_{\text{пуск}}$   $t_{\text{сраб}}$  рассчитывается в соответствии с заданной характеристической кривой. Характеристические кривые зависимых выдержек времени на срабатывание могут быть ограничены минимальным временем срабатывания, задаваемым уставкой « $T_{\text{мин}}$ » (см. рисунок 13).

1.5.2.12.6 Текущее значение счетчика времени отображается в виде параметра «Q», значение которого соответствует отношению времени прошедшему с момента пуска к расчётному времени срабатывания при данном токе  $I_{\text{max}}$  (см. рисунок 13).

1.5.2.12.7 При использовании зависимой время-токовой характеристики на возврат, имеется возможность ручного возврата ИО от внешнего логического сигнала «Сброс».

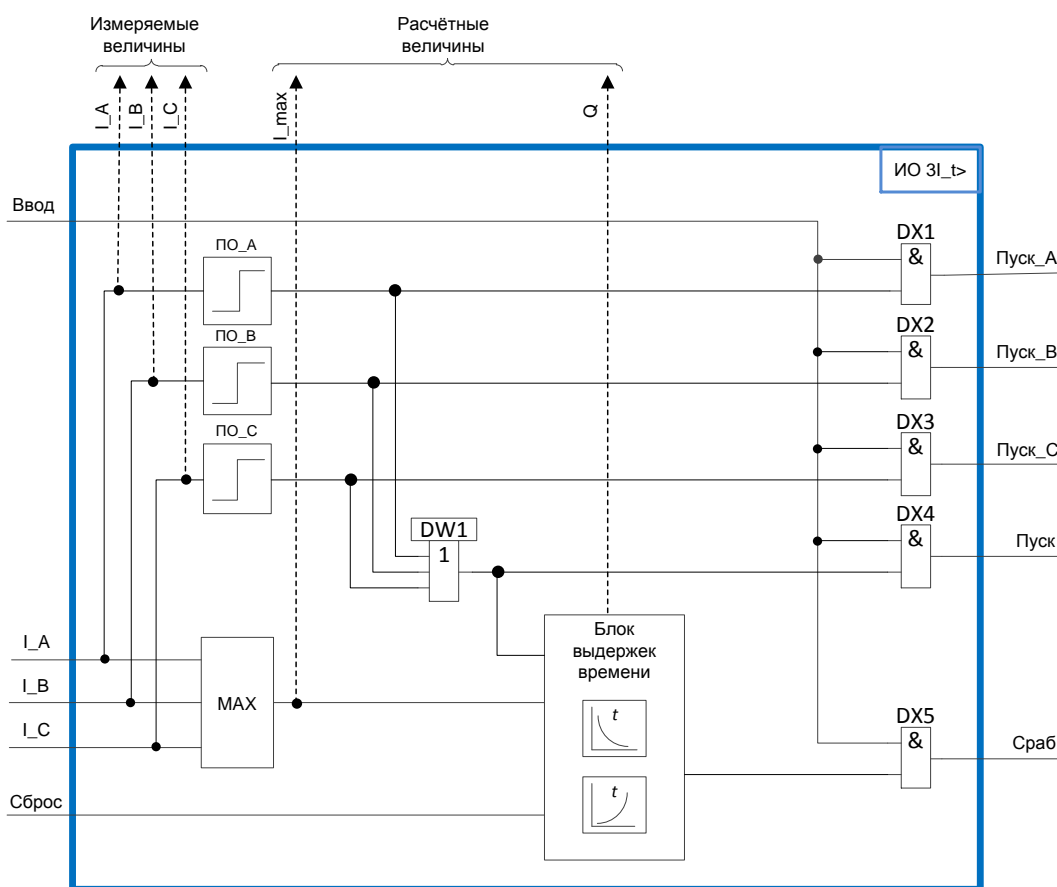


Рисунок 12 – Функционально-логическая схема ИО МТ3-2, МТ3-3

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	Архипова 25.08.20
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



1.5.2.12.8 В состав ИО входят следующие функциональные блоки:

- пусковые органы тока фаз А, В и С (ПО\_А, ПО\_В, ПО\_С);
- максиселектор (МАХ) – блок, выбирающий наибольший из трех фазных токов;
- блок выдержек времени – предназначен для выбора типа выдержки времени и реализации выбранной выдержки как на срабатывание, так и на возврат.

В ИО отображаются:

- $I_A, I_B, I_C$  – действующие значения фазных токов, А;
- $I_{max}$  – наибольшее значение из трех фазных токов, А;
- $Q$  – время, прошедшее с момента пуска, взятое по отношению к расчётному времени срабатывания при данном токе, %.

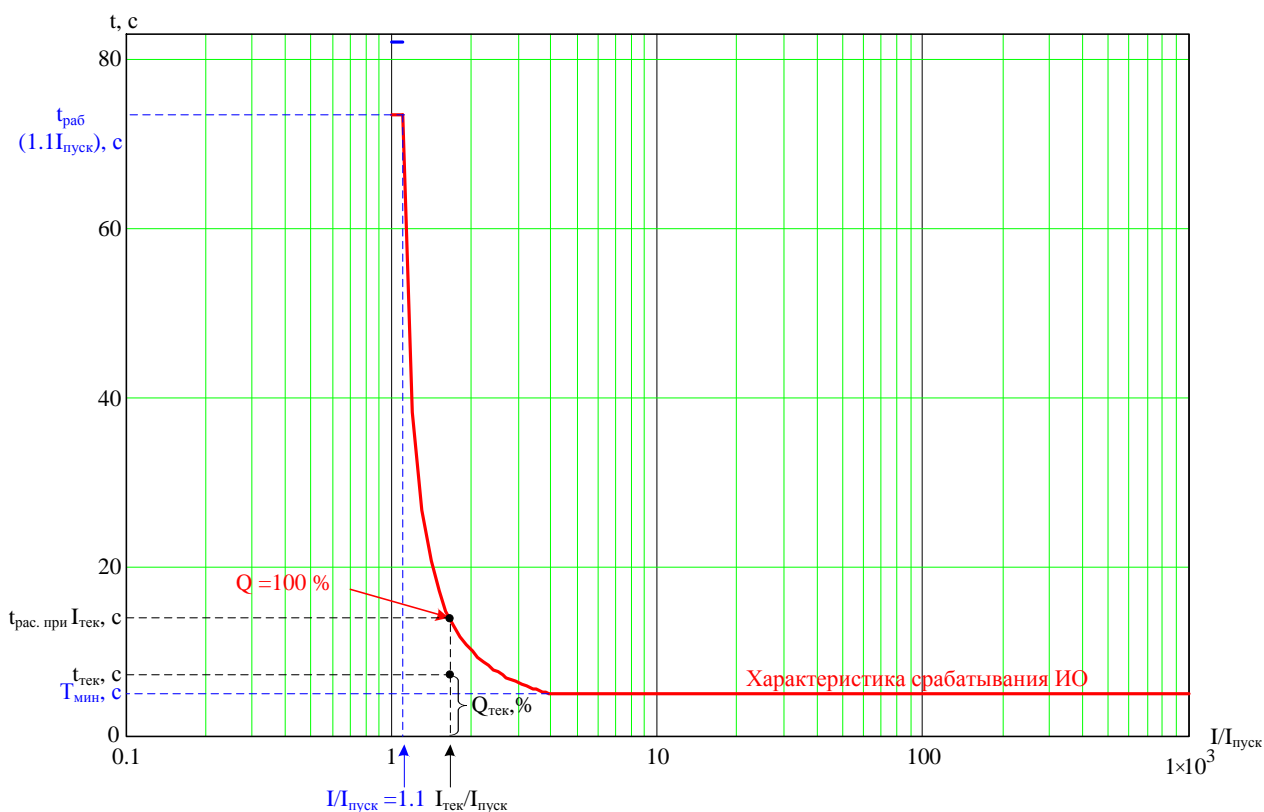


Рисунок 13 – Обобщенный пример характеристической кривой выдержки времени на срабатывание

Таблица 13 – Характеристики трехфазного ИО тока «РТ МТЗ-2», «РТ МТЗ-3»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Пусковой ток, о.е*	0,1 - 5	0,001
Коэффициент возврата при использовании независимой время-токовой характеристики срабатывания регулируется в диапазоне**	0,5-1	0,01
Погрешность по времени срабатывания при использовании независимой время-токовой характеристики срабатывания при изменении величины тока «скачком» с нуля до двукратного по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	30	

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 13

Наименование параметра	Значение
Погрешность по времени срабатывания при использовании зависимой время-токовой характеристики срабатывания - в диапазоне тока (1 – 2) $I_{пуск}$ (пускового тока); - в диапазоне тока (2 – 20) $I_{пуск}$ (пускового тока) при кратности тока $I/I_{пуск}$ : - от 1 до 2; - от 2 до 5, %, не более; - от 5 до 10, %, не более; - от 10 до 20, %, не более.	Не нормируется  Не нормируется 12,5 7,5 5
Погрешность по времени возврата при использовании независимой время-токовой характеристики возврата при изменении величины тока «скачком» с двукратного по отношению к уставке срабатывания до нуля, мс, не более	20
Погрешность по времени возврата зависимой время-токовой характеристики возврата: - в диапазоне тока (0 – 0,1) $I_{пуск}$ (пускового тока), мс, не более; - в диапазоне тока (0,1 – 0,85) $I_{пуск}$ при кратности тока $I/I_{пуск}$ : - от 0,85 до 1; - 0,85, %, не более; - 0,5, %, не более; - 0,1, %, не более	30  Не нормируется 15 7 5
Погрешности: - основная погрешность по пусковому току, %, не более; - дополнительная погрешность по пусковому току в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более; - дополнительная погрешность по пусковому току в расширенном диапазоне частот: - от 3 до 47 Гц; - от 53 до 80 Гц	2  7  Не нормируется Не нормируется
<p>*Уставка срабатывания «<math>I_{пуск}</math>» задается относительно базового тока - «<math>I_{баз}</math>». Базовый ток определяется как номинальный ток защищаемого объекта, приведенный к низшей стороне ТТ. Задание номинального тока защищаемого объекта и коэффициента трансформации измеренного ТТ доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRASMS-SP (см. соответствующее руководство ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01) в пункте «Уставки векторов».</p> <p>**Только для независимой характеристики срабатывания.</p>	

Таблица 14 – Описание характеристических кривых выдержек времени на срабатывание

Тип ВВС	Наименование характеристической кривой	Описание
1	Независимая/определенная (Definite Time)	$t_{сраб} = T_{сраб}$
2	Нормально инверсная МЭК (IEC Normal inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1}$

Инв. № подл. 025/ЭТ  
 Подп. и дата Архипова 25.08.20  
 Взам. инв. №  
 Инв. № дубл.  
 Подп. дата

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 14

Тип ВВС	Наименование характеристической кривой	Описание
3	Сильно инверсная МЭК (IEC Very inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{13,5}{\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1}$
4	Чрезвычайно инверсная МЭК (IEC Extremely inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{80}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^2 - 1}$
5	Ультра инверсная МЭК (IEC Ultra inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{315}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{2,5} - 1}$
6	Быстро инверсная МЭК (IEC Short time inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{0,05}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,04} - 1}$
7	Длительно инверсная МЭК (IEC Long time inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{120}{\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1}$
8	Нормально инверсная ANSI (ANSI Normal Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left( \frac{0,0086}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1} + 0,0185 \right)$
9	Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left( \frac{0,0515}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1} + 0,114 \right)$
10	Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left( \frac{19,61}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^2 - 1} + 0,491 \right)$

Инд. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инд. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

35

Продолжение таблицы 14

Тип ВВС	Наименование характеристической кривой	Описание
11	Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left( \frac{28,2}{\left( \frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} + 0,1217 \right)$
12	Крутая (типа реле РТВ-I)	$t_{сраб} = \frac{1}{30 \cdot \left( \frac{I}{I_{ПУСК}} - 1 \right)^3} + k$
13	Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80)	$t_{сраб} = \frac{1}{20 \cdot \left( \frac{I}{I_{ПУСК}} - 1 \right)^{1,8}} + k \quad t_{сраб} = \frac{1}{20 \cdot \left( \frac{I}{I_{ПУСК}} - 1 \right)^{1,8}} + k$
14	Пользовательская кривая, задаваемая уравнением	$t_{сраб} = k \cdot \left[ \frac{A}{\left( \frac{I}{I_{ПУСК}} - C \right)^E - D} + B \right]$
15	Пользовательская кривая, задаваемая по точкам	Количество точек от 6 до 9 (аппроксимация кубическими сплайнами)

где  $t_{сраб}$  – выдержка времени на срабатывание;

$T_{сраб}$  – уставка, время срабатывания ИО с независимой от тока выдержкой;

$k$  – уставка, для регулирования характеристической кривой выдержки времени на срабатывание;

$I$  – измеренный ток;

$I_{пуск}$  – уставка, пусковой ток;

$A, B, C, D, E$  – уставки, коэффициенты, определяющие пользовательскую характеристическую кривую выдержки времени на срабатывание.

Инт. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инт. № дубл.	
Подп. дата	Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 15 - Описание характеристических кривых выдержек времени на возврат

Тип ВВВ	Наименование характеристической кривой	
1	Независимая/определенная МЭК (IEC Definite Time)	$t_{\text{воз}} = T_{\text{воз}}$
2	Нормально инверсная ANSI (ANSI Normal Inverse)	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left[ \frac{0,46}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right] t_{\text{воз}} = m \left[ \frac{0,46}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right]$
3	Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse)	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left[ \frac{4,85}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right] t_{\text{воз}} = m \left[ \frac{4,85}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right]$
4	Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse)	$t_{\text{воз}} = m \left[ \frac{21,6}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right] t_{\text{воз}} = m \cdot \left[ \frac{21,6}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right]$
5	Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse)	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left[ \frac{29,1}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right] t_{\text{воз}} = m \left[ \frac{29,1}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right]$
6	Пользовательская кривая, задаваемая уравнением	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left[ \frac{F}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right] t_{\text{воз}} = m \left[ \frac{F}{\left(\frac{I}{I_{\text{пуск}}}\right)^2 - 1} \right]$
7	Пользовательская кривая, задаваемая постоянной остывания	$t_{\text{воз}} = -R_{\text{остыв}} \cdot \ln \left( \frac{Q_{\text{воз}}}{Q_{\text{сраб}}} \right)$

где  $t_{\text{воз}}$  – выдержка времени на возврат;  
 $T_{\text{воз}}$  – уставка, время возврата ИО с независимой от тока выдержкой;  
 $m$  – уставка, для регулирования характеристической кривой выдержки времени на возврат;  
 $F$  – уставка, коэффициент, определяющий пользовательскую характеристическую кривую выдержки времени на возврат;  
 $R_{\text{остыв}}$  – уставка, постоянная времени остывания;  
 $Q_{\text{воз}}$  – уставка, уровень возврата блока выдержек времени;  
 $Q_{\text{сраб}}$  – уставка, уровень срабатывания блока выдержек времени.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

### 1.5.2.13 Принцип действия ИО «РНМ МТЗ»

1.5.2.13.1 ИО «РНМ МТЗ» по принципу действия является программным реле направления мощности. ИО «РНМ МТЗ» подключается к ТТ защищаемой линии и ТН секции. Основные характеристики ИО приведены в таблице 16.

1.5.2.13.2 ИО «РНМ МТЗ» выполнен в трехфазном исполнении по 90-градусной схеме сочетания токов и напряжений:  $I_A$  и  $U_{BC}$ ,  $I_B$  и  $U_{CA}$ ,  $I_C$  и  $U_{AB}$ . Для каждого сочетания токов и напряжений вычисляется значение вектора полной мощности. Направление вектора мощности сравнивается с границами заданного сектора срабатывания. Границы сектора срабатывания задаются двумя уставками  $\phi_{\min}$  и  $\phi_{\max}$ , при этом  $\phi_{MЧ}$  является биссектрисой угла задаваемого сектора (см. рисунок 14). За базовый вектор выбирается вектор соответствующего напряжения. Угол сдвига фаз тока относительно базового напряжения считается положительным при отстающем токе (по часовой стрелке, см. рисунок 14). [6, 7].

1.5.2.13.3 Положение вектора тока на векторной диаграмме определяется соотношением активного и реактивного сопротивлений линии от места включения РНМ до точки КЗ и активным переходным сопротивлением электрической дуги в месте повреждения. Эти соотношения могут изменяться. При этом вектор тока, поворачивается на тот или иной угол, не выходя за пределы зоны от 0 до 90 электрических градусов. Граница этой зоны определяется, с одной стороны, положением вектора тока при чисто активном, а с другой стороны при чисто индуктивном сопротивлениях (см. рисунок 14) [7]. Для задания области работы направленной защиты с сектором в 180 электрических градусов необходимо задать углы  $\phi_{\min}$  (225°) и  $\phi_{\max}$  (45°). Значение углов отсчитывается от соответствующего вектора напряжения  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  и  $U_{AB}$  (по часовой стрелке).

1.5.2.13.4 Работа РНМ блокируется при малых значениях, подводимых к нему токов и/или напряжения, так как в этих предельных случаях ( $I=0$  и/или  $U=0$ ) нет условий для сравнения фаз двух величин. РНМ может срабатывать только при конечных значениях тока и напряжения, величина которых больше чем порог чувствительности. Минимальный порог чувствительности равен минимально допустимому значению диапазона уставок (см. таблицу 16). Уставки порогов чувствительности по току и напряжению являются регулируемыми и могут быть измерены при необходимости.

1.5.2.13.5 Для повышения надежности срабатывания при значительном снижении напряжения (например при близких трехфазных КЗ) в реле предусмотрен индивидуальный контур памяти линейного напряжения. Контур памяти позволяет вычислить вектор линейного напряжения, используемый в работе РНМ, как сумма текущего значения напряжения и 1/5 от вектора напряжения измеренного на 40 мс раньше (двумя периодами ранее). Расчётная формула для напряжения  $U_{BC}$ , приведена ниже. Расчет напряжений  $U_{AB}$  и  $U_{CA}$  выполняется аналогично

Инв. № подл.	025/ЭТ
	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. дата

Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$\dot{U}_{PHM_{BC}}(t) = \dot{U}_{BC}(t) + 0,2 \cdot \dot{U}_{BC}(t - 40 \text{ мс}), \quad (18)$$

где  $\dot{U}_{PHM_{BC}}(t)$  - вектор линейного напряжения  $\dot{U}_{BC}$ , используемый для расчета угла в момент времени  $t$ ,

$\dot{U}_{BC}(t)$  - вектор линейного напряжения  $\dot{U}_{BC}$  в момент времени  $t$ ,

$\dot{U}_{BC}(t - 40 \text{ мс})$  - вектор линейного напряжения  $\dot{U}_{BC}$ , в момент времени  $(t - 40 \text{ мс})$ .

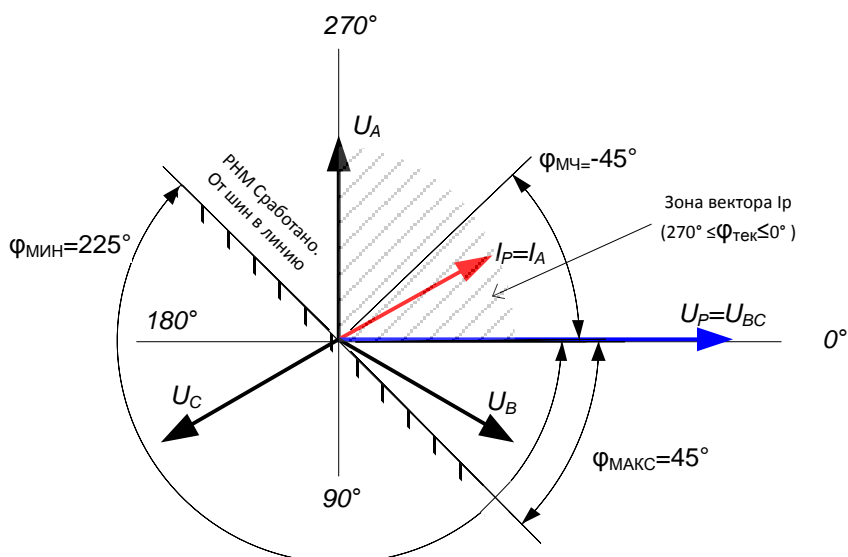


Рисунок 14 – Векторная диаграмма РНМ. Пример для  $I_A$  и  $U_{BC}$

1.5.2.13.6 В ИО «РНМ МТЗ» реализована индикация текущего состояния выходов ИО, а так же текущие значения углов между током и напряжением для сочетаний:  $I_A$  и  $U_{BC}$ ,  $I_B$  и  $U_{CA}$ ,  $I_C$  и  $U_{AB}$ .

1.5.2.13.7 Внешний вид окна «Измерения защит» для РНМ МТЗ в ПО EKRASMS-SP представлен на рисунке 15.

Таблица 16 – Характеристики трехфазного ИО «РНМ МТЗ»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Ток срабатывания относительно номинального тока датчика, о.е.	$(0,05-40) I_{ном}$	0,001	0,1
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5-1	0,01	0,95
Минимальное линейное напряжение срабатывания, В	0,5-20	0,01	10
$\phi_{тах}$ и $\phi_{тпн}$ - граница зоны срабатывания, градус	0-359,9	0,1	90 и 270
Коэффициент возврата органа контроля границ зоны срабатывания	1		
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	30		

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 16

Наименование параметра	Значение
Погрешности по току и напряжению срабатывания: - основная погрешность срабатывания, %, не более;	5
- дополнительная погрешность срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более	10

Текущая защита: 5. РНМ МТЗ

Уставки

Имя	Значение	Ед.изм.
Сраб.	0,5000	А
Квоз.	0,9500	
Гмин	225,0000	Град.
Гмакс	45,0000	Град.
Умин	3,0000	В
Квоз.У	0,9500	

"1" - сигнализирует о том, что вектор тока в зоне срабатывания РНМ

Выходы

Выход	Состояние
Сраб. Fi A	1
Сраб. Fi B	1
Сраб. Fi C	1
Сраб. Ia>	1
Сраб. Ib>	1
Сраб. Ic>	1
Сраб. Uab>	1
Сраб. Ubc>	1
Сраб. Uca>	1
Сраб. А	1
Сраб. В	1
Сраб. С	1
Ненапр. сраб.	1

"1" сигнализирует о том, что текущее значение тока/напряжения больше чем порог чувствительности

"1" сигнализирует о срабатывании РНМ для соответствующего сочетания тока и напряжения. Данные выходы ИО РНМ задействованы в функционально-логической схеме МТЗ

Сигнализирует о том, что хотя бы один из токов больше чем уставка порог чувствительности

Входы

Вход	Абс. зн-ие	Отн. зн-ие	Угол	Частота
I Y A	4,9983	0,9997	-0,9	50,0
I Y B	4,9973	0,9995	-120,7	50,0
I Y C	4,9985	0,9997	119,4	50,0
U Y A	57,6659	0,9987	0,0	50,0
U Y B	57,6918	0,9992	-120,0	50,0
U Y C	57,7126	0,9995	120,1	50,0

Для отображения текущего значение углов в качестве базового выбран вектор Ua. Положительное направление против часовой стрелке

Измерения

Измерение	Абс.зн-ие	Отн.зн-ие	Угол
РНМ МТЗ U Y AB	99,9156	0,9991	30,0
РНМ МТЗ U Y BC	99,8595	0,9985	-89,9
РНМ МТЗ U Y CA	99,9911	0,9998	150,1

Вычисляемые измерения

Выч. измерение	Значение	Ед. изм.
Fi A	270,8844	Град.
Fi B	270,7690	Град.
Fi C	270,5713	Град.

Логические входы

В вычисляемых измерениях РНМ всегда отображается величина угла вектора тока относительно соответствующего вектора линейного напряжения. Вне зависимости от выбранного базового вектора в пунктах "Входы" или "Измерения". Положительное направление по часовой стрелке

Рисунок 15 – Внешний вид окна «Измерения защит» для РНМ МТЗ в ПО EKRASMS-SP

1.5.3 Дополнительные ИО РТ

1.5.3.1 Реле тока используются в качестве резервных реле тока, которые при необходимости могут быть задействованы в проекте. По умолчанию это резервные реле тока с независимой регулируемой уставкой срабатывания и коэффициентом возврата. Каждое из реле имеет свою независимую выдержку времени на срабатывание. Сигнал срабатывания доступен в матрице отключения. Функциональная схема дополнительных реле тока приведена на рисунке 16. Выдержки времени реле тока приведены в таблице 17.

Инв. № подл. 025/ЭТ  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Подп. и дата  
Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Таблица 17 - Выдержки времени реле тока

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
РТ-1_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание РТ-1	0,5	0,2-100 с
РТ-2_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание РТ-2	0,5	0,2-100 с

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

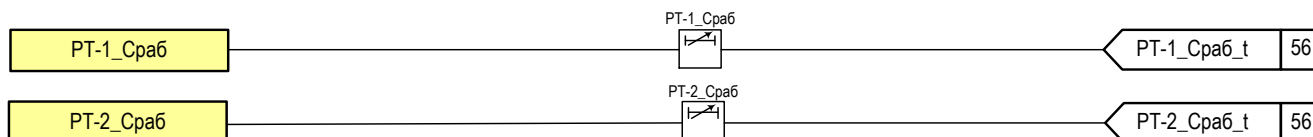


Рисунок 16 - Функциональная схема реле тока

#### 1.5.4 Комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка)

1.5.4.1 Использование функции «комбинированного пуска по напряжению» позволяет лучше отстроиться от нагрузочных токов в случае недостаточного коэффициента чувствительности\*. Функция может использоваться независимо для каждой ступени МТЗ (см. таблицу 9). Функциональная схема пуска по напряжению приведена на рисунке 17. Выдержки времени и программные накладные контрольные исправности ТН приведены в таблицах 18 и 19 соответственно.

##### 1.5.4.2 Пуск по напряжению формируется:

- при срабатывании реле минимального линейного напряжения «РН ПпН»;
- при срабатывании реле напряжения обратной последовательности – «U2>>».

1.5.4.3 Пуск по напряжению автоматически выводится при отключенном положении выключателя. Характеристики ИО «U2>>», «РН ПпН» приведены в таблицах 21 и 22, соответственно.

#### 1.5.5 Контроль исправности цепей напряжения

1.5.5.1 Контроль исправности цепей напряжения предназначен для блокировки функций терминала, работа которых может привести к излишней работе защит и функций при неисправности цепей ТН. Контроль исправности цепей напряжения представляет собой совокупность нескольких измерительных органов (ИО), объединенных общей логикой (на рисунке 17).

\* Коэффициент чувствительности для МТЗ должен быть не менее 1,5 при КЗ в основной зоне защиты и не менее 1,2 при КЗ в зонах резервирования, т.е на предыдущих (нижестоящих) элементах [4].

Имя	Подп. дата
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.5.2 Контроль наличия неисправности цепей напряжения осуществляется:

- по факту отсутствия сигнала «Автомат ТН», сигнализирующем о срабатывании защитного автомата вторичных цепей напряжения измерительного ТН собранных по схеме «звезда»;
- по факту срабатывания ИО «КИН»;
- по факту срабатывания ИО «U2>» и отсутствию срабатывания ИО «РТ ЗНР»;
- по факту наличия дискретного сигнала «Неисправность ТН» (виртуальный сигнал, сконфигурированный на дискретный вход), приходящего от другого устройства (например, терминала ТН).

Таблица 18 – Выдержки времени контроля исправности ТН

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
Неиспр_ТН	Регулируемая выдержка времени на формирование сигнала «Неисправность ТН» от ИО «РН ПпН» и/или «U2>»	4	1-20
КИН_Сраб	Регулируемая выдержка времени на формирование сигнала «Неисправность ТН» от ИО КИН	0,5	0 – 1

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

Таблица 19 – Программные накладки контроля исправности ТН

Функциональное назначение	Состояние
Режим работы пуска по напряжению	1 – по сраб. ИО «РН ПпН»
	0 – по сраб. ИО «РН ПпН» и/или «U2>»
Контроль неисправности ТН	1 – предусмотрен
	0 – не предусмотрен

1.5.5.3 Если у измерительного ТН имеется только одна вторичная обмотка (например НАЛИ-СЭЩ-6(10)-2 У(Т)2), которая соединена по схеме «У», то контроль исправности ТН может быть выполнен только по U2. Если у измерительного ТН имеются две вторичные обмотки (например НАЛИ-СЭЩ-6(10)-1 У(Т)2), соединенные по схемам «У» и «разомкнутый треугольник» соответственно, то возможен любой из способов (U2 или КИН) или оба одновременно. Использование ТН с двумя вторичными обмотками более предпочтительно, так как контроль исправности цепей напряжения получается более быстродействующим способом и позволяет контролировать обрыв нейтрального провода (при применении внешнего резистора).

1.5.5.4 ИО «U2>» реагирует на действующее значение вектора напряжения обратной последовательности фаз. Расчет вектора напряжения обратной последовательности в ИО «U2>» производится на основании замера трехфазной системы напряжений по формуле:

$$\dot{U}_2 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B \cdot e^{-j120^\circ} + \dot{U}_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (19)$$

где  $e^{-j120^\circ}$  - оператор поворота вектора на 240°;

$e^{j120^\circ}$  - оператор поворота вектора на 120°;

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инд. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  - напряжения фаз А, В, С соответственно.

Контроль исправности ТН по U2 позволит контролировать неисправность первичной обмотки ТН, например, при перегорании одного или двух защитных предохранителей.

1.5.5.1 Принцип действия ИО «КИН» основан на сравнении разности векторов рассчитанного и измеренного значений напряжения нулевой последовательности. Расчет значения напряжения нулевой последовательности фаз производится программно, путем векторного суммирования измеренных фазных напряжений на вторичных обмотках ТН, собранных по схеме «звезда» ( $U_\gamma$ ). Срабатывание ИО «КИН» происходит при разнице значений расчетного напряжения  $3U_0$  и измеренного  $U_{н-к}$  больше заданной уставки.

$$\bar{U}_{сраб.} = 3\bar{U}_{0рас.} - K_0 \cdot \bar{U}_{н-к.}, \quad (20)$$

где  $3\bar{U}_{0рас.} = \bar{U}_A + \bar{U}_B + \bar{U}_C$  – рассчитанное напряжение нулевой последовательности фаз;

$\bar{U}_{н-к.}$  – напряжение нулевой последовательности фаз, измеренное на выводах вторичной обмотки ТН, собранное по схеме «разомкнутый треугольник».

$K_0 = U_{ном.Y} / U_{ном.Δ}$  – коэффициент приведения, учитывающий различия в номинальных напряжениях вторичных обмоток ТН. Параметры  $U_{ном.Y}$  и  $U_{ном.Δ}$  являются параметрами аналоговых входов, значение которых определяется типом ТН (см. 1.3).

Характеристики измерительного органа «КИН» приведены в таблице 20.

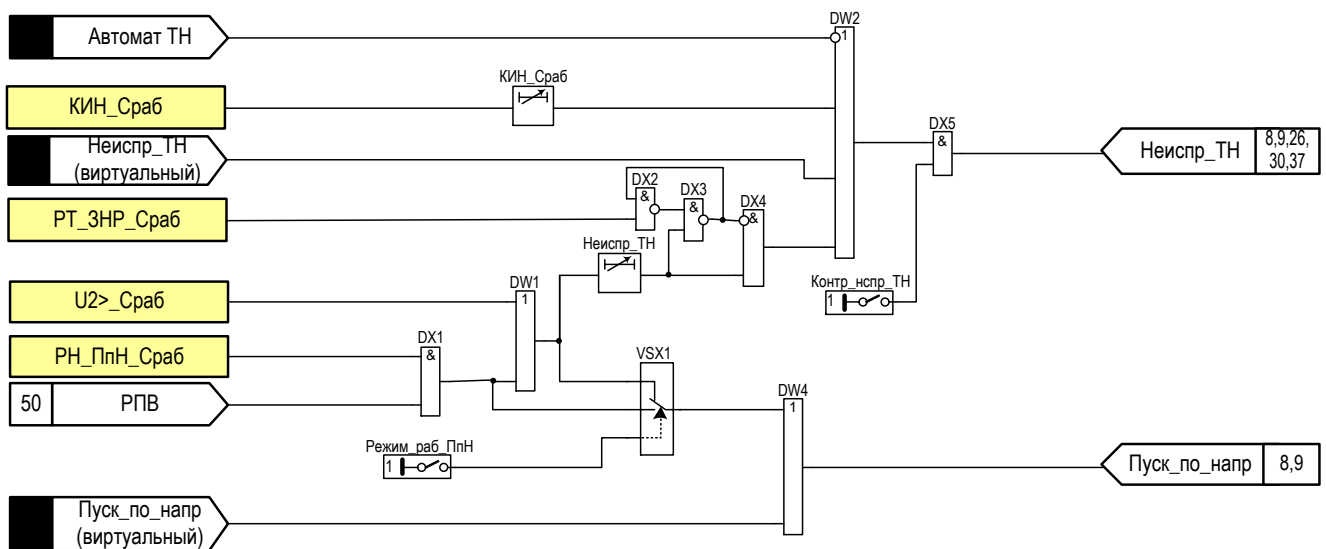


Рисунок 17 – Функциональная схема пуска по напряжению и контроля исправности цепей напряжения

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 20 – Характеристики ИО «КИН»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	1-100	0,01	15
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5-1	0,01	0,95
Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, мс, не более		30	
Погрешности: - основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более; - дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более		5  10	

Таблица 21 – Характеристики ИО «U2»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	0,3-200	0,01	20
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5-1	0,01	0,95
Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, мс, не более; Погрешности: - основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более; - дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более		30  5  10	

Таблица 22 – Характеристики ИО минимального напряжения «РН\_ПпН», «ЗМН», «РКОН»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	3 – 200	0,01	40
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	1 – 1,5	0,01	1,15
Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, мс, не более		30	
Погрешности: - основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более; - дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более; - дополнительная погрешность напряжения срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 47 Гц; - от 53 до 80 Гц		5  0  7 10	

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

44

### 1.5.6 Защита от однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-1)

Устройство позволяет реализовать сигнализацию возникновения ОЗЗ и определение поврежденного фидера по факту срабатывания измерительных органов, входящих в типовую конфигурацию программного обеспечения терминала.

Следует отметить, что выбор способа реализации защиты от замыкания на землю на объекте определяется принятым режимом заземления нейтрали, параметрами электрических величин нулевой последовательности и предусмотренными проектирующей организацией схмотехническими решениями в части подключения оборудования РЗА.

В сети с изолированной нейтралью в качестве основных защит от ОЗЗ на защищаемом объекте, рекомендовано применять следующие защиты:

- токовая ненаправленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю (ТЗНП) по основной гармонике промышленной частоты (3I<sub>0</sub>) с действием либо на отключение, либо на сигнал;

- токовая направленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю (ТНЗНП) по основной гармонике промышленной частоты с действием либо на отключение, либо на сигнал.

Для сетей с высокоомным резистивным заземлением и низкоомным резистивным заземлением нейтрали в качестве основной защиты от ОЗЗ, рекомендуется применять:

- токовую ненаправленную защиту нулевой последовательности от замыкания на землю по основной гармонике промышленной частоты (3I<sub>0</sub>) с действием либо на отключение, либо на сигнал.

Функциональная схема реализации в терминале сигнализации и защиты от однофазного замыкания на землю для сети с изолированной нейтралью приведена на рисунке 18. Программные накладки и выдержки времени ЗОЗЗ-1 приведены в таблицах 23 и 24 соответственно.

Для сетей с компенсированной нейтралью:

- сигнализация возникновения ОЗЗ с контролем высших гармонических составляющих (ВГ) в токе нулевой последовательности (3I<sub>0</sub>);

- защита от замыкания на землю с использованием принципа наложения на первичную сеть контрольного тока с частотой 25 Гц с действием либо на отключение, либо на сигнал;

- защита от замыкания на землю с использованием искусственно увеличенной активной составляющей тока замыкания на землю с действием либо на отключение, либо на сигнал.

Для сетей с любым видом заземления нейтрали в терминале предусмотрена:

- общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности (3U<sub>0</sub>) промышленной частоты.

Программная реализация измерительных органов в терминале позволяет гибко подстраивать конфигурацию терминала под особенности защищаемого объекта путем ввода/вывода набора измерительных органов.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Таблица 23 – Программные накладки 3ОЗ3-1

Имя	Название	Состояние
Контр_3Uo	Контроль напряжения 3Uo	1 - предусмотрена
		0 - не предусмотрена
Контр_напр	Контроль направленности 3ОЗ3-1	1 - предусмотрена
		0 - не предусмотрена

Таблица 24 – Выдержки времени 3ОЗ3-1

Имя	Название	Уставка, с*
3Uo_Сигн	Выдержка времени на срабатывание	0,03
3ОЗ3_Сраб	Выдержка времени на срабатывание	0,5
3ОЗ3_Сигн	Выдержка времени на сигнализацию	1

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

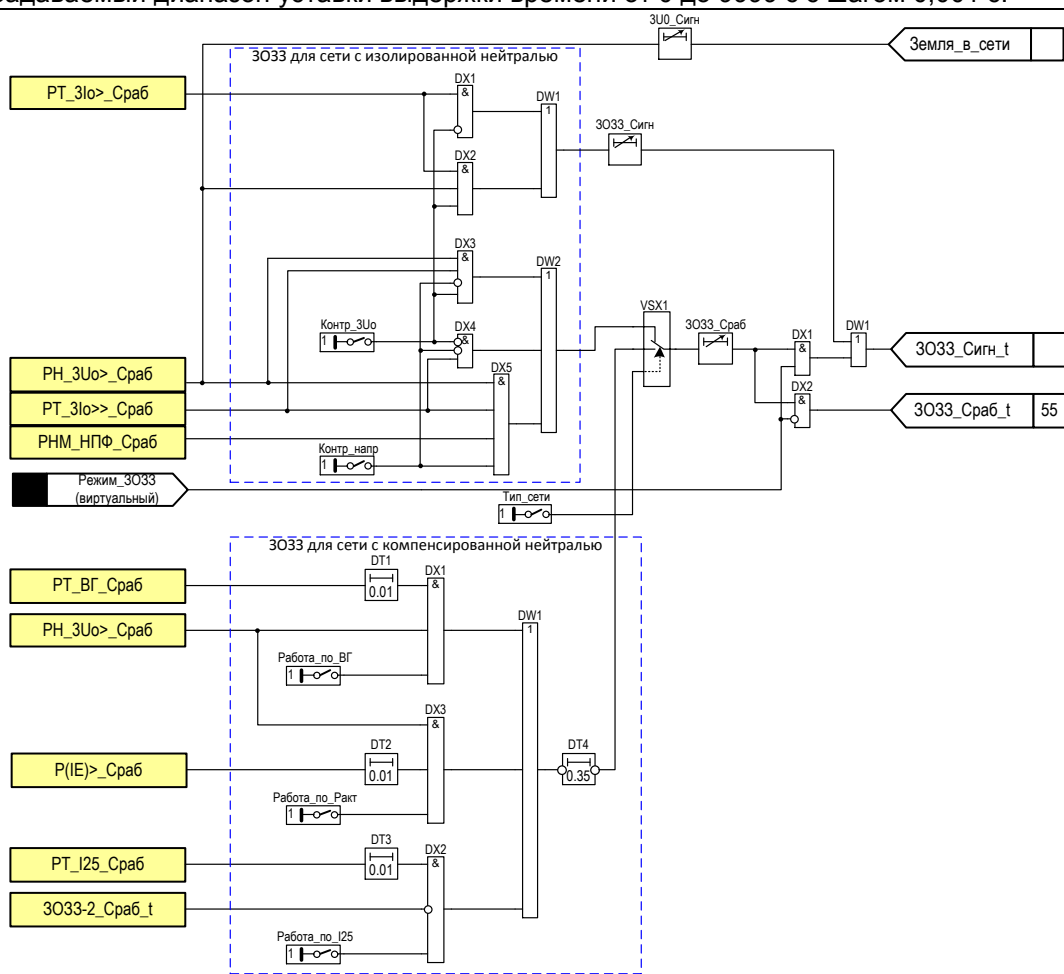


Рисунок 18 – Функциональная схема реализации в терминале сигнализации и защиты от однофазного замыкания на землю для сети с изолированной нейтралью

### 1.5.6.1 Общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ

Чувствительная к устойчивым и перемежающимся дуговым замыканиям на землю в любой точке гальванически связанной сети общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ выполнена с использованием контроля величины напряжения нулевой последовательности промышленной частоты (3Uo).

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.6.1.1 Сигнализация о возникновении ОЗЗ формируется при появлении сигнала «Земля в сети» (факту срабатывания ИО «3Uo») и набору выдержки времени на срабатывание - «3Uo\_Сигн». Выдержка времени «3Uo\_Сигн» предназначена для исключения излишнего срабатывания измерительного органа в нормальных режимах без ОЗЗ (при коммутационных переключениях в сети, внешних КЗ на землю со стороны сети с глухозаземленной нейтралью, одиночных кратковременных самоустраняющихся пробоев изоляции).

1.5.6.1.2 По принципу действия ИО напряжения «3Uo» является измерительным органом максимального действия и осуществляет сравнение действующего значения, подводимого к нему напряжения нулевой последовательности (3Uo) промышленной частоты с заданной уставкой срабатывания. Характеристики ИО напряжения «3Uo» приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Характеристики ИО напряжения 3ОЗЗ – «3U0»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	0,15 - 135	0,01	20
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 - 1	0,01	0,95
Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, мс, не более.		30	
Погрешности:			
- основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более;		5	
-дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;		10	
-дополнительная погрешность напряжения срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:			
- от 3 до 47 Гц;		7	
- от 53 до 80 Гц		10	

1.5.6.1.3 Выбор уставки срабатывания ИО «3Uo» рекомендуется производить с учетом отстройки от составляющей напряжения небаланса в напряжении нулевой последовательности и максимально возможного в эксплуатации напряжения смещения нейтрали. Последнее может быть довольно значительным в воздушных сетях, так как в кабельных сетях напряжение несимметрии практически равно нулю. При отсутствии в сети замыкания на землю в длительном рабочем режиме напряжение смещения нейтрали допускается не более 15 % от номинального фазного напряжения и не более 30 % в течение одного часа [8, раздел 5; 9, раздел 2].

Для снижения коэффициента несимметрии в сети, а, следовательно, и напряжения смещения нейтрали, производится транспонирование проводов фаз, что приводит в среднем по всей сети к выравниванию расположения проводов относительно земли.

Опыт эксплуатации показывает, что надежная отстройка от составляющей напряжения небаланса в напряжении нулевой последовательности, достигается выбором значения уставки

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

срабатывания ИО по напряжению  $3U_0$  на уровне (15-20) В. В компенсированных сетях с протяженными участками воздушных линий, значение уставки по напряжению  $3U_0$  целесообразно принять равным 40 В для отстройки от кратковременных максимальных значений напряжения смещения нейтрали в рабочем режиме по требованиям ПТЭ.

1.5.6.2 Токовая ненаправленная защита от замыкания на землю (ТЗНП) по основной гармонике промышленной частоты ( $3I_0$ ).

1.5.6.2.1 ТЗНП предназначена для выявления однофазного замыкания на землю в сетях от 6 до 35 кВ с изолированной нейтралью, высокоомным или низкоомным резистивным заземлением нейтрали. Защита выполнена с контролем тока нулевой последовательности ( $3I_0$ ) промышленной частоты защищаемого присоединения (с одной воздействующей входной величиной).

1.5.6.2.2 Логический сигнал о срабатывании защиты формируется при появлении сигнала «3ОЗ3\_Сраб», сформированного по факту срабатывания ИО «РТ\_3I0>>\_Сраб» и набору заданной выдержки времени на срабатывание «3ОЗ3\_Сраб». Характеристики измерительного органа «РТ\_3I0>>\_Сраб» приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Характеристики ИО «РТ\_3I0>>», «РТ\_3I0>>», «РТ\_3I0>>>»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Ток срабатывания относительно номинального тока датчика, о.е.	$(0,005 - 2,6) \cdot I_{ном}$	1 мА
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 – 1	0,01
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	40	
Погрешности:		
- основная погрешность тока срабатывания, %, не более	5	
-дополнительная погрешность тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;	10	
-дополнительная погрешность тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:		
- от 3 до 47 Гц;	7	
- от 53 до 80 Гц	10	

При выборе уставки срабатывания ТЗНП в сетях с изолированной нейтралью следует помнить, что по принципу действия такая защита реагирует на ток нулевой последовательности ( $3I_0$ ) промышленной частоты. В связи с этим, уставка срабатывания у ТЗНП в сетях с изолированной нейтралью должна обязательно отстраиваться от влияния тока небаланса ТТНП в цепях защиты и случая возможного суммирования в цепях защиты тока небаланса ( $I_{нб}$ ) и собственного емкостного тока защищаемого присоединения ( $I_{с.защ.пр}$ ). Так как по своей природе ток небаланса ( $I_{нб}$ ) имеет случайную фазу, а частота тока  $I_{нб}$  равна промышленной частоте, то влияние  $I_{нб}$  на защитные функции ТЗНП наиболее сильно проявляется на объектах с суммарным емкостным током замыкания ( $I_{сз}$  не более (1-2) А), то есть там, где расчетная уставка срабатывания защиты становится соизмерима с величиной  $I_{нб}$ . Большое влияние на величину

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



тока небаланса оказывают и конструктивные особенности применяемого ТТНП. В сетях с резистивным заземлением нейтрали (в особенности при низкоомном заземлении) влиянием тока небаланса кабельного ТТНП при расчете уставок срабатывания ТЗНП можно пренебречь, так как активный ток ( $I_a$ ), обеспечиваемый резистором в нейтрали сети при возникновении однофазного замыкания на землю, значительно больше ожидаемого тока небаланса ТТНП ( $I_a \gg I_{нб}$ ).

1.5.6.2.3 В ряде случаев для обеспечения чувствительности защиты от замыкания на землю к замыканиям на землю в любой точке гальванически связанной сети, токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП) выполняют с возможностью одновременного пуска по факту возникновения напряжения нулевой последовательности ( $3U_0$ ), т.е с контролем  $3U_0$ . Ввод или вывод режима пуска по  $3U_0$  осуществляется путем задания состояния одноименной программной накладке «Контр\_3U0» (рисунок 18).

1.5.6.2.4 Селективность токовой ненаправленной защиты нулевой последовательности (ТЗНП) в сети с изолированной нейтралью может быть обеспечена только при сравнительно малой доле емкости защищаемого фидера ( $C_{фид}$ ) по отношению к суммарной емкости всей сети ( $C_{\Sigma}$ ). При коэффициенте чувствительности, равном 1,5, допустимое значение ( $C_{фид}/C_{\Sigma}$ ) составляет приблизительно 15 %.

В том случае, если емкости отдельных защищаемых линий сети с изолированной нейтралью превышают предельное значение ( $C_{фид}/C_{\Sigma} > 0,15$ ), то рекомендуется применение направленной токовой защиты от замыкания на землю, действие которой, как известно, основано на том, что направление токов в поврежденной и неповрежденной линии отличается на  $180^\circ$ .

Расчетным условием для выбора тока срабатывания и проверки чувствительности защиты в сети с изолированной нейтралью являются перемежающиеся дуговые замыкания при которых сигнал на выходе измерительного органа имеет минимальное значение. В связи с этим расчетный коэффициент чувствительности ТЗНП для сети с изолированной нейтралью в расчете уставок рекомендуется принимать равным 2 ( $k_{\chi}=2$ ).

Коэффициент отстройки, учитывающий бросок собственного емкостного тока в момент возникновения переходного процесса при пробое изоляции в сети с изолированной нейтралью рекомендуется при расчете уставок принимать равным 2 ( $k_{бр}=2$ ). Дополнительный коэффициент отстройки при выборе уставки рекомендуется принимать 1,1 ( $k_{отс}=1,1$ ).

Селективность токовой ненаправленной защиты нулевой последовательности (ТЗНП) в сети с высокоомным резистивным заземлением нейтрали может быть обеспечена при значительно большей доле емкости фаз защищаемой линии по отношению к суммарной емкости сети. Допустимое значение ( $C_{фид}/C_{\Sigma}$ ) составляет до 30 %.

Расчетным условием для выбора тока срабатывания ТЗНП в сети с резистивным заземлением нейтрали является внешнее устойчивое замыкание.

Инт. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инт. № дубл.	
Подп. дата	Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Коэффициент отстройки, учитывающий бросок собственного емкостного тока в момент возникновения переходного процесса при пробое изоляции в сети с резистивным заземлением нейтрали рекомендуется при расчете уставок принимать равным 1 ( $k_{бр}=1$ ). Дополнительный коэффициент отстройки при выборе уставки рекомендуется принимать 1,1 ( $k_{отс}=1,1$ ). Расчетный коэффициент чувствительности защиты при выборе уставок может быть принят от 1,2 до (1,5 - 2), где минимальные значения  $k_ч=1,2$  соответствует случаю для защит с действием на сигнал и  $k_ч=1,5$  для защит с действием на отключение).

1.5.6.3 Токовая направленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю (ТНЗНП)

1.5.6.3.1 ТНЗНП предназначена для выявления однофазного замыкания на землю в сетях от 6 до 35 кВ с изолированной нейтралью. Защита выполнена с двумя воздействующими входными величинами и основана на контроле фазных соотношений между напряжением ( $3U_0$ ) и током нулевой последовательности ( $3I_0$ ) промышленной частоты защищаемого присоединения (контроле направления реактивной (емкостной) мощности нулевой последовательности в защищаемом присоединении).

1.5.6.3.2 ТНЗНП применяют в том случае, когда не обеспечиваются условия применимости ТНЗНП (см. выше 1.5.6.2.3:  $I_{с\text{фид}}/I_{с\Sigma} \leq 0,15$ ), определяемые соотношением между суммарным емкостным током сети ( $I_{с\Sigma}$ ) и собственным емкостным током защищаемого фидера ( $I_{с\text{фид}}$ ).

Условия срабатывания ТНЗНП при обеспечении чувствительности по току и напряжению нулевой последовательности (критерий направленности ТНЗНП) имеют вид:

- прямое направление (ОЗЗ в защищаемом направлении):

$$-90^\circ < \varphi I_0 - (\varphi U_0 + 180^\circ) - \varphi_{м.ч} = \varphi_з - \varphi_{м.ч} < +90^\circ;$$

- обратное направление (ОЗЗ «за спиной»):

$$-90^\circ > \varphi I_0 - (\varphi U_0 + 180^\circ) = \varphi_з - \varphi_{м.ч} > +90^\circ;$$

где  $\varphi_з$  – угол между подведенными к защите первичным напряжением ( $3U_0$ ) и током ( $3I_0$ ) нулевой последовательности;

$\varphi_{м.ч}$  – угол характеристики срабатывания (угол максимальной чувствительности).

Угол между напряжением ( $3U_0$ ) и током ( $3I_0$ ) нулевой последовательности неповрежденного присоединения определяется углом сопротивления нулевой последовательности кабельной линии по отношению к земле, которое имеет практически чисто емкостный характер (так как активные потери в изоляции на землю, в среднем составляют около 5 % от реактивной емкостной мощности нулевой последовательности и практически не влияют на величину и угол сопротивления нулевой последовательности. Поэтому токи  $3I_{0,неп}$  неповрежденных присоединений в сети с любым режимом заземления нейтрали опережают напряжение нулевой последовательности ( $3U_0$ ) на угол примерно равный  $90^\circ$ .

В сети с изолированной нейтралью ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении ( $3I_{0,повр}$ ) равен сумме токов ( $3I_{0,неп}$ ) всех неповрежденных присоединений, взятых

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Подп. дата			
		Архипова 25.08.20				
Взам. инв. №		Инв. № дубл.				
Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20			
				3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
						50

с обратным знаком, то есть отстает от напряжения  $3U_0$  на угол примерно равный  $90^\circ$ . Поэтому в сетях с изолированной нейтралью ТНЗНП реагирует на полную мощность нулевой последовательности, практически равную реактивной (емкостной) мощности, а угол  $\varphi_{м.ч}$  для обеспечения наиболее высокой устойчивости срабатываний при внутренних ОЗЗ принимают равным  $90^\circ$ .

При  $\varphi_{м.ч} = 90^\circ$  условия срабатывания чувствительной ТНЗНП, направленной в защищаемом (прямом) направлении, имеют вид:

$$3I_{0пов} > I_{0с.з.min} ;$$

$$3U_0 > U_{0с.з};$$

$$0^\circ < \varphi_з = \varphi U_0 - \varphi I_0 < 180^\circ;$$

где  $\varphi_з$  – угол между подведенными к защите первичным напряжением ( $3U_0$ ) и током ( $3I_0$ ) нулевой последовательности;  $I_{0с.з.min}$  – уставка по току срабатывания;  $U_{0с.з}$  – уставка по напряжению срабатывания.

В сетях с высокоомным резистивным заземлением нейтрали активный ток, создаваемый заземляющим резистором в нейтрали сети протекает только через поврежденное присоединение и не влияет на фазные соотношения между напряжением ( $3U_0$ ) и током ( $3I_{0.нел}$ ) нулевой последовательности неповрежденных присоединений, но изменяет угол между напряжением ( $3U_0$ ) и током ( $3I_{0.повр}$ ) в поврежденном присоединении, который при  $R_N \approx X_{C\Sigma}$  отстает от вектора напряжения ( $3U_0$ ) примерно на  $135^\circ$  и  $180^\circ$  (при низкоомном резистивном заземлении  $R_N \ll X_{C\Sigma}$ ). Токи нулевой последовательности ( $3I_{0.нел}$ ) в неповрежденных присоединениях имеют емкостный характер, как и в сети с изолированной нейтралью, и опережают напряжение ( $3U_0$ ) на угол примерно равный  $90^\circ$ .

В связи с тем, что при установке заземляющего резистора в качестве основного аргумента в пользу его установки на подстанции приводится возможность организации на объекте простой токовой защиты от замыкания на землю по току  $3I_0$ , то в сетях с резистивным заземлением нейтрали рекомендовано применение обычной токовой ненаправленной защиты от замыкания на землю (ТЗНП) с контролем значения тока нулевой последовательности ( $3I_0$ ) промышленной частоты.

В сетях с компенсацией емкостного тока токи нулевой последовательности в неповрежденных присоединениях ( $3I_{0.нел}$ ) сохраняют емкостный характер и опережают напряжение ( $3U_0$ ) примерно на  $90^\circ$ , а ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении ( $3I_{0.повр}$ ) за счет влияния индуктивного тока ДГР в зависимости от режима компенсации может как опережать (при перекомпенсации), так и отставать (при недокомпенсации) от напряжения ( $3U_0$ ) примерно на  $90^\circ$ . В связи с этим, выполнение направленной защиты (ТНЗНП) от ОЗЗ по составляющим промышленной частоты в компенсированных сетях невозможно и для выполнения защиты от ОЗЗ используются другие принципы: контроль уровня активной составляющей тока нулевой последовательности, замер

Имп. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

высших гармонических составляющих в токе нулевой последовательности, наложение на первичную сеть вспомогательного тока непромышленной частоты и некоторые другие.

Направленность в ТНЗНП определяется по наличию срабатывания логического сигнала от измерительного органа «РНМ\_НПФ». Срабатывание происходит, если величины тока и напряжения нулевой последовательности больше, чем соответствующие уставки срабатывания, а также при условии нахождения вектора полной мощности нулевой последовательности в зоне срабатывания. Направление мощности определяется по углу  $\varphi_{ТЕК}$  между током  $3I_0$  и напряжением  $3U_0$  нулевой последовательности (см. рисунок 19).

Для задания области работы направленной защиты необходимо задать угол  $\varphi_{МЧ}$ , определяющий направление линии максимальной чувствительности (ЛМЧ), см. рисунок 19. Зона срабатывания отсчитывается от линии максимальной чувствительности в обе стороны по  $90^\circ$  каждая. Угол  $\varphi_{МЧ}$  отсчитывается от вектора тока против часовой стрелки, а рекомендации по его выбору приведены выше.

Характеристики ИО «РНМ\_НПФ» приведены в таблице 27.

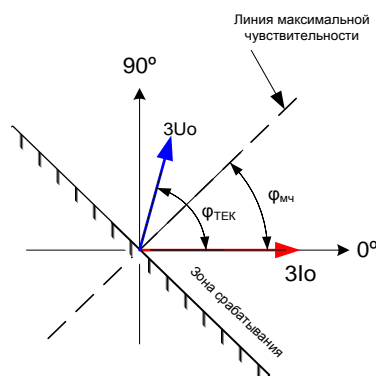


Рисунок 19 – Векторная диаграмма РНМ нулевой последовательности

Таблица 27 – Характеристики РНМ нулевой последовательности 3ОЗЗ – ИО «РНМ\_НПФ»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Ток срабатывания, А	0,05 – 4	0,01
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 – 1	0,01
Минимальное линейное напряжение срабатывания, В	1 – 150	0,01
Угол максимальной чувствительности, $\varphi_{МЧ}$ , градус	0 – 359,9	0,1
Коэффициент возврата органа контроля границ зоны срабатывания	1	
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	40	
Погрешности по току и напряжению срабатывания: - основная погрешность срабатывания, %, не более; - дополнительная погрешность срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 47 Гц; - от 53 до 80 Гц	5 7 10	
Дополнительная погрешность срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более	10	

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 27

Наименование параметра	Значение
Погрешности зоны срабатывания: -основная погрешность определения границ зоны срабатывания, градус, не более;	0,5
-дополнительная погрешность определения границ зоны срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, градус, не более;	1
-дополнительная погрешность определения границ зоны срабатывания в расширенном диапазоне частот, градус, не более:	
- от 3 до 47 Гц;	0,5
- от 53 до 80 Гц	1

1.5.7 Защита от двойных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2)

Срабатывание защиты формируется:

- при срабатывании реле тока, подключенного к трансформатору тока нулевой последовательности фаз (3I<sub>0</sub>>>> Сраб);

- при срабатывании реле токовой отсечки нулевой последовательности фаз (РТ\_ТОНП).

1.5.7.1 Защита от двойных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2) предназначена для работы в случаях, когда одно место пробоя находится на фазе защищаемого фидера, а второе – на другой фазе любого из присоединений, гальванически связанного с защищаемым фидером. При таком виде повреждения возможно протекание токов, близких по величине к току двухфазного КЗ. В этом случае для предотвращения значительных повреждений необходимо обеспечить максимально быстрое отключение защищаемого объекта без выдержки времени (или с минимально возможной). Рекомендуемое значение уставки срабатывания 100 А (по первичному току). При такой уставке обеспечивается достаточно надежная отстройка защиты от токов переходного процесса при внешних коротких замыканиях и пусковых режимах и одновременно обеспечивается высокая чувствительность измерительного органа, поскольку токи двойного замыкания на землю значительно больше 100 А.

1.5.7.2 Функциональная схема реализации в терминале защиты от двойного замыкания на землю приведена на рисунке 20. Выдержки времени ЗОЗЗ-2 приведены в таблице 28.

1.5.7.3 Реле тока нулевой последовательности фаз «3I<sub>0</sub> >>>» по принципу действия является максимальным. Характеристики ИО «3I<sub>0</sub>>>>» приведены в таблице 26.

1.5.7.4 Реле токовой отсечки нулевой последовательности фаз «РТ ТОНП» предназначено для реализации ЗОЗЗ-2 при отсутствии возможности подключения к ТТНП. «РТ ТОНП» подключается к группе аналоговых цепей «I Y» (см. схему подключения).

1.5.7.5 ИО «РТ ТОНП» реагирует на утроенный ток нулевой последовательности фаз, рассчитанного по формуле

$$3\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C, \quad (21)$$

где  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  - вектора фазных токов защищаемого присоединения.

Характеристики ИО «РТ ТОНП» приведены в таблице 29.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист	
								3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ			

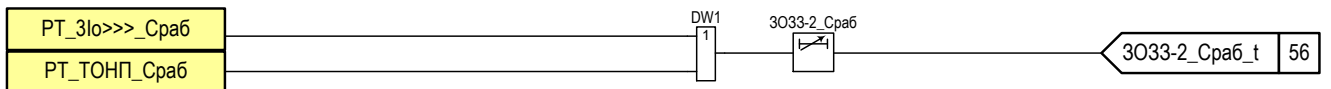


Рисунок 20 – Функциональная схема реализации в терминале защиты от двойного замыкания на землю (3O33-2)

Таблица 28 – Выдержки времени 3O33-2

Имя	Название	Уставка*
3O33-2_Сраб	Выдержка времени на срабатывание.	Значение по умолчанию: 0,1 с
*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.		

Таблица 29 – Характеристики ИО «РТ ТОНП»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Уставка по току срабатывания относительно номинального тока датчика (регулируемая), А	0,008 – 6	0,001
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 – 1	0,01
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	40	
Погрешности:		
- основная погрешность тока срабатывания, % не более;	5	
- дополнительная погрешность тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, % не более;	10	
- дополнительная погрешность тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, % не более:		
- от 3 до 47 Гц;	7	
- от 53 до 80 Гц	10	

### 1.5.8 Защита от несимметричного режима (ЗНР)

1.5.8.1 ЗНР выполнена одноступенчатой с независимой выдержкой времени на срабатывание (см. таблицу 31). Воздействие по факту срабатывания защиты может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.32). Функциональная схема приведена на рисунке 21.

1.5.8.2 Защита подключается к группе аналоговых цепей «I Y» (см. схему подключения).

1.5.8.3 ИО «РТ ЗНР» реагирует на величину отношения тока обратной последовательности  $I_2$  к току прямой последовательности  $I_1$ , рассчитанных по формулам, указанным ниже. Характеристика ИО «РТ ЗНР» приведена в таблице 30.

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_A + I_B \cdot e^{j120^\circ} + I_C \cdot e^{-j120^\circ}), \quad (22)$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_A + I_B \cdot e^{-j120^\circ} + I_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (23)$$

где  $e^{-j120^\circ}$  - оператор поворота вектора на  $240^\circ$ ;

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инд. № подл.	026/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$e^{j120^\circ}$  - оператор поворота вектора на  $120^\circ$ .

Срабатывание ИО «РТ ЗНР» происходит в случае, если отношение  $I_2$  к  $I_1$  больше уставки срабатывания –  $K$ . Уставка задается в процентах и выбирается в соответствии с формулой (24). В ИО предусмотрен контроль минимального значения тока  $I_1$ , при котором производится расчет соотношения (уставка задается в номиналах).

В нормальном режиме работы соотношение  $I_2$  к  $I_1$  близко к нулю, а при обрыве одной из фаз соотношение становится близко к единице

$$K < \frac{|I_2|}{|I_1|} \cdot 100 \% \quad (24)$$

Таблица 30 – Характеристики ИО защиты несимметричного режима «РТ ЗНР»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Коэффициент несимметрии $K$ , %	10 – 100	0,01
Коэффициент возврата $K$ регулируется в диапазоне	0,5 – 1	0,01
Минимальное значение тока $I_1$ , при котором производится расчет соотношения, о.е	0,05 – 1	0,01
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более	40	
Погрешности: - основная погрешность уставки $K$ срабатывания, %, не более; - дополнительная погрешность уставки $K$ срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более; - дополнительная погрешность уставки $K$ срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 47 Гц; - от 53 до 80 Гц	5  10  7 10	

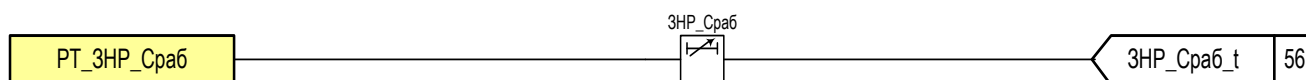


Рисунок 21 - Фрагмент функциональной схемы ЗНР

Таблица 31 – Выдержки времени ЗНР

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗНР_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗНР	1	0,2 – 100
*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.			

1.5.9 Контроль исправности цепей переменного тока (КИТ)

1.5.9.1 Контроль исправности цепей переменного тока предназначен для сигнализации обрыва вторичных цепей ТТ. Контроль наличия неисправности цепей тока осуществляется:

– по факту срабатывания ИО «КИТ» (см. таблицу 32);

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

– по факту срабатывания ИО «РТ ЗНР» и отсутствию срабатывания ИО «U2» (см. 1.5.8.3, 1.5.5.3 соответственно).

1.5.9.2 Фрагмент функциональной схемы КИТ приведен на рисунке 23. Выдержки времени КИТ приведены в таблице 33.

1.5.9.3 Использование ИО «КИТ» возможно только при установке ТТ во всех трех фазах и наличии ТТНП.

1.5.9.4 Принцип работы ИО «КИТ» основан на сравнении вычисленного тока нулевой последовательности в цепи трехфазной группы ТТ измеренного значения тока нулевой последовательности во вторичной обмотке ТТНП. Расчет значения тока нулевой последовательности фаз производится программно, путем векторного суммирования измеренных фазных токов во вторичной обмотке ТТ, собранных по схеме «звезда» ( $I_Y$ ). Срабатывание ИО «КИТ» происходит при превышении уставки разностью значений вычисленного и измеренного тока нулевой последовательности.

$$I_{del} = \frac{1}{3} \cdot \left| (3i_0 - i_{ТТНП1}) \right| = \frac{1}{3} \cdot \left| (i_A + i_B + i_C) - K_0 \cdot (i_{ТТНП1}) \right|, \quad (25)$$

где  $i_A, i_B, i_C$  - вектора фазных токов защищаемого присоединения.

$K_0 = I_{ном.Y} / I_{ном.ТТНП1}$  – коэффициент приведения, учитывающий различия в номинальных токах вторичных обмоток ТТ и ТТНП.

Параметры  $I_{ном.Y}$  и  $I_{ном.ТТНП1}$  являются параметрами аналоговых входов, значение которых определяется типом ТТ (см. 1.3).

В ИО «КИТ» предусмотрена возможность торможения срабатывания ИО при близких КЗ, в результате которых возможно насыщение ТТ или ТТНП. Тормозной ток определяется как максимальный ток из трех фаз

$$|I_T| = \max(|i_A|, |i_B|, |i_C|) \quad (26)$$

где  $i_A, i_B, i_C$  - вектора фазных токов защищаемого присоединения.

Характеристика срабатывания ИО «КИТ» приведена на рисунке 22.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
											3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							



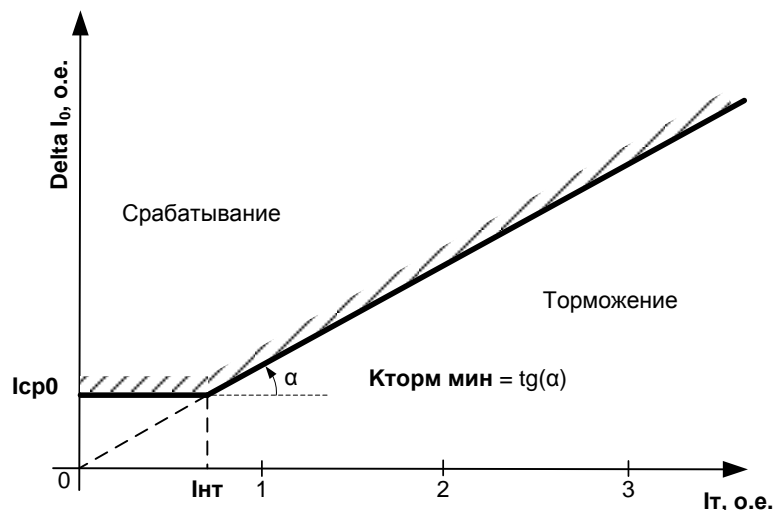


Рисунок 22 – Характеристика срабатывания ИО «КИТ»

Таблица 32 – Характеристики ИО «КИТ»

Наименование уставок	Обозначение уставки	ед. изм.	Диапазон уставок			Значение по умолч.
			мин	макс	шаг	
Начальный ток срабатывания	$I_{cp0}$	о.е.	0,10	1	0,01	0,20
Коэффициент торможения	$K_T$	-	0,0	2	0,01	0,5
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс ,не более						40
Погрешности:						
- основная погрешность уставки $K$ срабатывания, %, не более;						5
- дополнительная погрешность уставки $K$ срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;						10
- дополнительная погрешность уставки $K$ срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:						
- от 3 до 47 Гц;						7
- от 53 до 80 Гц						10

1.5.9.5 Ток срабатывания –  $I_{cp0}$  рассчитывается по условию отстройки от тока небаланса

–  $I_{нб(ном)}$ .

$$I_{cp.0} \geq k_{отс} \cdot I_{нб(ном)}, \quad (27)$$

где  $k_{отс}$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность работы защиты и необходимый запас, принимаемый равным 1,2.

Ток небаланса нормального режима определяется по выражению

$$I_{нб(ном)} = \left( k_{одн} \cdot \varepsilon_* + f_{выр} \right) \cdot I_{ном}, \quad (28)$$

где  $k_{одн}$  – коэффициент однотипности ТТ;  $k_{одн} = 1,0$  (так как ТТ и ТТНП разнотипные);

$\varepsilon_*$  – полная погрешность ТТ;

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$\square f_{выр*}$  – относительная погрешность выравнивания токов плеч,  $\Delta f_{выр*} \approx 0,02$ ;

$I_{ном}$  – номинальный ток (первичный), А (см. 1.3).

Номинальный ток срабатывания в проектных расчетах можно принять равным 0,2 о.е., в ходе дальнейшей эксплуатации значение уставки ( $I_{ср.0}$ ) может быть скорректировано.

Коэффициент торможения ( $K_T$ ) выбирается по условию отстройки защиты от максимальных токов небаланса, вызванных погрешностями ТТ при внешних трехфазных КЗ по выражению

$$k_T = \frac{k_{отс} \cdot I_{нб(маx)}}{I_T}, \quad (29)$$

где  $k_{отс}$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность защиты, приближенность расчета токов КЗ и необходимый запас,  $k_{отс}$  принимается равным 2;

$I_{нб(маx)}$  – максимальный ток небаланса при внешнем трехфазном КЗ;

$I_T$  – ток торможения в рассматриваемом режиме.

Максимальный ток небаланса при внешнем трехфазном КЗ или асинхронном ходе

$$I_{нб(маx)} = \left( k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot \varepsilon + \square f_{выр*} \right) \cdot I_{скв(маx)}, \quad (30)$$

где  $k_{АП}$  – коэффициент, учитывающий наличие апериодической слагающей тока,  $k_{АП}$  принимается равным 2;

$I_{скв(маx)}$  – максимальный сквозной ток, А.

Максимальный сквозной ток определяется по выражению

$$I_{скв(маx)} = \max[I_{вн.КЗ} \cdot I_{АХ}], \quad (31)$$

где  $I_{вн.КЗ}$  – ток в при внешнем трехфазном КЗ, А;

$I_{АХ}$  – ток в цепи при асинхронном ходе или несинхронном включении (если такой режим возможен), А.

Ток торможения в режиме протекания максимальных сквозных токов определяется по выражению

$$I_T = \sqrt{I_{скв(маx)} \cdot (I_{скв(маx)} - I_{нб(маx)}) \cdot \cos \alpha}, \quad (32)$$

где  $\alpha$  – угол между векторами рассчитанного и измеренного токов нулевой последовательности; в проектных расчетах может быть принят от 10° до 20°.

Рекомендуемое значение уставки  $K_T$  – 0,5.

Инв. № подл.	025/ЭТ				Лист 58									
	3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова		25.08.20								
							Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
												Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
				ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ										

Таблица 33 - Выдержки времени КИТ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
КИТ_Сраб	Выдержка времени при срабатывании защиты	0,5	0 – 1
Неиспр_ТТ	Выдержка времени на формирование сигнала	2	1-20

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

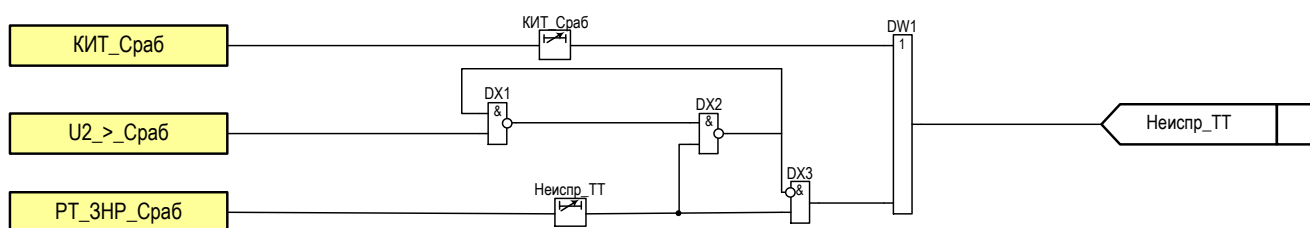


Рисунок 23 – Фрагмент функциональной схемы КИТ

### 1.5.10 Защита от минимального напряжения (ЗМН)

1.5.10.1 Защита минимального напряжения предназначена для отключения части неответственных механизмов либо защищаемой электроустановки при исчезновении или снижении напряжения на секции со стороны питания рабочего источника до  $0,7 \cdot U_{ном}$  и ниже, а также для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения условий самозапуска ответственных механизмов (если таковые имеются).

1.5.10.2 ЗМН имеет две ступени: ЗМН-1 и ЗМН-2. Ступень представляет собой совокупность нескольких измерительных органов, объединенных общей логикой.

1.5.10.3 Каждая из ступеней использует индивидуальный ИО минимального напряжения («РН ЗМН-1, «РН ЗМН-2» соответственно) и независимую выдержку времени на срабатывание. ИО ЗМН подключаются к вторичной обмотке ТН, собранной по схеме «звезда» - UY.

1.5.10.4 Воздействие каждой из ступеней может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.32). Длительность срабатывания ограничена формирователем импульсов с прерыванием. Действие ЗМН блокируется при наличии сигнала «ЗМН заблокировано», формирующегося при наличии неисправности цепей напряжения (см. 1.5.5) или наличии внешнего дискретного сигнала «Блокировка ЗМН».

1.5.10.5 Срабатывание ступени ЗМН происходит при симметричном снижении всех трех измеряемых линейных напряжений - ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ) ниже уставки срабатывания и включенном положении выключателя (отсутствие сигнала «РПО»). Функциональная схема ЗМН приведена на рисунке 24. Выдержки времени ЗМН приведены 34.

Инв. № подл.	025/ЭТ
	Зам.
	ЭКРА.1517-2020
	Архипова
	25.08.20
Изм.	Лист
	№ докум.
	Подп.
	Дата

Таблица 34 – Выдержки времени ЗМН

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
ЗМН-1_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗМН-1	0,5	0,2 – 100
ЗМН-1_ТМО11	Формирователь импульсов с прерыванием	1	0 – 10
ЗМН-2_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗМН-2	8	0,2 – 100
ЗМН-2_ТМО12	Формирователь импульсов с прерыванием	1	0 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

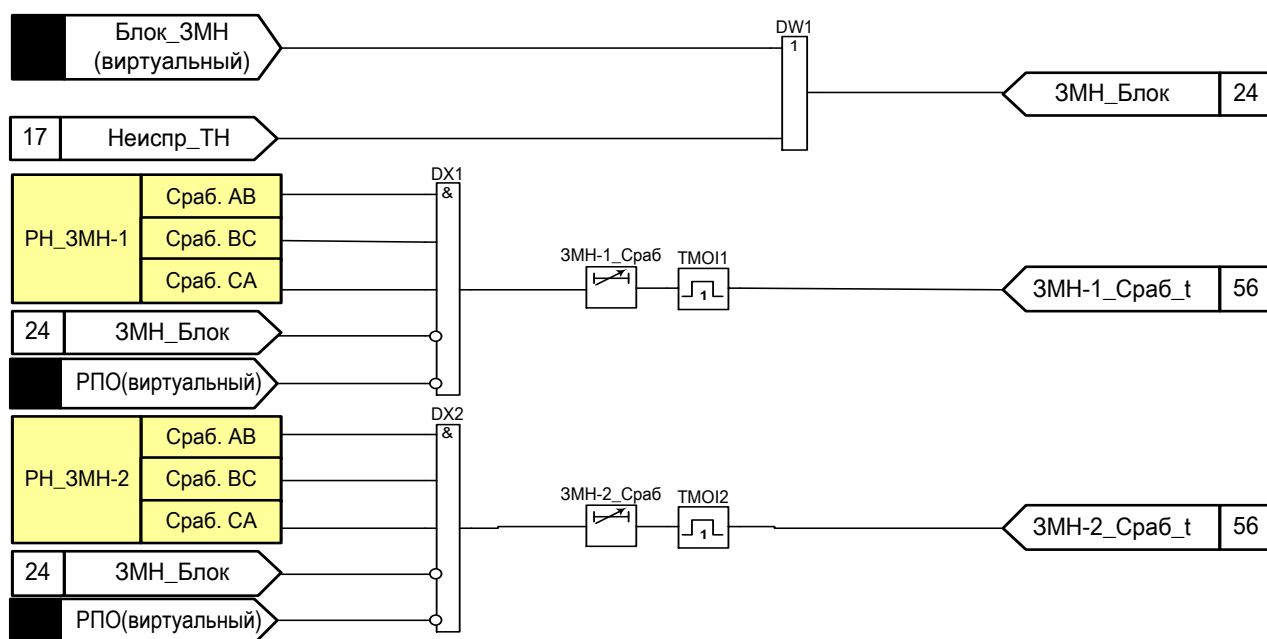


Рисунок 24 – Фрагмент функциональной схемы ЗМН

### 1.5.11 Защита от повышения напряжения (ЗПН)

1.5.11.1 ЗПН предназначена для предотвращения длительной работы оборудования при напряжении больше значения допустимого по условию эксплуатации. Воздействие может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см.1.5.32).

1.5.11.2 ЗПН выполнена одноступенчатой. Защита выполнена с применением ИО максимального напряжения и независимой выдержки времени на срабатывание. ИО подключаются ко вторичной обмотке ТН, собранной по схеме «звезда» - UY Срабатывание ЗПН происходит при превышении любым из измеряемых линейных напряжений уставки срабатывания и наборе выдержки времени на срабатывание. Функциональная схема ЗПН приведена на рисунке 25. Выдержки времени ЗПН приведены в таблице 35. Характеристики ИО приведены в таблице 36.

Имп. № подл.	025/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Рисунок 25 - Фрагмент функциональной схемы ЗПН

Таблица 35 – Выдержка времени ЗПН

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗПН_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗПН	0,5	0,2 – 100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

Таблица 36 – Характеристики ИО максимального напряжения – «ЗПН», «РКНН»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Напряжение срабатывания, В	3 – 264	0,01
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	1 – 1,5	0,01
Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, с, не более	0,03	
Погрешности:		
- основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более;	5	
- дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более;	10	
- дополнительная погрешность напряжения срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более:		
- от 3 до 47 Гц;	7	
- от 53 до 80 Гц	10	

## 1.5.12 Контроль напряжения

1.5.12.1 Контроль напряжения в большинстве случаев задействован в организации работы вспомогательных систем.

1.5.12.2 В зависимости от состояния программной накладки «Выбор контроля напряжения» КНН и КОН может быть выполнен двумя способами:

- с использованием соответствующих реле контроля напряжения (РКНН, РКОН), имеющих регулируемую уставку срабатывания и регулируемый коэффициент возврата;
- по внешнему дискретному сигналу «Контроль наличия напряжения».

ИО подключаются к вторичной обмотке ТН, собранной по схеме «звезда» - УУ.

Характеристики ИО приведены в таблицах 22, 36. Формирование сигнала «Контроль отсутствия напряжения» блокируется при наличии неисправности цепей напряжения (см. рисунок 26). Программные накладки схемы контроля напряжения приведены в таблице 37.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 37 – Программные накладные схемы контроля напряжения

Имя	Название	Состояние
Выбор_контр	Выбор контроля напряжения	1 - по дискретному сигналу
		0 - по аналоговому сигналу

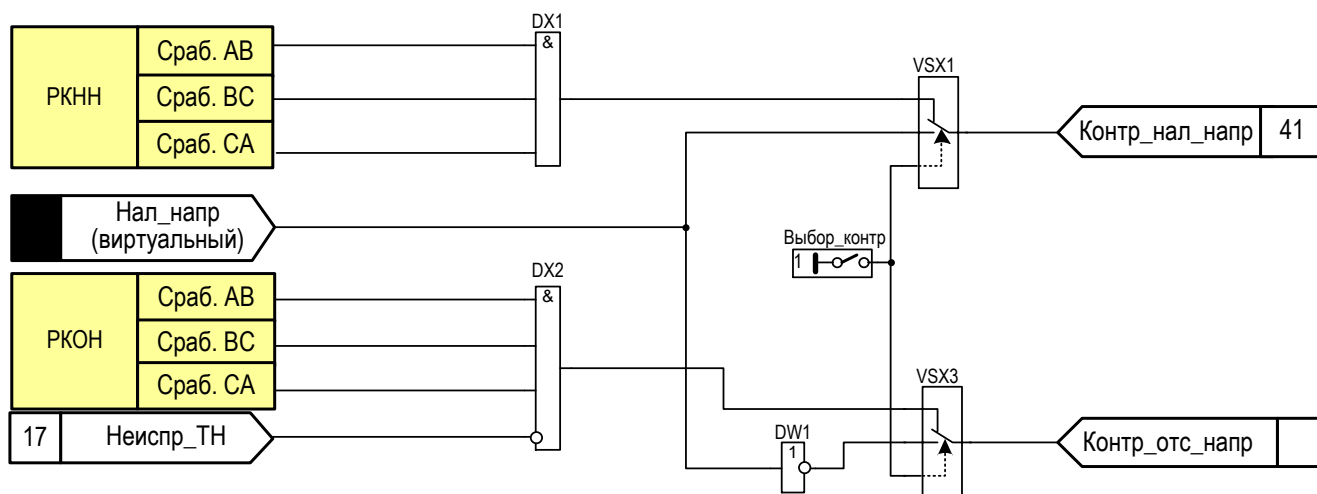


Рисунок 26 – Фрагмент функциональной схемы контроля напряжения

### 1.5.13 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

1.5.13.1 УРОВ служит для резервирования отказа выключателя при действии защит терминала.

1.5.13.2 Схема выполнена с применением асинхронного RS-триггера с приоритетом по R (DS1). Пусковым условием является общий сигнал «Пуск схемы УРОВ», который формируется посредством «Матрицы отключения». Сброс триггера происходит после возврата РТ\_УРОВ, свидетельствующего об отсутствии тока в защищаемой цепи. Если в течение выдержки времени «УРОВ\_Пуск» не произойдет сброс триггера (факт наличия отказа выключателя), сформируется сигнал «УРОВ\_Пуск», который подействует на реле «Пуск\_УРОВ», которое своими контактами сформирует сигнал на вышестоящий терминал защиты. При наличии логического сигнала «Вывод\_УРОВ» сигнал «УРОВ\_Пуск» не формируется (см. рисунок 27).

1.5.13.3 Программные накладные и выдержки времени УРОВ приведены в таблицах 38 и 39 соответственно.

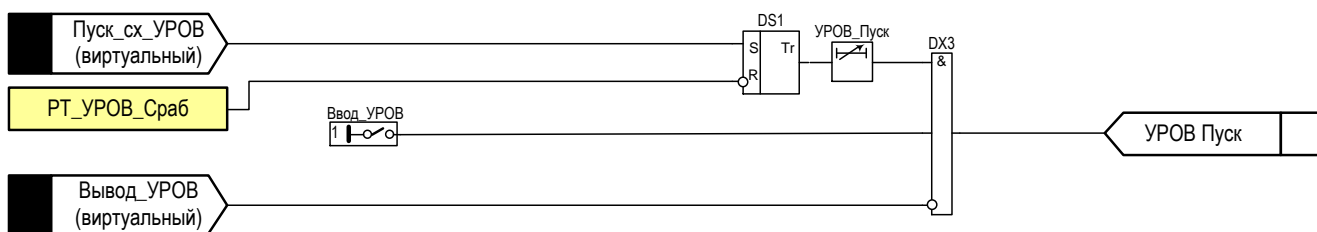


Рисунок 27 - Фрагмент функциональной схемы УРОВ

Имя	Подп. дата
Имя	Инд. № дубл.
Имя	Взам. инв. №
Имя	Подп. и дата
Имя	Инд. № подл.

Архипова 25.08.20

025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 38 – Программные накладки УРОВ

Имя	Название	Состояние
Ввод_УРОВ	Ввод УРОВ	1 - введено
		0 - выведено

Таблица 39 – Выдержки времени УРОВ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
УРОВ_Пуск	Регулируемая выдержка времени на срабатывание УРОВ	0,5	0,01 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

1.5.14 Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ)

1.5.14.1 ЗДЗ предназначена для быстрого устранения дуговых замыканий в отсеках сборных шин и элементов ошинок распределительных устройств (РУ). Функция ЗДЗ принимает внешний дискретный сигнал от устройства дуговой защиты, реагирующего на различные физические явления, сопровождающие дуговые замыкания (расширение воздуха при горении дуги, вспышка света). Функциональная схема организации ЗДЗ приведена на рисунке 29 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании). Программные накладки и выдержки времени ЗДЗ приведены в таблицах 40 и 41 соответственно.

1.5.14.2 Для увеличения надежности и отстройки от ложных срабатываний применяется контроль протекания тока КЗ, данная возможность может быть выведена с помощью соответствующей программной накладки. «Контроль тока ЗДЗ» осуществляется по наличию следующих событий: пуск МТЗ ввода, наличие внешнего дискретного сигнала «Контроль тока», сформированного внешним реле тока. Способы реализации ЗДЗ определяются при конкретном проектировании. Если сформирован сигнал «Отключение от ЗДЗ» и за время, заданное выдержкой времени «ЗДЗ\_Неиспр», не сформируется хотя бы один сигнал, свидетельствующий о наличии тока, то сформируется сигнализация о неисправности в цепи дуговой защиты.

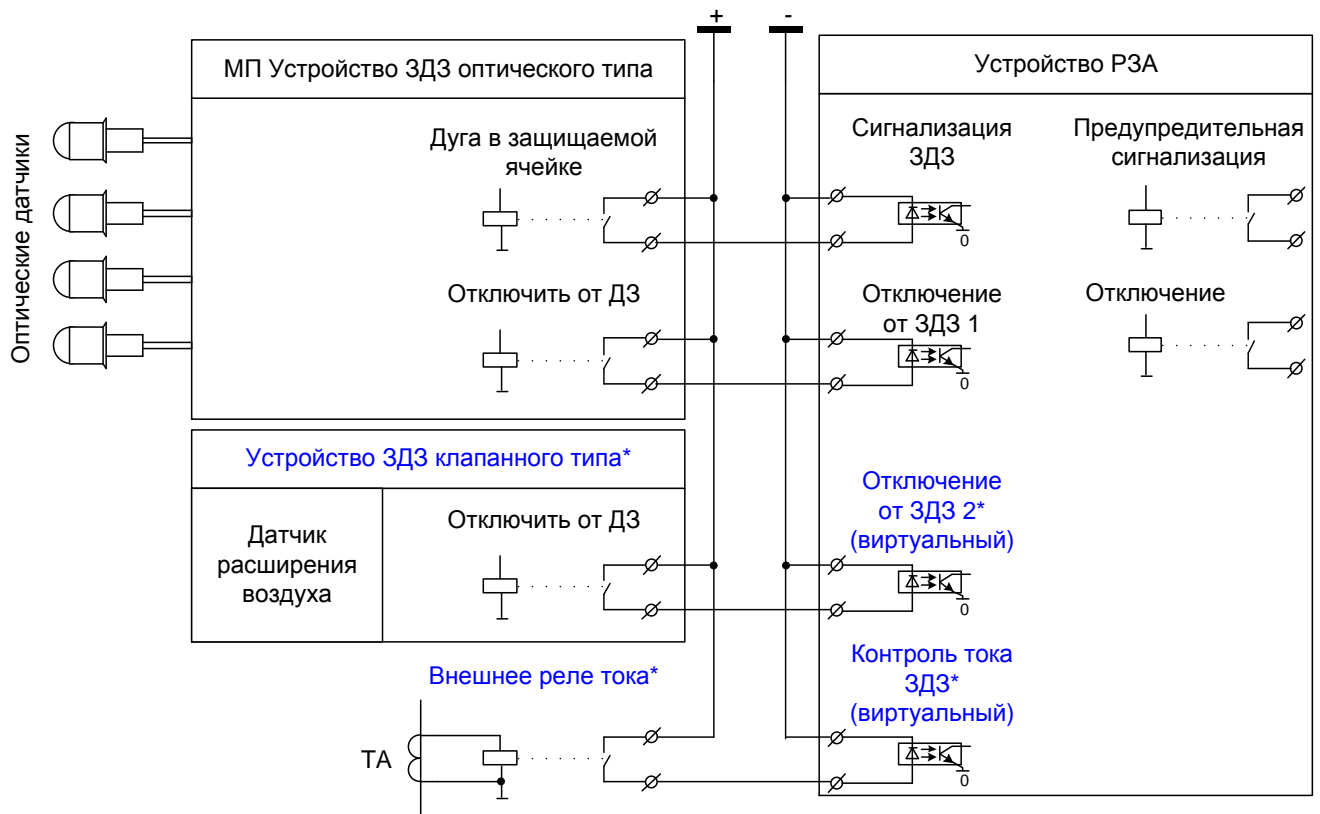
1.5.15 ЗДЗ имеет две независимые выдержки времени на срабатывание (см. таблицу 41), воздействия после набора каждой из них могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.32). Для повышения удобства обслуживающего персонала при выявлении места возникновения дугового замыкания в терминалах предусмотрена возможность сигнализации о месте замыкания. Для этого используется дискретный вход «Сигнализация ЗДЗ», подключенный к централизованному устройству дуговой защиты. Для исключения ложных срабатываний цепи сигнализации в логике формирования сигнализации ЗДЗ предусмотрена одноименная выдержка времени на срабатывание.

1.5.15.2 Структурная схема ЗДЗ приведена на рисунке 29.

Таблица 40 – Программные накладки ЗДЗ

Инв. № подл. 025/ЭТ	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист 63				
							Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата Архипова 25.08.20	Подп. дата
							3	Изм	Лист	№ докум.

Имя	Название	Состояние
Контр_ЗДЗ_по_току	Контроль ЗДЗ по току	1 - не предусмотрен
		0 - предусмотрен



\* Необходимость уточняется при конкретном проектировании

Рисунок 28 – Структурная схема ЗДЗ

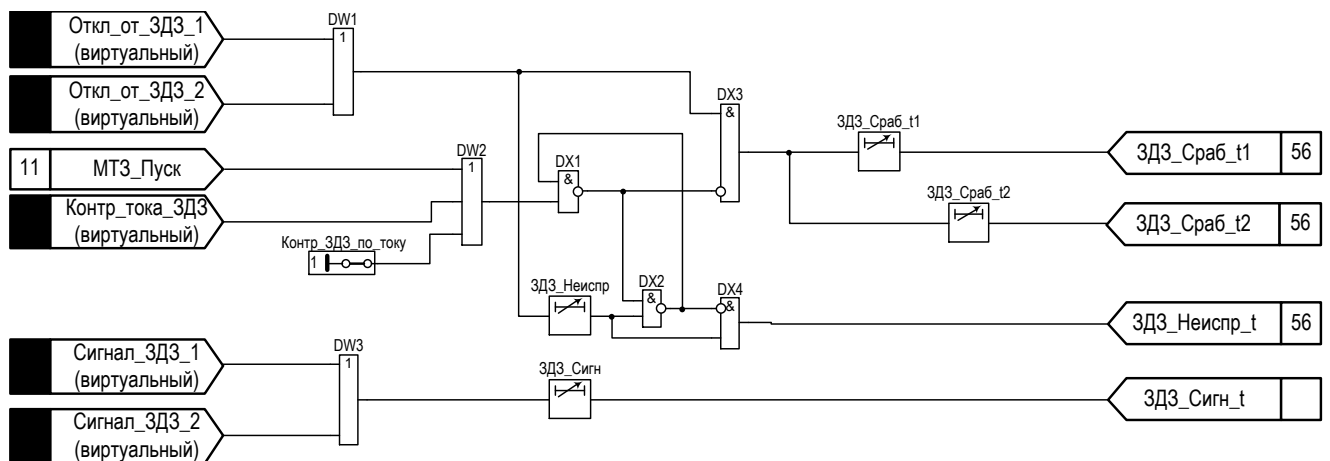


Рисунок 29 - Фрагмент функциональной схемы ЗДЗ

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ



Таблица 41 – Выдержки времени ЗДЗ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗДЗ_Неиспр	Регулируемая выдержка времени при неисправности ЗДЗ	6	0,2 – 100
ЗДЗ_Сраб_t1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗДЗ	0,2	0,2 – 100
ЗДЗ_Сраб_t2	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗДЗ	0,5	0,2 – 100
ЗДЗ_Сигн	Регулируемая выдержка времени на сигнализацию ЗДЗ	0,5	0,2 – 100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

1.5.16 Защита от обратной мощности (ЗОМ)

Защита от обратной мощности срабатывает, если активная мощность поступает от двигателя на шины, в течение времени срабатывания, заданного уставкой.

Уставка срабатывания по мощности задается во вторичных значениях (0,01-1)·Pн. Защита может работать на отключение выключателя или действовать на отдельное реле. Для того чтобы защита действовала на отдельное реле, необходимо задать уставку «Функция защиты от обратной мощности» - «Откл» и подключить к точке «Защита от обратной мощности» одно из программируемых реле.

Защита от обратной мощности срабатывает при появлении сигнала от ИО «РОМ\_Сраб» (см. рисунок 30). Время срабатывания ЗОМ определяется выдержкой времени «ЗОМ\_Сраб» (см. таблицу .42).

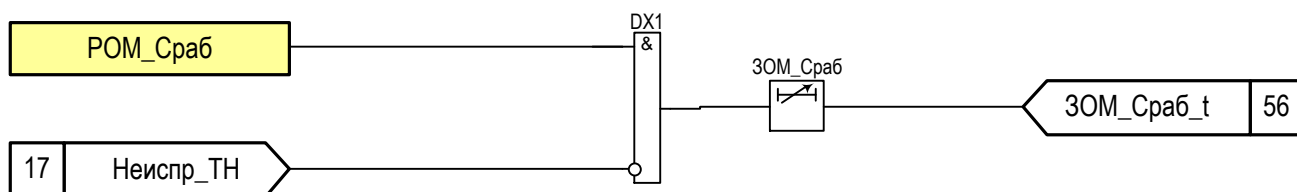


Рисунок 30- Функциональная схема ЗОМ

Таблица 42 – Выдержки времени ЗОМ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗОМ_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗОМ	1	0,2-100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

1.5.17 Защита от тепловой перегрузки (ЗТП)

1.5.17.1 Защита от перегрузки выполнена на интегральном принципе с использованием модели нагрева/остывания двигателя, с учетом предварительного нагрева двигателя током нагрузки. В качестве входной величины используются фазные токи статора, а уставки характеризуют параметры двигателя по нагреву и остыванию. Защита действует эффективно

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

при кратковременных или длительных перегрузках двигателя, предотвращая перегрев изоляции обмоток и последующего снижения сопротивления изоляции. Имеется возможность запрета повторного включения двигателя, настраиваемую с помощью матрицы отключения.

1.5.17.2 Выходные цепи действуют на отключение («ЗТП\_Ток\_Перег»), сигнализацию («ЗТП\_Сигн»), а также на срабатывание («ЗТП\_Сраб»). Функциональная схема защиты от тепловой перегрузки представлена на рисунке 31. Выдержки времени ЗТП приведены в таблице 43.

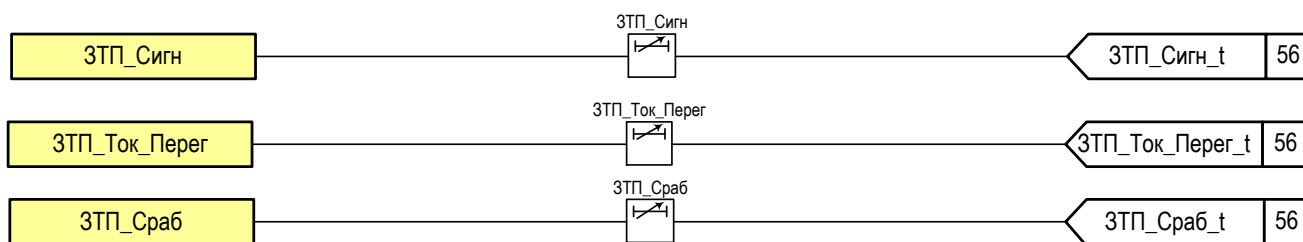


Рисунок 31– Функциональная схема ЗТП

Таблица 43 – Выдержки времени ЗТП

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗТП_Сигн	Выдержка времени срабатывания аварийной сигнализации	20	0,2-100
ЗТП_Ток_Перег	Выдержка времени срабатывания при перегрузке по току	0,5	0,2-100
ЗТП_Сраб	Выдержка времени срабатывания защиты на отключение	10	0,2-100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

Сигнал «ЗТП\_Ток\_Перег» действует на отключение выключателя, сигнализацию на светодиодах, а также на матрицу отключений.

Сигнал «ЗТП\_Сигн» действует на предупредительную сигнализацию, на светодиодную сигнализацию, а также на матрицу отключений.

Сигнал «ЗТП\_Сраб» предназначен для предотвращения недопустимых перегрузок обмотки ротора током возбуждения. Срабатывает при достижении 100 % перегрева и воздействует на отключение двигателя.

#### 1.5.18 Защита от минимальной частоты (ЗМЧ)

1.5.18.1 Защита минимальной частоты срабатывает, если частота меньше частоты срабатывания, заданного уставкой.

1.5.18.2 Защита от минимальной частоты имеет две ступени: ЗМЧ-1 и ЗМЧ-2. Срабатывание ЗМЧ происходит при появлении сигнала «ЗМЧ\_Сраб» с выдержкой времени «ЗМЧ\_Сраб» для каждой ступени соответственно (см. рисунок 32). Выдержки времени ЗМЧ приведены в таблице 44.

1.5.18.3 ЗМЧ-1 служит для отключения электродвигателя при отклонении частоты питающей сети от 47,5 до 47,0 Гц, не более 1 мин в каждом отдельном случае и не более

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

360 мин в течение всего срока службы. ЗМЧ-2 служит для отключения электродвигателя при отклонении частоты питающей сети от 47,0 до 46,0 Гц, не более 10 с в каждом отдельном случае и не более 60 мин в течение всего срока службы.

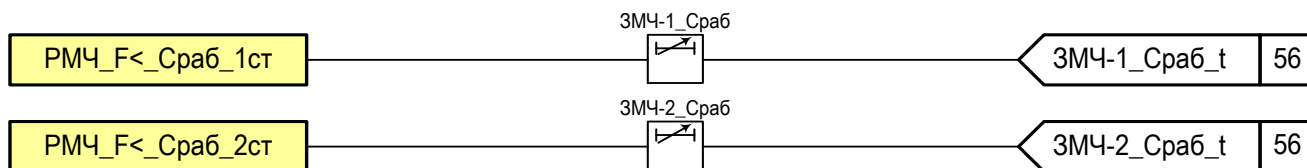


Рисунок 32 – Функциональная схема ЗМЧ

Таблица 44 – Выдержки времени ЗМЧ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗМЧ-1_Сраб	Регулируемая выдержка времени на задержку срабатывание	60	0,2-100
ЗМЧ-2_Сраб	Регулируемая выдержка времени на задержки срабатывание	10	0,2-100

#### 1.5.19 Защита минимального тока (ЗМТ)

1.5.19.1 Защита минимального тока срабатывает, если максимальный из фазных токов меньше тока срабатывания, заданного уставкой, в течение времени срабатывания, заданного уставкой и при наличии сигнала РПВ.

1.5.19.2 Срабатывание ЗМТ происходит с выдержкой времени «ЗМТ\_Сраб», при срабатывании ИО реле тока ЗМТ (см. рисунок 33). Выдержки времени ЗМТ приведены в таблице 45.

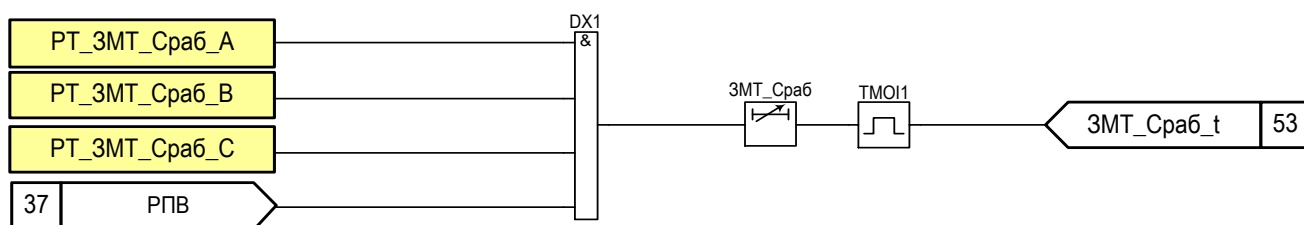


Рисунок 33 – Функциональная схема ЗМТ

Таблица 45 – Выдержки времени ЗМТ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ЗМТ_Сраб	Технологическая регулируемая выдержка времени на срабатывание ЗМТ	1,5	0,2-100
ТМО11	Формирователь импульсов с прерыванием	1	0-10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

#### 1.5.20 Определение режима работы двигателя

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	Архипова 25.08.20
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

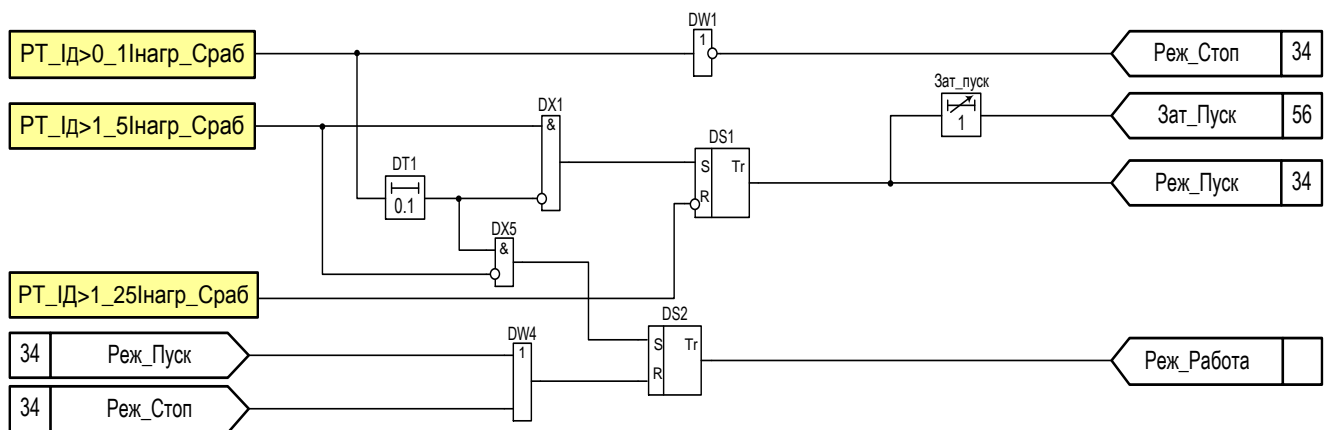
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Двигатель может находиться в трех режимах: «СТОП», «ПУСК» и «РАБОТА». Устройство определяет режим работы электродвигателя по изменению тока. При определении режима работы максимальный из фазных токов сравнивается с уставкой номинального тока нагрузки электродвигателя  $I_{НАГР}$  .(см. рисунок 34).

Режим «СТОП» определяется по факту снижения фазных токов  $I < 0,1 \times I_{НАГР}$  .

Режим «ПУСК» определяется по факту возрастания фазных токов с тока покоя  $I < 0,1 \times I_{НАГР}$  , до тока, превышающего  $1,5 \times I_{НАГР}$  за время, не превышающее 100 мс. Окончание режима запуска определяется по снижению тока до  $1,25 \times I_{НАГР}$  .

Режим «РАБОТА» может следовать только за режимом «ПУСК» после снижения тока до  $1,25 \times I_{НАГР}$  или после режима «СТОП», если ток превысил  $0,1 \times I_{НАГР}$  , но не достиг  $1,5 \times I_{НАГР}$  за 100 мс.



Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

68

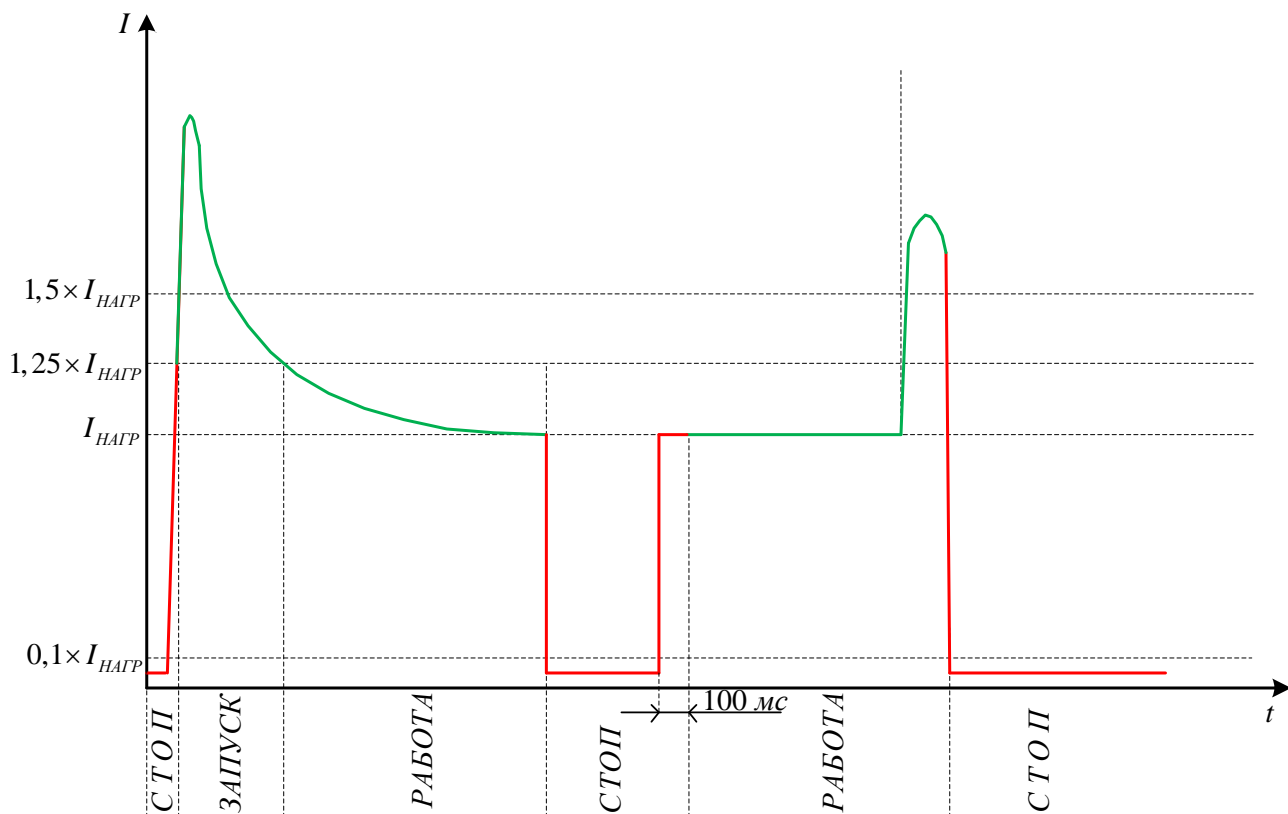


Рисунок 34 – Режим работы двигателя

Выдержки времени режима работы двигателя приведены в таблице 46.

Таблица 46 – Выдержки времени режима работы двигателя

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
DT1	Нерегулируемая выдержка времени на срабатывание	0,1	-
Зат_пуск	Регулируемая выдержка времени затянутого пуска	1	0-100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

1.5.21 Ограничение количества пусков за час и времени между пусками

1.5.21.1 Ограничение количества пусков за час и времени между пусками выполнено в соответствии с рисунком 35.

1.5.21.2 Функция ограничения количества пусков за час ведет счет количества произведенных за час пусков и запрещает включение электродвигателя после превышения допустимого за час пусков.

1.5.21.3 Функция ограничения минимального времени между пусками запрещает включение электродвигателя после завершения пуска в течение минимального времени между пусками. Сигнал «Включение» двигателя записывается в триггер DS5, если по каким либо причинам произошло отключение двигателя, повторный пуск электродвигателя возможен только через выдержку времени «Огран\_меж\_пуск» (см. таблицу 47), т.е. через 100 с.

Имя	Подп. дата
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/Э7

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 47 – Выдержки времени ограничения количества пусков за час и времени между пусками

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
1_Час	Нерегулируемый элемент задержки на срабатывание	3600	-
Огран_меж_пуск	Нерегулируемая выдержка времени на срабатывание	100	0,2-100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

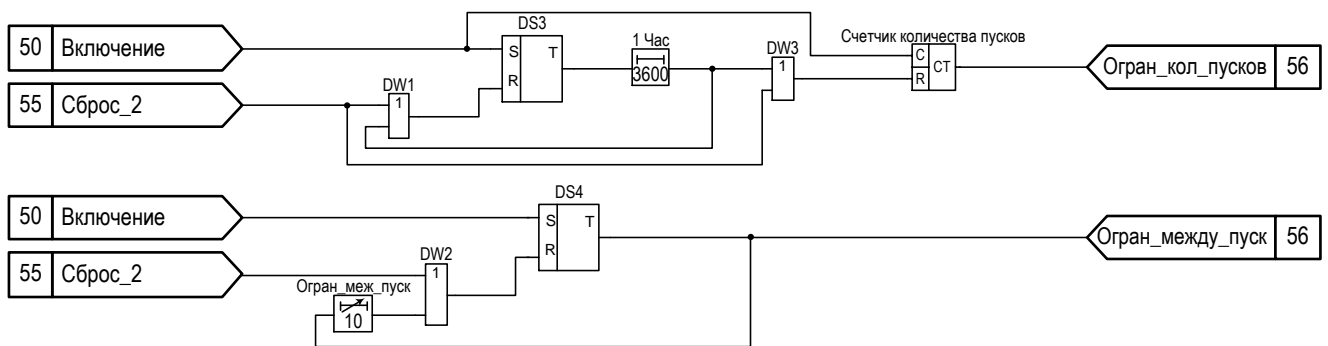


Рисунок 35 – Функциональная схема ограничения количества пусков за час и времени между пусками

### 1.5.22 Защита от асинхронного хода двигателя

1.5.22.1 Защита от асинхронного режима (ЗАР) (потери возбуждения) предусматривается для синхронного электродвигателя и предназначена для отключения его от сети при выпадении из синхронизма. Достоинством такой защиты от асинхронного режима является возможность защиты СД, работающими с технологическими перегрузками, корректность процесса выявления факта потери возбуждения, а также простая методика расчета уставок.

1.5.22.2 ЗАР сводится к определению сверхпереходного сопротивления и индуктивного сопротивления прямой последовательности. Данная защита выполняется на основе реле сопротивления с круговой характеристикой, расположенной симметрично на комплексной плоскости относительно оси  $jX$  (см. рисунок 36).

Имя	Подп. дата
Имя	Инд. № дубл.
Имя	Взам. инв. №
Имя	Подп. и дата
Имя	Архипова 25.08.20
Имя	Инд. № подл.
Имя	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



«ЗАР\_Сраб\_t» (см. таблицу 49) при отсутствии сигналов о неисправности цепей напряжения и блокировки защиты.

Работа алгоритма защиты СД от асинхронного режима предусматривает возможность блокировки. На блокирующий сигнал возможно назначить сигнал включения автомата гашения поля (АГП).

Таблица 49 – Выдержки времени ЗАР

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
ЗАР_Сраб_t	Регулируемая выдержка времени на срабатывание защиты	1	1-2

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

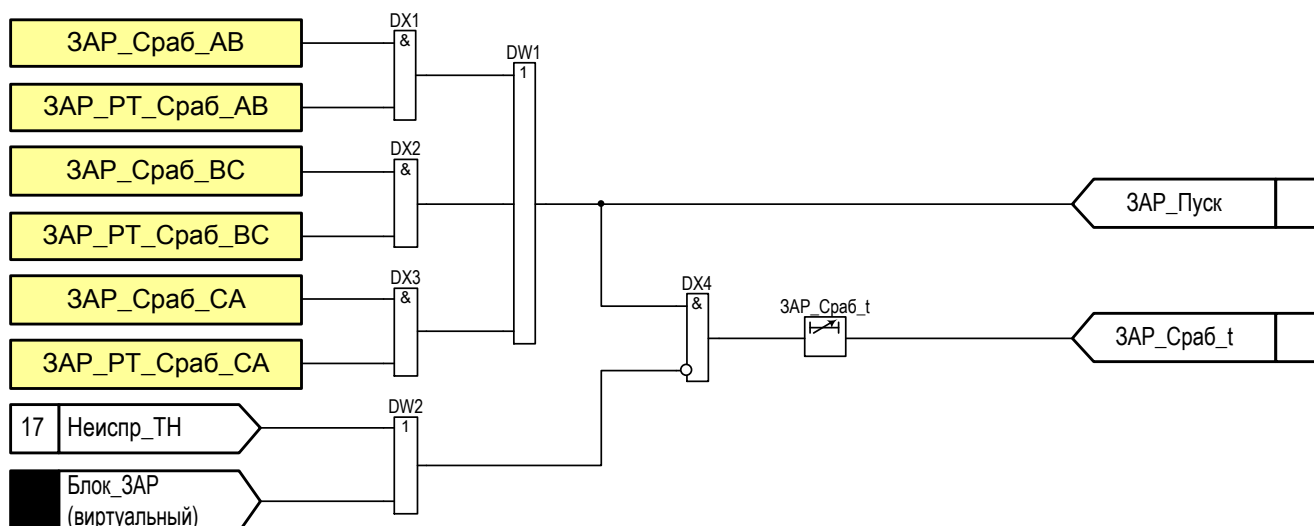


Рисунок 37 – Функциональная схема защиты от асинхронного режима

1.5.22.6 Пример расчета уставок защиты синхронного двигателя от асинхронного режима электродвигателя СДН-14-41-8УЗ

Таблица 50 – Исходные данные для расчета

Параметр	Значение
Мощность на валу двигателя, $P_{НОМ}$ , кВт	630
Напряжение, $U_{НОМ}$ , кВ	6
Коэффициент полезного действия, $\eta$ , %	94,6
Коэффициент мощности, $\cos\phi$ , о.е.	0,9
Сверхпереходное сопротивление двигателя, $x''d$ , о.е.	0,138
Сопротивление двигателя, $x_d$ , о.е.	0,846

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



1) Полная мощность синхронного двигателя рассчитывается по формуле

$$S_{ном} = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{630}{0,946 \cdot 0,9} = 740 \text{ кВ} \cdot \text{А.} \quad (33)$$

2) Рассчитываем базисное сопротивление для определения сверхпереходного сопротивления и сопротивления прямой последовательности двигателя

$$r_{баз} = \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = \frac{6000^2}{740000} = 49 \text{ Ом.} \quad (34)$$

3) Получаем сверхпереходное сопротивление двигателя в именованных единицах

$$x_d'' = x_d''(o.e.) \cdot r_{баз} = 0,138 \cdot 49 = 6,76 \text{ Ом.} \quad (35)$$

4) Индуктивное сопротивление прямой последовательности СД рассчитывается по формуле

$$x_d = x_d(o.e.) \cdot r_{баз} = 0,846 \cdot 49 = 41,45 \text{ Ом.} \quad (36)$$

5) Характеристика работы защиты приведена на рисунке 38. Уставки задаются в соответствии с рисунком:  $Z_{СР}=53,9 \text{ Ом}$ ;  $Z_{СМ}=2,7 \text{ Ом}$ .

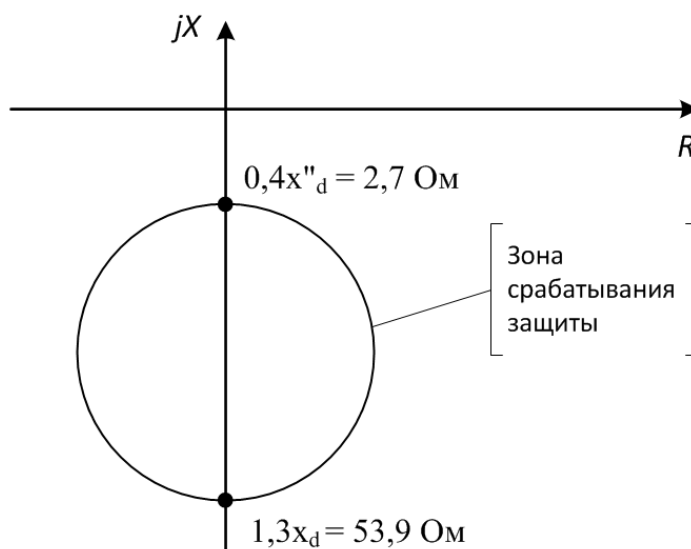


Рисунок 38 - Характеристика работы защиты, полученная в ходе расчетов

Обращаем внимание, что данный расчет представлен в качестве примера и может отличаться в зависимости от параметров подключения двигателя.

### 1.5.23 Устройство автоматической частотной разгрузки (АЧР)

1.5.23.1 АЧР принимает сигналы с дискретного входа и после набора соответствующих выдержек времени действует на отключение. При этом возможно ЧАПВ: от внешнего устройства (дискретный сигнал «ЧАПВ») – внешнее ЧАПВ, и по факту пропадания сигнала АЧР (в течение выдержки времени DT5) – внутреннее ЧАПВ.

Инов. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



выдержкой времени, а также сигнала готовности, обеспечивается однократный импульсный сигнал на включение выключателя.

Таблица 53 – Программные накладки ЧАПВ

Имя	Название	Состояние
Режим_ЧАПВ	Режим работы ЧАПВ	1 - работа
		0 - вывод

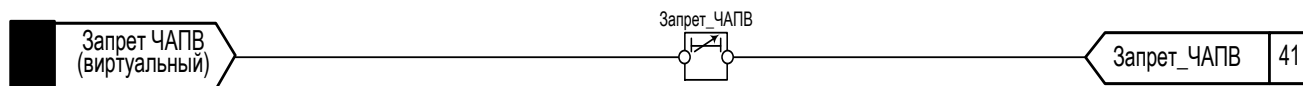


Рисунок 40 - Фрагмент функциональной схемы запрета ЧАПВ

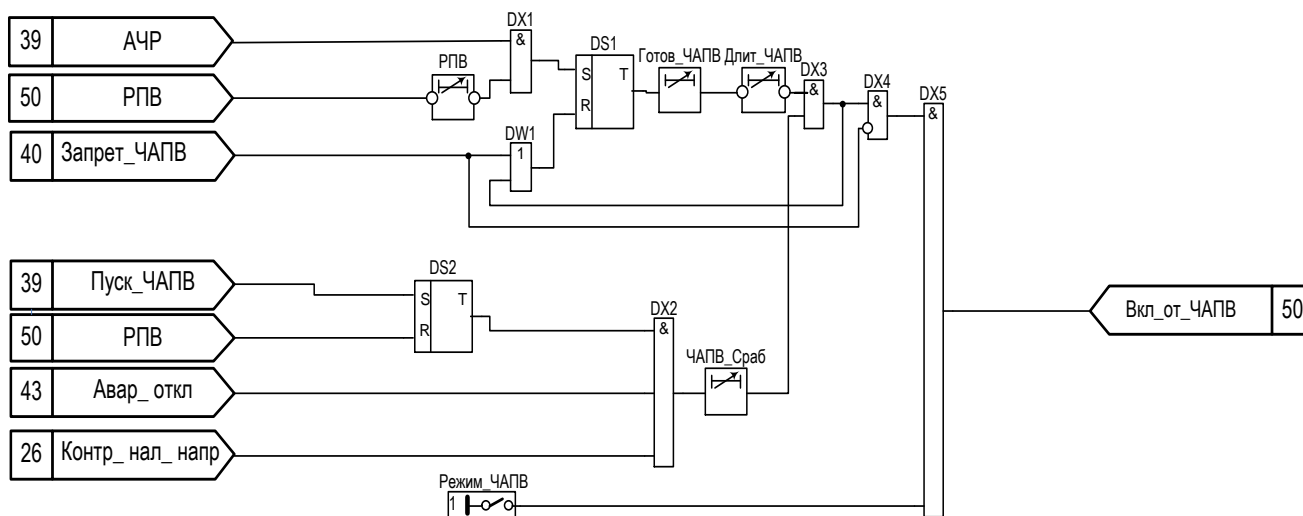


Рисунок 41 - Фрагмент функциональной схемы ЧАПВ

Таблица 54 – Выдержки времени ЧАПВ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон, с
ЧАПВ_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЧАПВ	0,2	0,2 – 100
РПВ	Регулируемый элемент задержки на возврат РПВ	6	0,2 – 100
Готов_ЧАПВ	Регулируемая выдержка времени на готовность ЧАПВ	20	0,2 – 100
Длит_ЧАПВ	Регулируемая выдержка времени на длительность ЧАПВ	2	0,2 – 100
Запрет_ЧАПВ	Регулируемая выдержка времени на запрет ЧАПВ	3	0,2 – 100

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

### 1.5.25 Цепи управления

1.5.25.1.1 Структурная схема подключения цепей управления (ЦУ) высоковольтным выключателем, управление которым основано на применении соленоидов управления, приведена на рисунке 47. Данная схема подключения цепей управления позволяет

Инв. № подл. 025/ЭТ  
 Подп. и дата Архипова 25.08.20  
 Взам. инв. №  
 Инв. № дубл.  
 Подп. дата

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

диагностировать ее исправность посредством контроля наличия и/или отсутствия сигналов «РПО» и «РПВ».

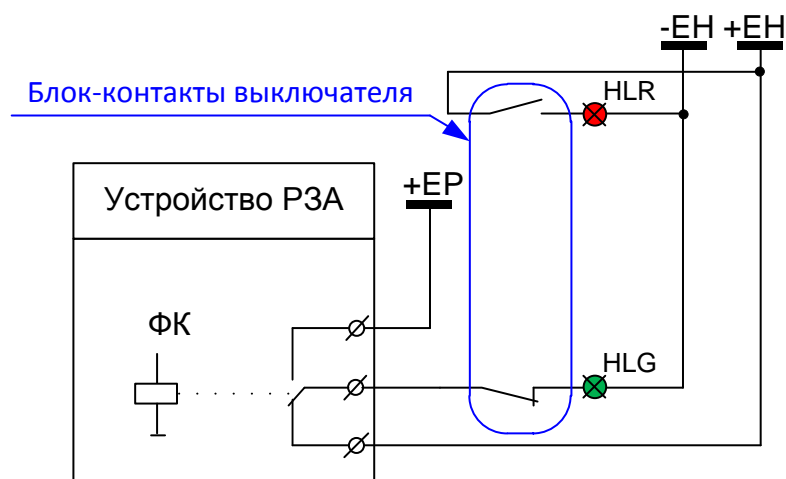
1.5.25.2 При выполнении подключения ЦУ к выключателю со своим блоком управления (БУ) следует руководствоваться рекомендациями, выданными предприятием-изготовителем выключателя.

**ВНИМАНИЕ:** ДЛЯ КОРРЕКТНОЙ РАБОТЫ СХЕМЫ, ПРИВЕДЕННОЙ НА РИСУНКЕ 47, НЕОБХОДИМО ЧТОБЫ ПАРАМЕТРЫ КАТУШЕК УПРАВЛЕНИЯ СОЛЕНОИДАМИ ВКЛЮЧЕНИЯ/ОТКЛЮЧЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ, ПРИ СОБРАННОЙ ЦЕПИ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЛИ НАПРЯЖЕНИЕ НА ДИСКРЕТНЫХ ВХОДАХ «РПО»/«РПВ1»(«РПВ2») НЕ МЕНЕЕ 75 % (ПРИ ПРИЕМЕ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ) И НЕ МЕНЕЕ 73 % (ПРИ ПРИЕМЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ) ОТНОСИТЕЛЬНО НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВО ВСЕМ ДОПУСТИМОМ ДИАПАЗОНЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ. В СЛУЧАЕ НЕВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫШЕ УКАЗАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ДИСКРЕТНЫЕ ВХОДЫ «РПО»/«РПВ1»(«РПВ2») СЛЕДУЕТ ПОДКЛЮЧИТЬ К СООТВЕТСТВУЮЩИМ БЛОК-КОНТАКТАМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ. ПРИ ЭТОМ ДИАГНОСТИКА ИСПРАВНОСТИ ЦУ ПОСРЕДСТВОМ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЕ И/ИЛИ ОТСУТСТВИЕ СИГНАЛОВ «РПО» и «РПВ» НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ!

1.5.25.3 Работа цепи управления выключателем представлена на рисунках 48 - 50.

Реле фиксации команд (РФК) позволяет отличать нормальное отключение (по команде оперативного персонала) высоковольтного выключателя от аварийного (отключение без команды от оперативного персонала), определять факт самопроизвольного отключения выключателя (когда отключение выключателя произошло без участия устройства РЗА). При необходимости контроль фиксации команды может быть задействован для организации световой сигнализации. Обобщенная структурная схема цепей световой сигнализации приведена на рисунке 42.

Инв. № подл.	025/ЭТ				Лист
	3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20				76
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					
Подп. дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	



EH – шина цепей сигнализации  
 EP – шина мигания  
 HLR – Сигнальная лампа – «Включено»  
 HLG – Сигнальная лампа – «Отключено»

Рисунок 42 – Обобщенная структурная схема цепей световой сигнализации

Фиксация команды отключения формируется при первом включении выключателя по сигналу от РПВ, при этом RS-триггер устанавливается в рабочее состояние логической единицы.

По сигналу «Команда\_Откл» RS-триггер сбрасывается в логический ноль. Таким образом, RS-триггер запоминает первое включение выключателя от сигнала «Команда\_Вкл» и сохраняет это состояние до момента подачи команды отключения, и фактически выполняет функции бесконтактного триггера (реле) фиксации команд (ФК) с контролем включенного состояния выключателя от реле РПВ.

Сигнал «Авар\_откл» выключателя формируется при наличии «цепи несоответствия» (при наличии сигналов «ФК» и «РПО»), а при подаче «Команда\_Откл» – он отсутствует из-за сброса триггера в исходное состояние сигнала «ФК» (см. рисунок 43).

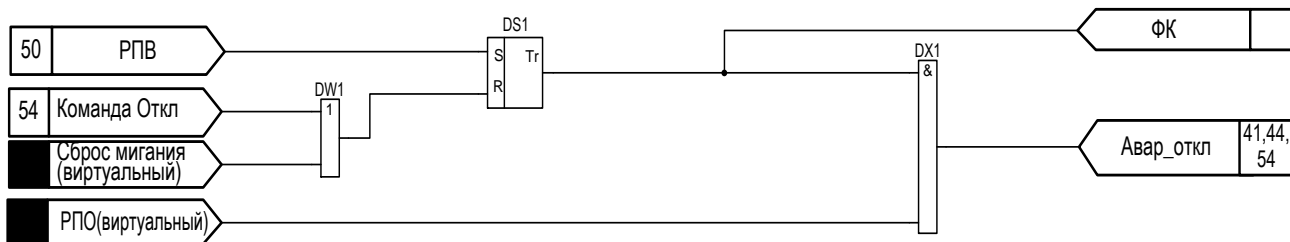


Рисунок 43 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного отключения

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Изм.	3
Лист	Зам.
№ докум.	ЭКРА.1517-2020
Подп.	Архипова
Дата	25.08.20

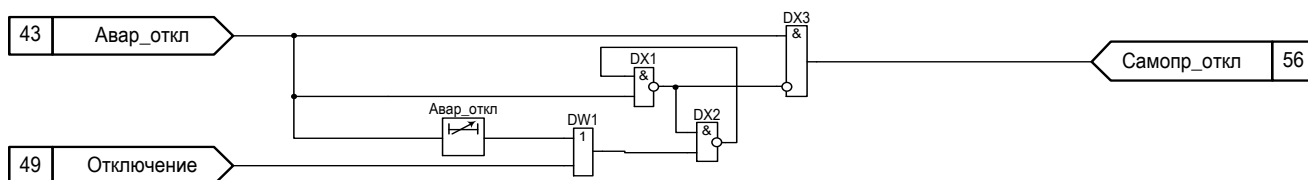


Рисунок 44 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного отключения

1.5.25.4 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного отключения выполнена в соответствии с рисунком 44.

1.5.25.5 Сигнал самопроизвольного отключения формируется в том случае, если зафиксирован факт аварийного отключения выключателя, а сигнал «Отключение» терминалом не выдавался.

1.5.25.6 Фиксация команды включения формируется при первом отключении выключателя по сигналу от РПО, при этом RS-триггер устанавливается в рабочее состояние логической единицы. В случае включения выключателя без команды выход RS-триггера остается в состоянии логической единицы, от выключателя приходит сигнал РПВ, свидетельствующий о его включении и на выходе элемента DX1 формируется сигнал «Аварийное включение». В случае когда выключатель отключается по команде, RS-триггер устанавливается в состояние логического нуля и на выходе DX1 сигнал «Аварийное включение» не формируется (см. рисунок 45).

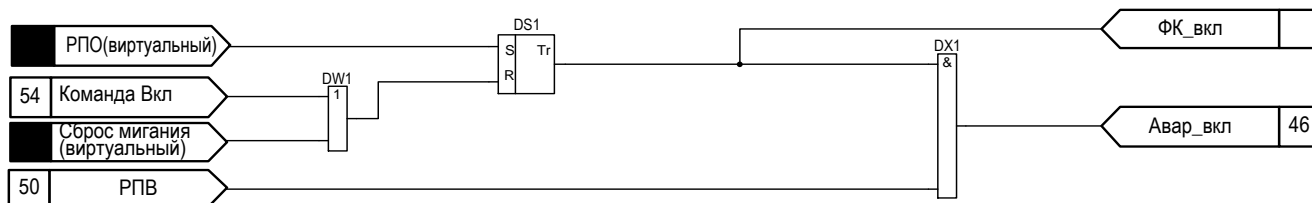


Рисунок 45 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного включения

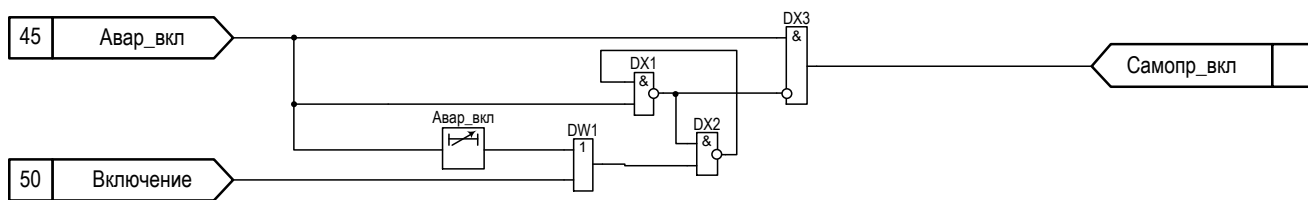


Рисунок 46 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного включения

1.5.25.7 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного включения выполнена в соответствии с рисунком 46.

1.5.25.8 Обобщенная структурная схема соединений цепей управления высоковольтного выключателя с применением катушек управления приведена на рисунке 47.

Инв. № подл.	025/Э7
	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.25.9 Сигнал самопроизвольного включения формируется в том случае, если зафиксирован факт аварийного включения выключателя, а сигнал «Включение» терминалом не выдавался.

1.5.25.10 Предусмотрена работа контроля цепей управления в соответствии с рисунком 48.

Выходной сигнал «Неиспр\_ЦУ» формируется по следующим причинам:

- одновременное присутствие или отсутствие в течение выдержки времени «Неиспр\_ЦУ» сигналов «РПО», «РПВ1» и «РПВ2»;
- наличие на дискретных входах терминала одновременно сигналов «РКО» и «РКВ» в течение выдержки времени «Неиспр\_ЦУ»;
- отсутствие входного дискретного сигнала «Автомат\_ШП», контролирующего наличие напряжения на шинах питания (управления);
- длительное протекание тока по катушкам отключения или включения выключателя в течение выдержки времени «Неиспр\_ЦУ», при котором формируются сигналы «Задержка отключения» и «Задержка включения» в соответствии с рисунками 49 и 50;
- длительное наличие на дискретном входе сигнала «Привод\_не\_готов», свидетельствующее о неисправности в приводе высоковольтного выключателя. Время, определяющее наличие неисправности задается соответствующей выдержкой времени (см. таблицу 56); наличие на дискретном входе сигнала «Блокировка управления», блокирующем работу автоматики управления выключателем (АУВ). Данный сигнал используется для блокировки работы выключателя, например, при сигнализации о низком и/или аварийном давлении электротехнического газа в высоковольтном выключателе.

**ВНИМАНИЕ: ДИСКРЕТНЫЕ ВХОДЫ «АВТОМАТ\_ШП», «ПРИВОД\_НЕ\_ГОТОВ» ИМЕЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГРАММНОЙ ИНВЕРСИИ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНЫХ ВХОДОВ ТЕРМИНАЛА ЧЕРЕЗ ДИСПЛЕЙ ТЕРМИНАЛА ИЛИ КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ЕКРАSMS-SP (СМ. СООТВЕТСТВУЮЩИЕ РУКОВОДСТВА ЭКРА.650321.001 РЭ И ЭКРА.00006-07 34 01). КОНТРОЛЬ СИГНАЛА «РПВ 2» ВЫВОДИТСЯ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ЛОГИЧЕСКОЙ НАКЛАДКОЙ (СМ. ТАБЛИЦУ 55)!**

Инд. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

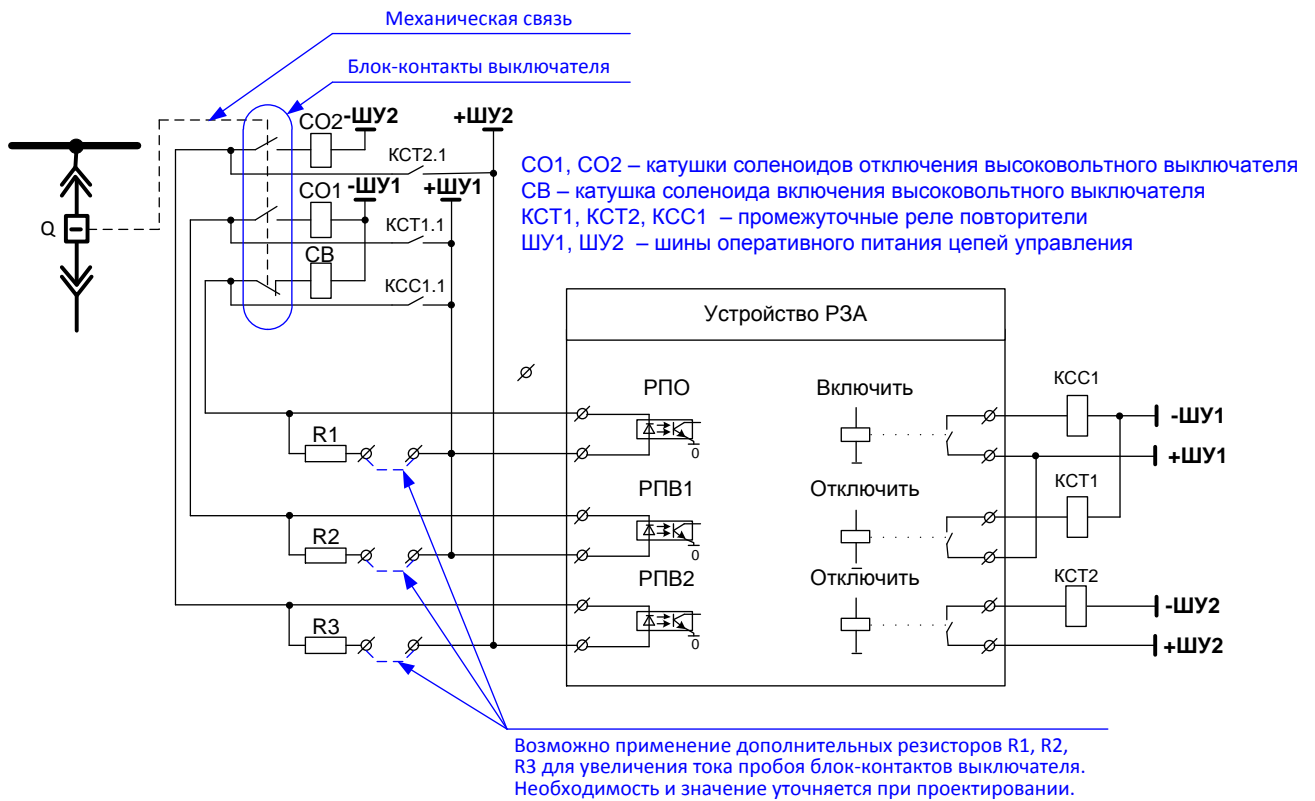


Рисунок 47 – Обобщенная структурная схема соединений цепей управления высоковольтного выключателя с применением катушек управления

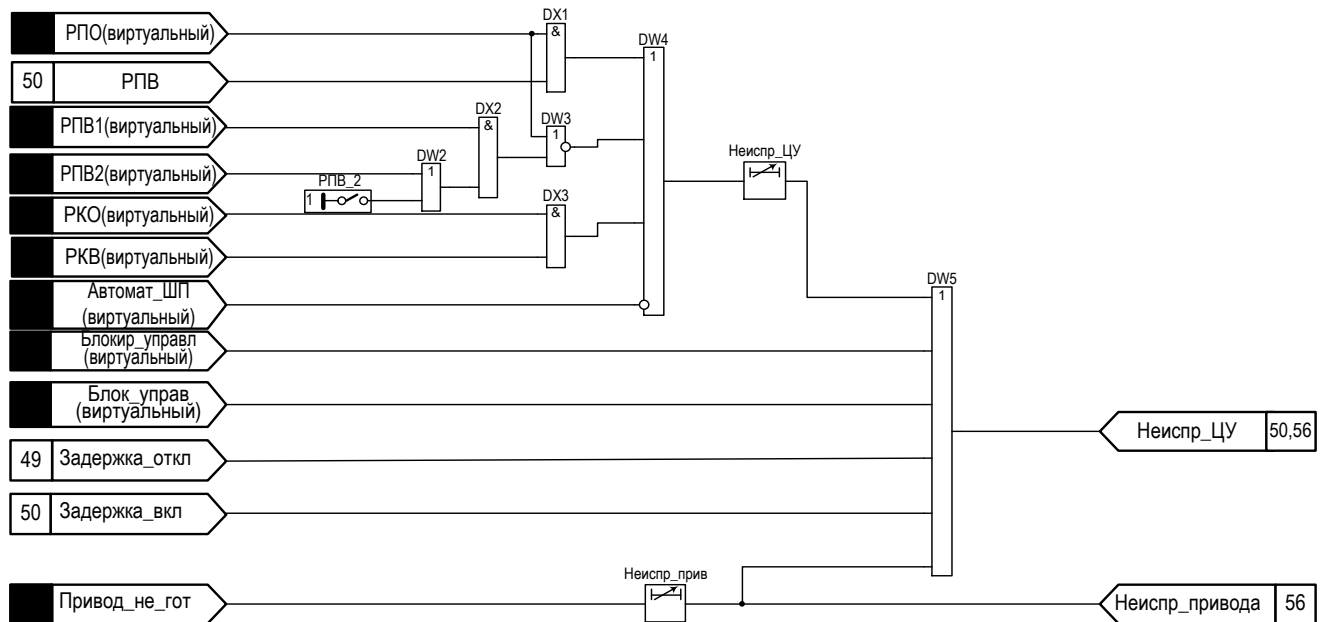


Рисунок 48 – Фрагмент функциональной схемы контроля цепей управления (ЦУ)

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Таблица 55 – Программные накладки контроля ЦУ

Имя	Название	Состояние
РПВ_2	РПВ2	1 - не предусмотрено
		0 - предусмотрено

Таблица 56 – Выдержки времени контроля ЦУ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Неиспр_ЦУ	Выдержка времени на формирование сигнала «Неисправность ЦУ»	2,5	2 – 20
Неиспр_прив	Выдержка времени на формирование сигнала «Неисправность ЦУ» при длительном наличии сигнала неготовности привода	5	0 – 40

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

### 1.5.26 Цепи отключения выключателя

1.5.26.1 Выходное воздействие (сигнал «Отключить», действующий на одноименные дискретные выходы устройства) на отключение выключателя формируется:

– при срабатывании функций и защит терминала. Перечень защит и функций, действующих в цепь отключения выключателя, конфигурируется с помощью матрицы отключений;

– при наличии команды на нормальное отключение выключателя, выдаваемой оперативным персоналом.

1.5.26.2 Функциональная схема цепей отключения выключателя приведена на рисунке 49.

1.5.26.3 Сигнал «Отключить» формируется в соответствии с матрицей отключений.

1.5.26.4 Если отсутствует сигнал «Блокировка управления», то на выходе узла отключения формируется сигнал «Отключение». В том случае, если сигнал «Отключить» возникает раньше сигнала «Блокировка управления», то он продолжает действовать на сигнализацию и отключение выключателя, а блокировка управления обеспечивается после успешного отключения выключателя.

1.5.26.5 После отключения выключателя с помощью его блок-контактов обеспечивается разрыв цепи питания катушки отключения и подготовка цепи питания катушки включения выключателя. При этом срабатывает реле РПО и с регулируемой выдержкой времени «Снятие\_откл» (см. таблицу 57), предусмотренной для надежного отключения выключателя, снимается подхват сигнала отключения, блокируется действие сигнала «Задержка отключения». Если реле РПО не срабатывает, то с регулируемой выдержкой времени «Огран\_сигн\_Откл» после возникновения сигнала отключения формируется сигнал «Задержка\_откл», который свидетельствует об отказе выключателя.

Сигнал на отключение может выдаваться как импульсно, так и непрерывно. Это осуществляется с помощью программной накладки «Выд\_ком\_откл» (см. таблицу 58).

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инд. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Таблица 57 – Выдержки времени контроля ЦО

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
Снятие_Откл	Регулируемая выдержка времени для подхвата сигнала «Отключение»	0,1	0,1 – 20
Огран_сигн_Откл	Регулируемая выдержка времени для ограничения длительности сигнала «Отключение» информирования сигнала «Задержка отключения»	3	0,2 – 100
ТМОС1	Длительность импульса	1	0 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

Таблица 58 – Программные накладки ЦО

Имя	Название	Состояние
Выд_ком_откл	Выдача команды на отключение	1 - импульсно
		0 - непрерывно

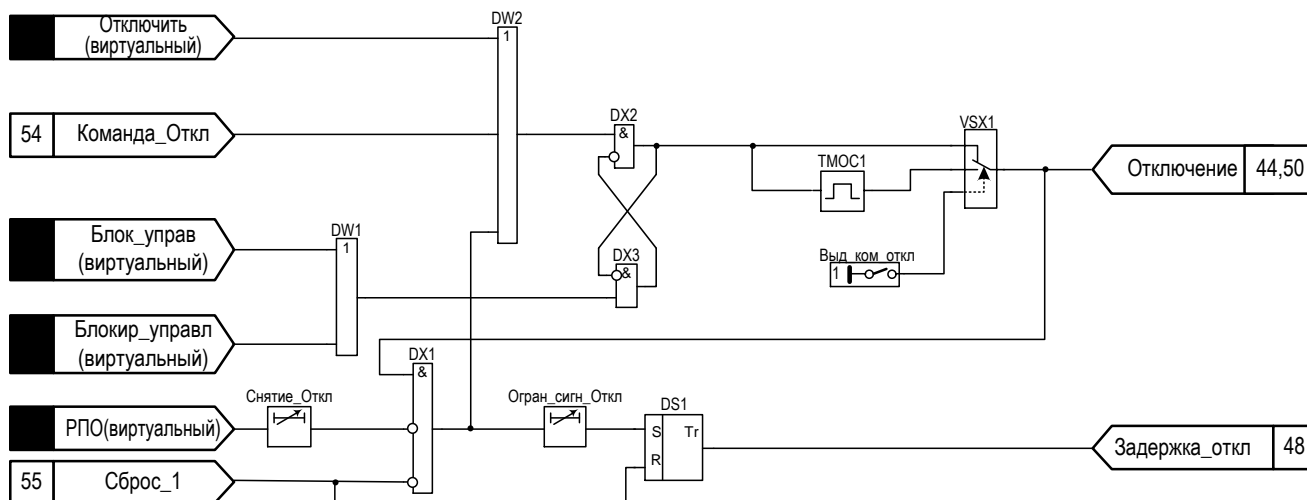


Рисунок 49 – Фрагмент функциональной схемы ЦО

1.5.27 Цепи включения выключателя

Функциональная схема цепей включения выключателя приведена на рисунке 50.

Программные накладки схемы ЦВ приведены в таблице 59.

Сигнал «Включение» формируется при возникновении следующих ситуаций:

- появление команды «Включение»
- появление сигнала «Вкл\_от\_ЧАПВ».

Формирование выходного воздействия в цепь включения выключателя блокируется при возникновении следующих ситуаций:

- появление сигнала «Отключение»;
- появление сигнала «Блокировка управления»;
- появление сигнала «Привод\_не\_готов»;

Инв. № подл.	025/Э7
	Изм Лист № докум. Подп. Дата
Инв. № дубл.	Архипова 25.08.20
	Взам. инв. №
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
	Подп. дата
Инв. № инв.	Архипова 25.08.20
	Взам. инв. №
Инв. № инв.	Архипова 25.08.20
	Взам. инв. №

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



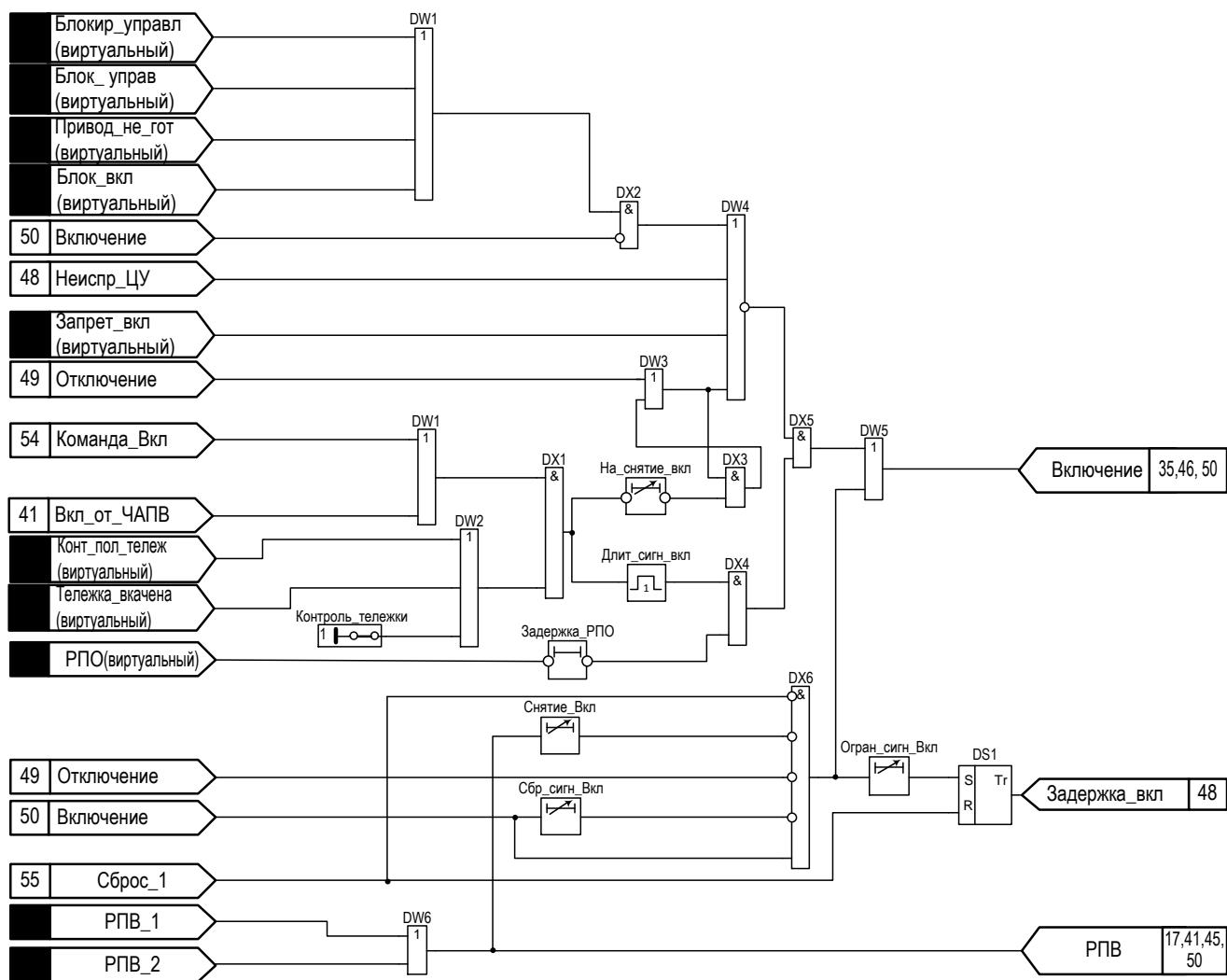


Рисунок 50 – Фрагмент функциональной схемы ЦВ

### 1.5.28 Внешнее отключение и подхват РПО

1.5.28.1 Сигнал «Внешнее отключение» предназначен для аварийного отключения выключателя при срабатывании внешних устройств защиты (как электрических, так и технологических).

1.5.28.2 В соответствии с приведенной функциональной схемой (см. рисунок 51) сигнал «Внешнее отключение» формируется при срабатывании одноименных дискретных входов. При этом один из них является «жестко» привязанным, а еще два конфигурируемы. Для корректной работы защит и/или функций, использующих в своей работе подхват сигнала «РПО», обязательным условием является превышение величины выдержки времени «РПО» (см. таблицу 61) максимального значения выдержек времени на срабатывание соответствующих защит и/или функций.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

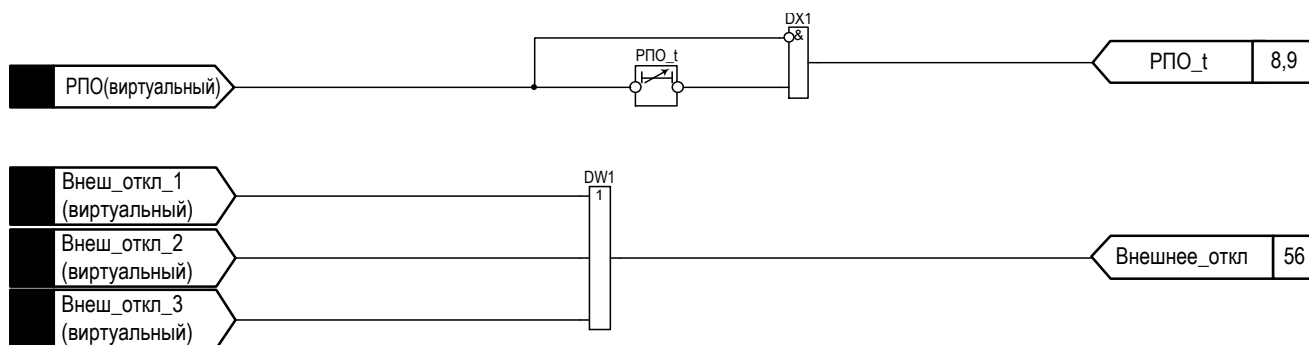


Рисунок 51 – Фрагмент функциональной схемы подхвата РПО и ограничения длительности сигнала внешнего отключения

1.5.28.3 Подхват сигнала «РПО» предназначен для реализации кратковременного ввода/вывода или переключения режима работы защит и/или функций (если это предусмотрено принципом действия) в момент включения выключателя.

Таблица 61 – Выдержки времени схемы подхвата РПО

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
РПО_t	Регулируемая выдержка времени на возврат для подхвата сигнала РПО	0,5	0,1 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

### 1.5.29 Формирование сигналов команд «Отключить» и «Включить»

1.5.29.1 Сигналы «Команда Включить» и «Команда Отключить» предназначены для нормального (не аварийного) управления коммутационным оборудованием (отключения и включения выключателя).

1.5.29.2 Команды управления могут быть сформированы с помощью местного (дискретных входных сигналов «РКО», «РКВ») или дистанционного управления (дискретных входных сигналов «Отключить по АСУ», «Включить по АСУ»). Пример схемы подключения оперативных ключей управления приведен на рисунках 52, 53 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании). Учет сигнала «Дистанционное управление» вводится с помощью программной накладки «Контроль сигнала дистанционное управление» (см. таблицу 62). В случае если режим выбора местного или дистанционного управления не предусматривается, то контроль сигнала «Дистанционное управление» может быть выведен с помощью программной накладки «Контр\_сигн\_дист\_упр».

1.5.29.3 Дополнительно предусмотрена возможность управления непосредственно с самого терминала (с помощью специализированных клавиш управления «I», «O»). Данный режим вводится в работу логической накладкой «Управление с терминала» (см. таблицу 62). Для исключения несанкционированной коммутации выключателя при работе с клавиатурой терминала формирование команд управления осуществляется при нажатии сочетания клавиш «F + O» для отключения и «F + I» для включения.

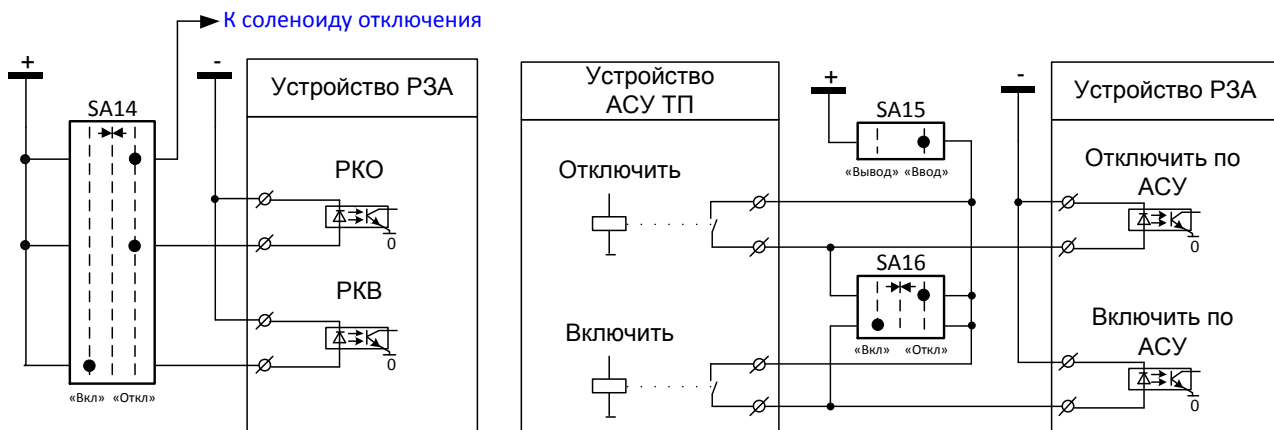
Имя	Подп. дата
Имя	Инв. № дубл.
Имя	Взам. инв. №
Имя	Подп. и дата
Имя	Инв. № подл.

Архипова 25.08.20

025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

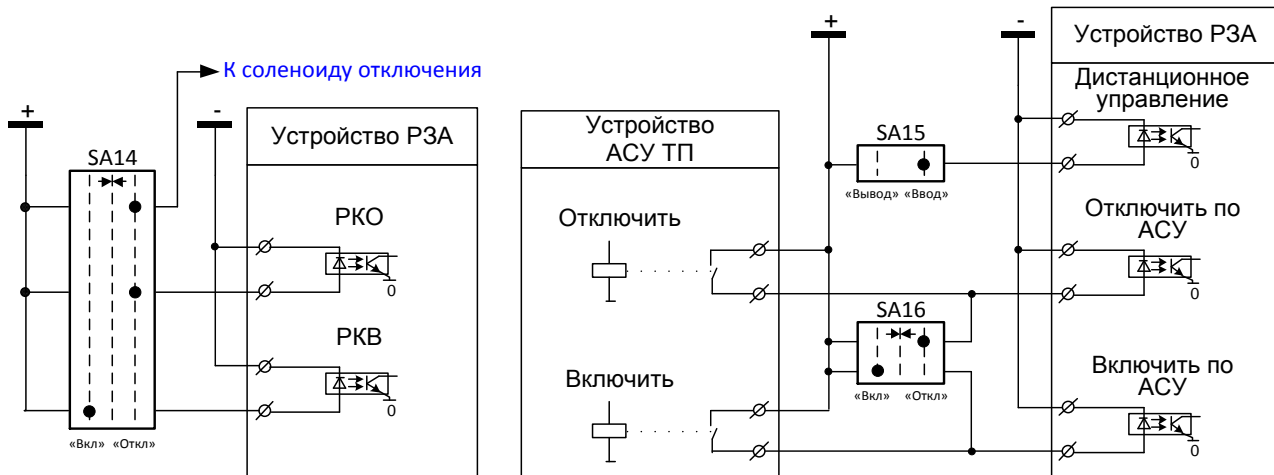


SA14 – Местный ключ управления  
 SA15 – Ключ ввода дистанционного управления  
 SA16 – Дистанционный ключ управления

Рисунок 52 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 1

Таблица 62 – Программные накладки команд «Включить» и «Отключить»

Имя	Название	Состояние
Контр_сигн_дист_упр	Контроль сигнала "Дистанционное управление"	1 – не предусмотрено
		0 - предусмотрено
Упр_с_терм	Управление выключателем с терминала	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено
Блок_вкл_при_Авар_откл	Блокировка включателя при наличии сигнала «Аварийное отключение»	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено



SA14 – Местный ключ управления  
 SA15 – Ключ ввода дистанционного управления  
 SA16 – Дистанционный ключ управления

Рисунок 53 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 2

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

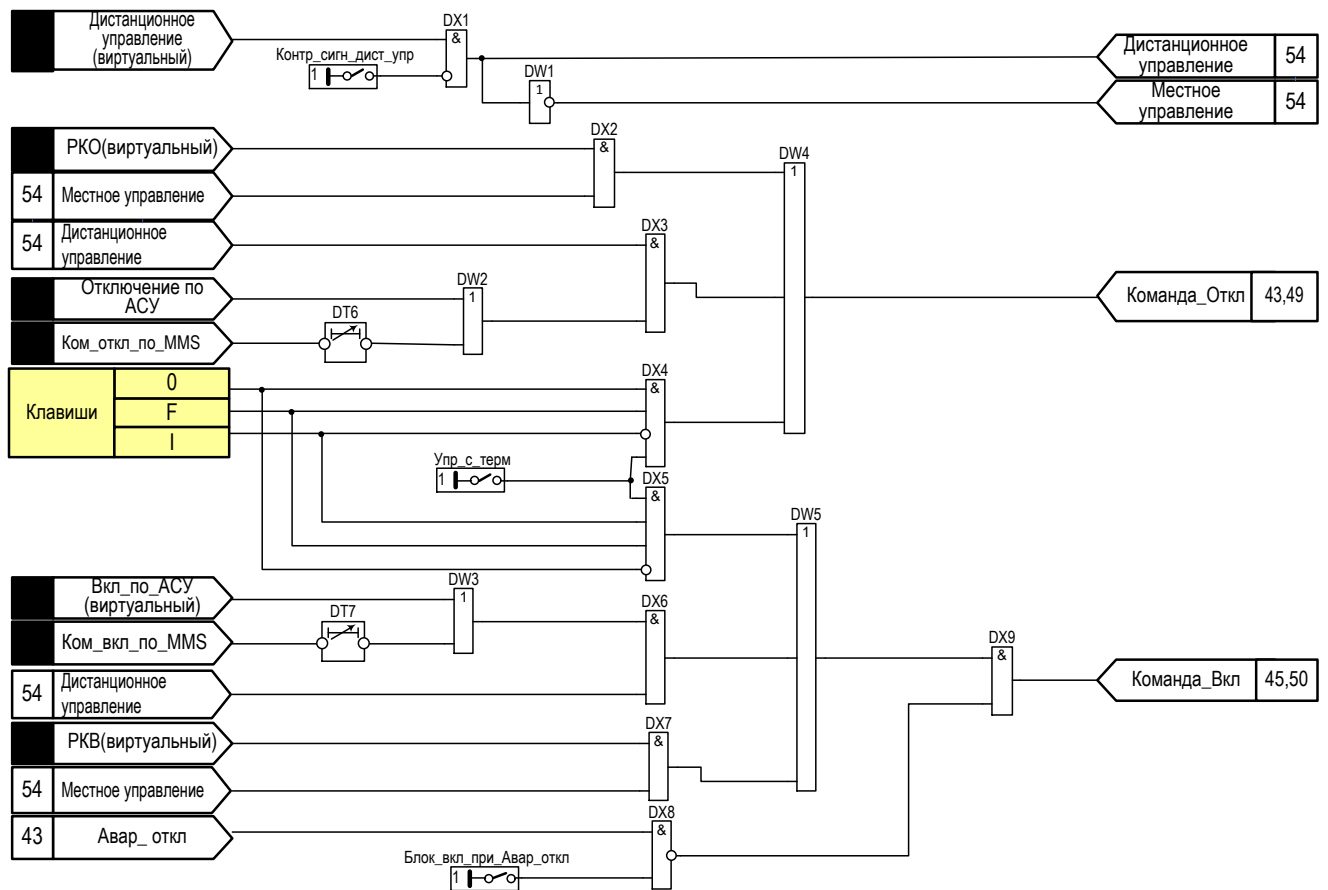


Рисунок 54 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигналов Команд «Отключить» и «Включить»

### 1.5.30 Формирование сигнала «Сброс»

1.5.30.1 Сигнал «Сброс» предназначен для перевода схемы ЦУ в начальное состояние (сброс триггеров фиксации неисправности ЦУ). Сигнал «Сброс 1» формируется по факту наличия дискретного входного сигнала «С13», формируемого по факту срабатывания специализированного дискретного входа терминала «Сброс 1». Длительность сигнала «Сброс 1» ограничивается с помощью формирователя импульса с прерыванием ТМО11.

1.5.30.2 Фрагмент функциональной схемы формирования служебных сигналов приведен на рисунке 55. Выдержки времени формирования сигнала сброс приведены в таблице 63.

Таблица 63 – Выдержки времени формирования сигнала Сброс

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
ТМО11	Моностабильная константа	1	0,1 – 10
ТМО12	Моностабильная константа	1	0,1 – 10

\*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	Архипова 25.08.20

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

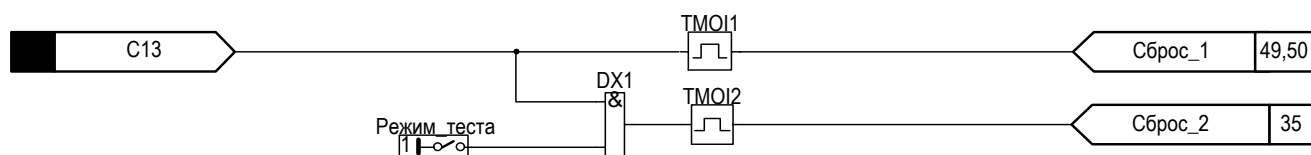


Рисунок 55 – Фрагмент функциональной схемы формирования служебных сигналов

### 1.5.31 Ресурс выключателя

1.5.31.1 Функция определения ресурса выключателя предназначена для контроля состояния выключателя на текущий период эксплуатации.

1.5.31.2 Функция ресурса выключателя позволяет производить:

- расчет ресурса выключателя с выдачей информации об остаточном состоянии ресурса выключателя (пофазно);
- регистрировать моменты времени включения и отключения с записью времени события и коммутируемого тока для каждой фазы в отдельности;
- учет времени нахождения состояния выключателя в положении включено/выключено;
- расчет полного времени отключения/включения выключателя с учетом времени подачи команды отключения/включения до снятия/подачи питания на соленоид.

1.5.31.3 Контроль состояния выключателя осуществляется путем расчета коммутационного и механического ресурса. Механический ресурс характеризуется числом циклов «включение – произвольная пауза – отключение», выполняемых без тока в главной цепи выключателя при номинальном напряжении на выводах цепей управления. Коммутационный ресурс определяется допустимым для выключателя без осмотра и ремонта дугогасительного устройства суммарным числом операций включения и отключения при нагрузочных токах и токах КЗ. Коммутационный и механический ресурс подразделяются на: начальный ресурс, сработанный ресурс, остаточный ресурс. Начальный ресурс представляет располагаемый «запас прочности», который имеет конкретный выключатель на начальный момент работы. Сработанный ресурс отражает степень износа деталей и узлов в результате операции включения. Под остаточным ресурсом понимается остаток ресурса выключателя после определенного периода эксплуатации и числа операций по отключению и включению нагрузочных токов и токов КЗ. Условие вывода выключателя в ремонт имеет вид

$$R_{ост} < R_{доп} \quad (37)$$

где  $R_{ост}$  – остаточный ресурс выключателя;

$R_{доп}$  – допустимый ресурс выключателя на одну коммутацию при наибольшем токе, возможном в месте установки выключателя.

1.5.31.4 Ресурс выключателя определяется для каждой фазы в отдельности по регистрируемым величинам токов аварийных режимов. Для этого используется информация: о текущем положении выключателя, о значении токов в момент коммутации и о начальном количестве при соответствующих токах (см. таблицы 64, 65). Значение токов и допустимое

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



количество соответствующих коммутации берутся из документации завода производителя выключателя (по соответствующим экспериментальным кривым).

Таблица 64 – Уставки при отключении выключателя

№ п/п	Ток отключения, кА	Допустимое количество отключений	Начальное количество отключений		
			фаза А	фаза В	фаза С
1	$I_{откл,1}$	$n_{доп,откл,1}(I_{откл,1})$	$n_{откл,нач,1}(I_{откл,1})$	$n_{откл,нач,1}(I_{откл,1})$	$n_{откл,нач,1}(I_{откл,1})$
...	...	...	...	...	...
j	$I_{откл,j}$	$n_{доп,откл,j}(I_{откл,j})$	$n_{откл,нач,j}(I_{откл,j})$	$n_{откл,нач,j}(I_{откл,j})$	$n_{откл,нач,j}(I_{откл,j})$

Таблица 65 – Уставки при включении выключателя

№ п/п	Ток включения, кА	Допустимое количество отключений	Начальное количество отключений		
			фаза А	фаза В	фаза С
1	$I_{вкл,1}$	$n_{доп,вкл,1}(I_{вкл,1})$	$n_{вкл,нач,1}(I_{вкл,1})$	$n_{вкл,нач,1}(I_{вкл,1})$	$n_{вкл,нач,1}(I_{вкл,1})$
...	...	...	...	...	...
j	$I_{вкл,j}$	$n_{доп,вкл,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$

1.5.31.5 Для точной работы функции контроля коммутационного ресурса необходимо экспериментально измерить и задать в виде уставок времени (в миллисекундах) прохождения сигналов:

- «Положение выключателя «Включен»» (от момента замыкания главных контактов до момента фиксации включенного положения выключателя терминалом);
- «Положение выключателя «Выключен»» (от момента размыкания главных контактов до момента фиксации отключенного положения выключателя терминалом);
- «Команда включения выключателя» (от момента выдачи терминалом сигнала «Включение» до момента замыкания главных контактов выключателя плюс время срабатывания выходного реле терминала (не более 10 мс));
- «Команда отключения выключателя» (от момента выдачи терминалом сигнала «Отключение» до момента размыкания главных контактов выключателя плюс время срабатывания выходного реле терминала (не более 10 мс)).

1.5.31.6 Основным критерием при осуществлении контроля состояния выключателя служит информация об остаточном ресурсе выключателя на текущий период эксплуатации. Остаточный ресурс контролируемого выключателя определяется по величине коэффициента технического состояния главного контакта. Остаточный ресурс в 100 % имеет выключатель, находящийся в идеальном состоянии. Ресурс в 0 % имеет выключатель, который, условно говоря «еще работает», но уже не может произвести безаварийное отключение короткого замыкания такой мощности, которая указана в паспорте на этот выключатель. Промежуточное (от 100 до 0 %) значение остаточного ресурса отражает степень ухудшения технического состояния контактов выключателя в процессе работы.

Ив. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВНИМАНИЕ: ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ЯВЛЯЕТСЯ ОЦЕНОЧНОЙ ВЕЛИЧИНОЙ, ЗАВИСИТ ОТ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МОЖЕТ ОТЛИЧАТЬСЯ ОТ ИСТИННОГО СОСТОЯНИЯ КОНКРЕТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

$$R_{OCT} = R_{НАЧ} - \sum R_{ОТКЛ,i} - \sum R_{ВКЛ,i}, \% \quad (38)$$

$$R_{ОТКЛ,i} = \frac{1}{N_{откл.доп.,i}} \cdot 100, \% \quad (39)$$

$$R_{ВКЛ,i} = \frac{1}{N_{вкл.доп.,i}} \cdot 100, \% \quad (40)$$

где  $R_{НАЧ}$  - начальный коммутационный ресурс, %;

$R_{ОТКЛ,i}$  - расход коммутационного ресурса  $i$ -го отключения, %;

$R_{ВКЛ,i}$  - расход коммутационного ресурса  $i$ -го включения, %;

$N_{откл.доп.,i}$  - допустимое количество отключений при соответствующем токе отключения;

$N_{вкл.доп.,i}$  - количество допустимых отключений при токе отключения  $I_{откл.,i}$ ;

$n_{откл,доп}(I_{max})$  - допустимое количество включений при соответствующем токе включения;

$j$  – номер текущей коммутации.

1.5.31.7 Текущее значение остаточного ресурса можно посмотреть в соответствующих пунктах меню терминала и программы мониторинга (АРМ-релейщика). Для дискретной сигнализации об остаточном ресурсе предусмотрены четыре ступени с уставками 75; 50; 25; 0 % (значения по умолчанию и могут быть скорректированы при необходимости).

1.5.31.8 В программе предусмотрен режим тестирования расчета ресурса выключателя, а также возможность сброса событий в регистраторе, при этом текущий ресурс станет равным начальному.

1.5.31.9 Подробное описание функции контроля ресурса выключателей приведено в техническом описании ЭКРА.656116.360-61 ТО.

#### 1.5.32 Матрица отключений

1.5.32.1 В функциональной схеме терминала предусмотрена матрица отключений – редактируемый программный элемент «ИЛИ» (см. рисунок .56).

1.5.32.2 Редактор матрицы предоставляет возможность для каждого логического сигнала (вертикальный столбец слева) задавать воздействия матрицы на выходы отключения и сигнализации (верхний горизонтальный столбец) в соответствии с матрицей выходов и матрицей сигнализации функциональной схемы комплекта защит. Если одному выходу соответствуют несколько сигналов, то воздействующий сигнал вычисляется по схеме «ИЛИ». С помощью матрицы отключений можно формировать не только воздействия на выходные реле, но и на выходы «виртуального» реле, сигналы которого в дальнейшем могут быть использованы в логике работы терминала.

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

1.5.32.3 Чтобы задать выходное воздействие для логического сигнала необходимо в столбце, формирующем выходное воздействие, напротив логического сигнала установить СИМВОЛ «+».

Матрица отключения		Входы матрицы	Выход матрицы (М)	VO1.1_Пуск_сх_УРОВ	VO1.2_Блок_управ	VO1.3_Отключить	VO1.4_Запрет_вкл	VO1.5_Неисправность	VO1.6_Запрет_ЧАПВ	Выход 1	Выход 2	Выход 3	Выход 4	Выход 5	Выход 6	Выход 7	Выход 8	Выход 9	Выход 10	Выход 11	Выход 12	M_Flex_1	M_Flex_2	M_Flex_3	M_Flex_4	M_Flex_5	M_Flex_6	M_Flex_7	M_Flex_8	M_Flex_9	M_Flex_10	M_Flex_11	M_Flex_12	M_Flex_13	M_Flex_14	M_Flex_15	M_Flex_16		
		Цель отключения	Выход защиты	VO1.1_Пуск_сх_УРОВ	VO1.2_Блок_управ	VO1.3_Отключить	VO1.4_Запрет_вкл	VO1.5_Неисправность	VO1.6_Запрет_ЧАПВ	Выход 1	Выход 2	Выход 3	Выход 4	Выход 5	Выход 6	Выход 7	Выход 8	Выход 9	Выход 10	Выход 11	Выход 12	M_Flex_1	M_Flex_2	M_Flex_3	M_Flex_4	M_Flex_5	M_Flex_6	M_Flex_7	M_Flex_8	M_Flex_9	M_Flex_10	M_Flex_11	M_Flex_12	M_Flex_13	M_Flex_14	M_Flex_15	M_Flex_16		
ДифЗЭД Откл	ДифЗЭД Откл.			+																																			
МТЗ-1 Сраб t1	МТЗ-1 сраб. t1			+																																			
МТЗ-1 Сраб t2	МТЗ-1 сраб. t2			+																																			
РТ МТЗ-2 Откл	РТ МТЗ-2 Откл.			+																																			
МТЗ-2 Сраб t1	МТЗ-2 сраб. t1			+																																			
МТЗ-2 Сраб t2	МТЗ-2 сраб. t2			+																																			
РТ МТЗ-3 Откл	РТ МТЗ-3 Откл.			+																																			
МТЗ-3 Сраб t	МТЗ-3 сраб. t			+																																			
Неиспр ТН	Неисправность ТН							+																															
ЗОЗЗ Сигн t	ЗОЗЗ сигн.			+																																			
ЗОЗЗ-2 Сраб t	ЗОЗЗ-2 сраб			+																																			
ЗНР Сраб t	ЗНР сраб.			+																																			
ЗОМ Сраб t	ЗОМ сраб.			+																																			
ЗТП Сигн t	ЗТП сигн.																																						
ЗТП Ток Перер t	ЗТП токовая перегрузка																																						
ЗТП Сраб t	ЗТП сраб.			+		+																																	
ЗМЧ-1 Сраб t	ЗМЧ 1ст. сраб.			+		+																																	
ЗМЧ-2 Сраб t	ЗМЧ 2ст. сраб.			+		+																																	
ЗМТ Сраб t	ЗМТ сраб.			+		+																																	
ЗМН-1 Сраб t	ЗМН 1 сраб.			+		+																																	
ЗМН-2 Сраб t	ЗМН 2 сраб.			+		+																																	
ЗПН Сраб t	ЗПН сраб.			+		+																																	
Зат пуск	Затянутый пуск			+		+																																	
РТ-1 Сраб t	РТ-1 сраб.																																						
РТ-2 Сраб t	РТ-2 сраб.																																						
Огран кол пусков	Огран. количества пусков за час							+																															
Огран между пуск	Огран. времени между пусками							+																															
ЗДЗ Сраб t1	ЗДЗ сраб. t1			+		+																																	
ЗДЗ Сраб t2	ЗДЗ сраб. t2			+		+																																	
ЗДЗ Неиспр t	ЗДЗ неиспр.							+																															
АЧР	АЧР			+		+																																	
Авар откл	Аварийное отключение																																						
Самопр откл	Самопроизв. отключение																																						
Неиспр ЦУ	Неисправность ЦУ							+																															
Неиспр привода	Неисправность привода							+																															

Рисунок 56 – Матрица отключения

## 1.6 Состав терминала и конструктивное выполнение

1.6.1 Конструктивно терминал выполнен в виде кассеты с набором унифицированных блоков, защищенных от внешних воздействий металлическими плитами.

1.6.2 На передней плите терминала расположены органы индикации в виде светодиодов и символьного дисплея, кнопки управления и Ethernet порт (RG-45) для подключения ПК (см. 1.2.19).

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.6.3 На задней плите терминала расположены клеммные соединители для присоединения внешних цепей, один разъем с двумя портами RS485 и один или два (при наличии МЭК 61850-8-1) порта Ethernet для связи терминала с внешними цифровыми устройствами (АСУ ТП, АСДУ и АРМ) (см. приложение В).

### 1.7 Средства измерений, инструмент и принадлежности

Перечень оборудования и средств измерений, необходимых для проведения эксплуатационных проверок терминала, приведен в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

### 1.8 Маркировка и пломбирование

Сведения о маркировке на лицевой панели, на задней металлической плите, о транспортной маркировке тары, а также сведения о пломбировании терминала приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

### 1.9 Упаковка

Упаковка терминала производится в соответствии с требованиями технических условий ТУ 3433-026-20572135-2010, ТУ 3433-026.01-20572135-2012 по чертежам изготовителя и в соответствии с приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ требованиями.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
								92
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

## 2 Использование по назначению

### 2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Климатические условия монтажа и эксплуатации должны соответствовать требованиям руководства ЭКРА.650321.001 РЭ. Возможность работы терминала в условиях, отличных от указанных, должна согласовываться с предприятием-держателем подлинников конструкторской документации и с предприятием-изготовителем.

2.1.2 Группа условий эксплуатации соответствует требованиям руководства ЭКРА.650321.001 РЭ.

### 2.2 Подготовка терминала к использованию

2.2.1 Меры безопасности при подготовке изделия к использованию соответствуют приведенным в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

#### 2.2.2 Внешний осмотр, установка терминала

2.2.2.1 Необходимо произвести внешний осмотр терминала и убедиться в отсутствии механических повреждений блоков, кассеты и оболочки, которые могут возникнуть при транспортировании.

2.2.2.2 Требования к установке и присоединению терминала соответствуют приведенным в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

2.2.2.3 На задней металлической плите терминала предусмотрено два винта с резьбой М4 для подключения заземляющего проводника, который должен использоваться только для присоединения к заземляющему контуру. Выполнение этого требования по заземлению является **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ**.

2.2.2.4 Подключение терминала осуществляется согласно утвержденному проекту в соответствии с указаниями настоящего РЭ и руководства ЭКРА.650321.001 РЭ.

### 2.3 Работа с терминалом

2.3.1 Включение терминала производится подачей напряжения оперативного тока на клеммы X1:1 и X1:2 (+220 В и -220 В). Данные, требующиеся для нормальной эксплуатации терминала, доступны через меню и последовательно выводятся на дисплей при нажатии на соответствующие кнопки управления. Изменение уставок можно производить с использованием клавиатуры и дисплея, расположенных на лицевой панели терминала (руководство ЭКРА.650321.001 РЭ), или с использованием ПК и комплекса программ EKRASMS-SP (руководство оператора программы АРМ-релейщика ЭКРА.00006-07 34 01) через систему меню.

2.3.2 Текущие значения входных токов и напряжений можно наблюдать через меню «Текущие величины» -> «Аналоговые сигналы» в первичных или во вторичных значениях.

2.3.3 Меню «Текущие величины» -> «Измерения защит» позволяет отобразить на дисплее значения уставок, текущие значения аналоговых входов защиты, выходов защиты, а

Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

также расчетные величины, которые используются в защите. Данные уставки являются заводскими (установлены по умолчанию) и должны быть скорректированы в соответствии с уставками на конкретный защищаемый объект.

2.3.4 Меню «Текущие величины» -> «Дискретные сигналы» предназначено для отображения состояний дискретных входов, выходов и логических сигналов.

2.3.5 Уставки и параметры терминала можно изменять в пункте меню «Редактор».

2.3.6 Перечень осциллографируемых и регистрируемых дискретных сигналов терминала приведен в функциональной схеме.

Наиболее подробное описание работы с терминалом (его управление, функции основного меню, работа осциллографа) приведено в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

## 2.4 Возможные неисправности и методы их устранения

Полный перечень сообщений о неисправностях и действиях, необходимых при их появлении, приведены инструкции по устранению неисправностей ЭКРА.650320.001 И1 «Терминалы серии ЭКРА 200, шкафы типов ШЭ111Х(А) и серии ШЭЭ 200».

Инв. № подл.	025/ЭТ				Лист
	3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	
Инв. № дубл.					94
Взам. инв. №					
Подп. и дата	Архипова 25.08.20				
Подп. дата					
ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

### 3 Техническое обслуживание терминала

#### 3.1 Общие указания

3.1.1 Проверку при новом подключении терминала следует производить в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

3.1.2 Первый профилактический контроль следует производить в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

3.1.3 Профилактический контроль следует производить в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

3.1.4 Проверку при профилактическом восстановлении рекомендуется производить в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ТЕРМИНАЛЕ ИЛИ В УСТРОЙСТВЕ СВЯЗИ С ПК НЕОБХОДИМО НЕМЕДЛЕННО ПОСТАВИТЬ В ИЗВЕСТНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЬ. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫШЕУКАЗАННОЙ АППАРАТУРЫ МОЖЕТ ПРОИЗВОДИТЬ ТОЛЬКО СПЕЦИАЛЬНО ПОДГОТОВЛЕННЫЙ ПЕРСОНАЛ.

#### 3.2 Меры безопасности

3.2.1 Меры безопасности при эксплуатации терминала соответствуют приведенным в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

#### 3.3 Рекомендации по техническому обслуживанию терминала

ВНИМАНИЕ: УСТРОЙСТВА МОГУТ СОДЕРЖАТЬ ЦЕПИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОТКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ВВОДА РАБОЧЕГО ИЛИ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ (ЦЕПИ УРОВ И ДР.), ПОЭТОМУ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И ПРОВЕРКЕ ЗАЩИТ ДАННОГО УТРОЙСТВА НЕОБХОДИМО ВЫПОЛНИТЬ МЕРОПРИЯТИЯ, ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, НЕ ВЫВЕДЕННОГО В РЕМОНТ (ОТКЛЮЧИТЬ АВТОМАТЫ ИЛИ КЛЮЧИ, ВЫВЕСТИ НАКЛАДКИ И Т.П.). РАБОТУ ПРОИЗВОДИТЬ ПРИ ВЫВЕДЕННОМ ПЕРВИЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ!

3.3.1 Проверку сопротивления изоляции и электрической прочности изоляции терминала при выведенном первичном оборудовании следует производить в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

#### 3.4 Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе

Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе, производится визуально. При нормальной работе устройств на передней лицевой панели устройства светится зеленый светодиод «Упит». Если дисплей устройства находится в погашенном состоянии, то при нажатии любой кнопки он включается и переходит в режим индикации измерений.

Инв. № подл.	025/ЭТ	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Архипова 25.08.20	3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ	Лист
												95
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								

Рекомендуется периодически сравнивать показания токов и напряжений с другими приборами, косвенно оценивая работоспособность измерительной части устройства. Проверка величин уставок и параметров может быть произведена как по месту, так и удаленно через систему АСУ ТП.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ				
				Лист
				96



## 4 Транспортирование и хранение

### 4.1 Требования к условиям хранения, транспортирования

4.1.1 Транспортирование упакованных терминалов производить любым видом крытого транспорта. При этом необходимо надежно закреплять терминалы, чтобы исключить любые возможные удары и перемещения его внутри транспортных средств.

4.1.2 Условия транспортирования и хранения терминала приведены в руководстве по эксплуатации ЭКРА.650323.001 РЭ.

### 4.2 Способ утилизации

4.2.1 После окончания установленного срока службы изделие подлежит демонтажу и утилизации. Специальных мер безопасности при демонтаже и утилизации не требуется. Демонтаж и утилизация не требует специальных приспособлений и инструментов.

4.2.2 Основным методом утилизации является разборка изделия. При разборке целесообразно разделять материалы по группам. Из состава изделия утилизации подлежат черные и цветные металлы. Черные металлы при утилизации необходимо разделять на сталь конструкционную и электротехническую, а цветные металлы – в соответствии с таблицей 66.

Таблица 66 - Сведения о содержании цветных металлов

Типоисполнение терминала	Суммарная (расчётная) масса цветных металлов и их сплавов, содержащихся в изделии и подлежащих сдаче в виде лома, кг
	Группа металлолома по ГОСТ Р 54564-2011
	M5
	Возможность демонтажа деталей и узлов при списании изделия
	Частично
ЭКРА 217(A) 0502	0,1929

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

97

Приложение А

(обязательное)

Карта заказа ЭКРА 217(А) 0502

(терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации электродвигателя мощностью более 5 МВт)

Отметьте знаком  то, что Вам требуется. Если параметр не выбран, то его значение принимается типовым!

<b>Место установки</b>	Место для ввода текста.
<b>Тип защищаемого объекта</b>	Место для ввода текста.
<b>Номинальное напряжение</b>	Место для ввода текста. (кВ)
<b>Количество терминалов</b>	Место для ввода текста. (указать необходимое количество терминалов данного типа)

1. Выбор номинальных параметров

Тип исполнения	Параметры	
	Номинальное напряжение оперативного питания, В	Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69*
<input type="checkbox"/> Общепромышленное ЭКРА 217 0502 – 61 (типовое)	<input type="checkbox"/> E1 =110	<input type="checkbox"/> УХЛ3.1 (типовое исполнение)
<input type="checkbox"/> АЭС ЭКРА 217А 0502 – 61	<input type="checkbox"/> E2 =220	<input type="checkbox"/> УХЛ3.1 (до минус 40 °С, без дисплея)
	<input type="checkbox"/> E4 ~220	<input type="checkbox"/> О4

\* Номинальные значения климатических факторов внешней среды приведены в руководстве по эксплуатации «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» – ЭКРА.650321.001 РЭ.

2. Дополнительные параметры (заполняется при необходимости)

Классификационное обозначение по НП-001-15*	Степень защиты лицевой панели по ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529-2013)
<input type="checkbox"/> 4Н (типовое)	<input type="checkbox"/> IP40 (типовое)
<input type="checkbox"/> 3Н, 3О, 3У, 3НО, 3НУ	<input type="checkbox"/> IP51
<input type="checkbox"/> 2Н, 2О, 2У, 2НО, 2НУ	<input type="checkbox"/> IP52

\* Выбирается только при поставке на АЭС.

3. Интерфейсы для подключения к локальной сети

Параметры	Интерфейс (порт)	
	RS485*	Ethernet
Тип	Электрический	Электрический (RJ-45) (типовой)
Протоколы связи для интеграции	<input checked="" type="checkbox"/> Modbus RTU	<input checked="" type="checkbox"/> Modbus TCP
	<input checked="" type="checkbox"/> МЭК 60870-5-103	<input checked="" type="checkbox"/> SNTP
		<input checked="" type="checkbox"/> МЭК 60870-5-104
		<input type="checkbox"/> МЭК 61850-8-1 (MMS+GOOSE)
Резервирование*	-	<input checked="" type="checkbox"/> Сетевого подключения – LinkBackUp
		<input checked="" type="checkbox"/> Сети АСУ ТП - PRP (IEC 62439-3)

\* Протокол выбирается при настройке через АРМ-релейщика, не более одной выбранной позиции.

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

98

4. Параметры защищаемого объекта

4.1. Данные для реализации защиты от замыканий на землю

Режим заземления нейтрали сети*	<input type="checkbox"/> изолированная <input type="checkbox"/> резистивное заземление <input type="checkbox"/> компенсированная
Первичный ток замыкания на землю, А (при наличии соответствующего расчета)	Место для ввода текста.
Подключение защиты от замыканий на землю	<input type="checkbox"/> к ФТНП <input type="checkbox"/> к ТТНП (типовое) Тип ТТНП: Место для ввода текста.
Коэффициент трансформации ТТНП ( $w_2/w_1$ )	Место для ввода текста. / Место для ввода текста.
* Если режим заземления нейтрали не выбран, то принимается как изолированный.	

5. Характеристики терминала

Параметры	Значение
Номинал аналоговых входов (тока)	<input type="checkbox"/> 1 А <input type="checkbox"/> 5 А (типовой)
Номинал аналогового входа для ТТНП	<input type="checkbox"/> 0,2 А диапазон измерения: от 0,001 до 0,5 А <input type="checkbox"/> 0,6 А (типовой) диапазон измерения: от 0,003 до 1,6 А
Номинал аналоговых входов (напряжения)	100 В*
Функции защит (типовой набор)	<b>Дифференциальная защита двигателя.</b> <b>Трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений.</b> <b>Комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка).</b> <b>Контроль исправности вторичных цепей ТН.</b> <b>Контроль исправности вторичных цепей ТТ.</b> <b>Защита от несимметричного режима.</b> <b>Защита от однофазных замыканий на землю.</b> <b>Защита минимального напряжения.</b> <b>Защита от повышения напряжения.</b> <b>Защита от дуговых замыканий.</b> <b>Устройство резервирования отказа выключателя с контролем тока.</b> <b>Защита минимального тока.</b> <b>Защита минимальной частоты.</b> <b>Защита от обратной мощности.</b> <b>Защита от тепловой перегрузки.</b> <b>Защита от асинхронного хода двигателя</b>
Функции автоматики (типовой набор)	<b>Выполнение команд АЧР и ЧАПВ</b>
Функции управления выключателем (типовой набор)	<b>Автоматика управления выключателем.</b> <b>Отключение от внешних цепей</b>
Функции сигнализации (типовой набор)	<b>Учет механического и коммутационного ресурса выключателя</b>
* Возможна работа в расширенном диапазоне напряжений переменного тока частотой 50 Гц с верхними пределами действующих значений 264 В.	

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инд. № дубл.	
Подп. дата	Архипова 25.08.20

Инд. № подл.	025/ЭТ	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ



Приложение Б

(справочное)

Характеристические кривые зависимых выдержек времени

Б.1 Характеристические кривые зависимых выдержек времени на срабатывание (при уставке  $T_{min}=0,03$  с)

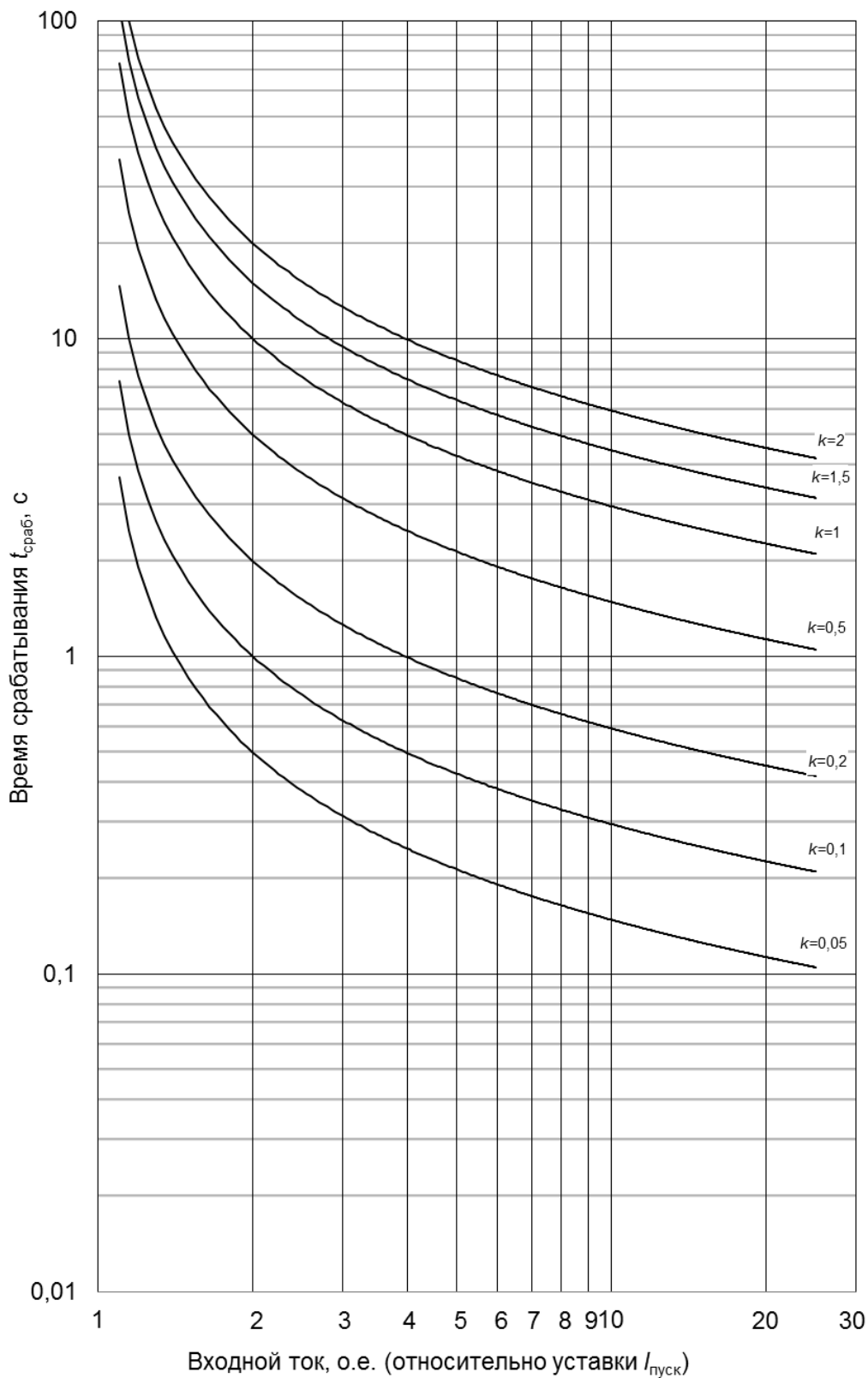


Рисунок Б.1 – Нормально инверсная МЭК

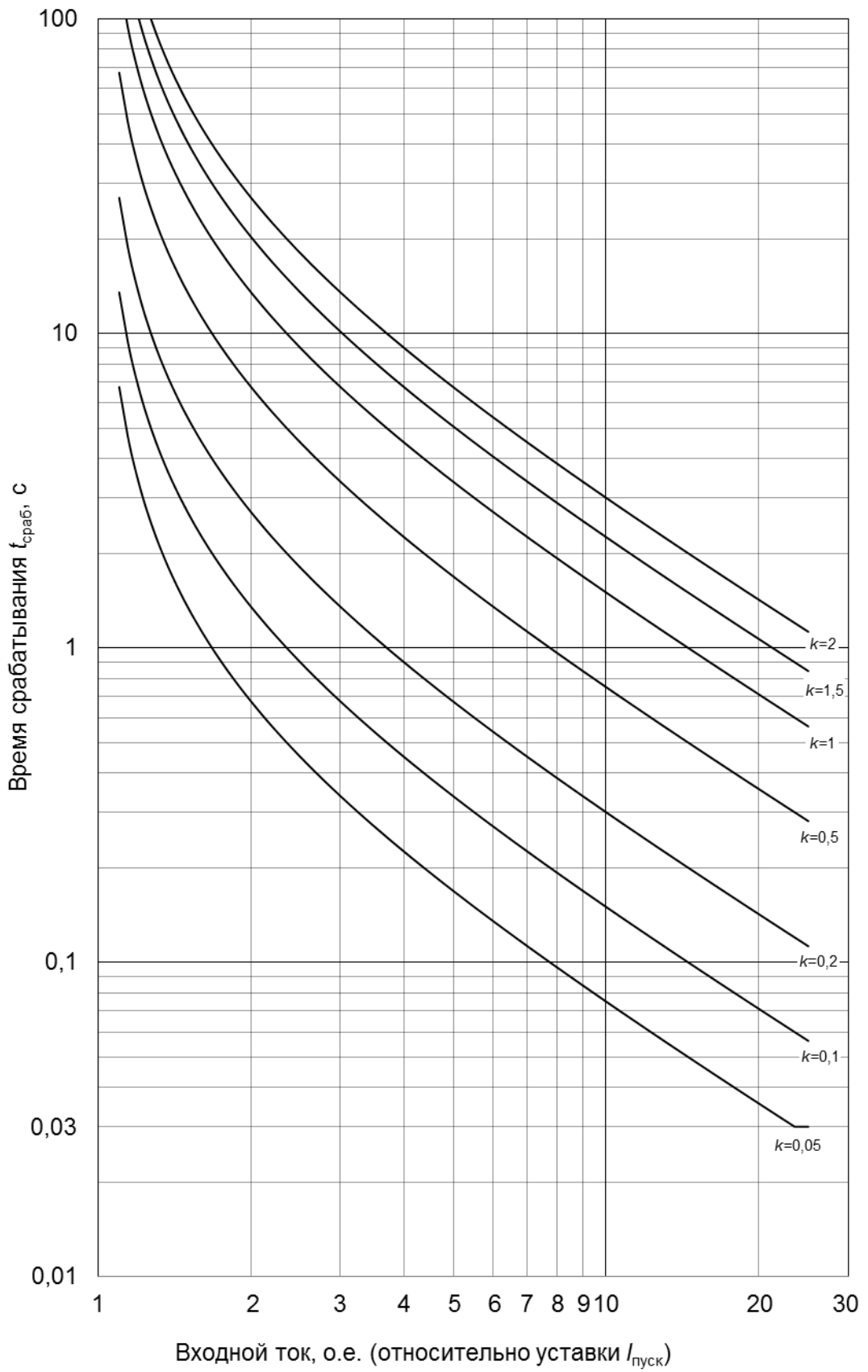
Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

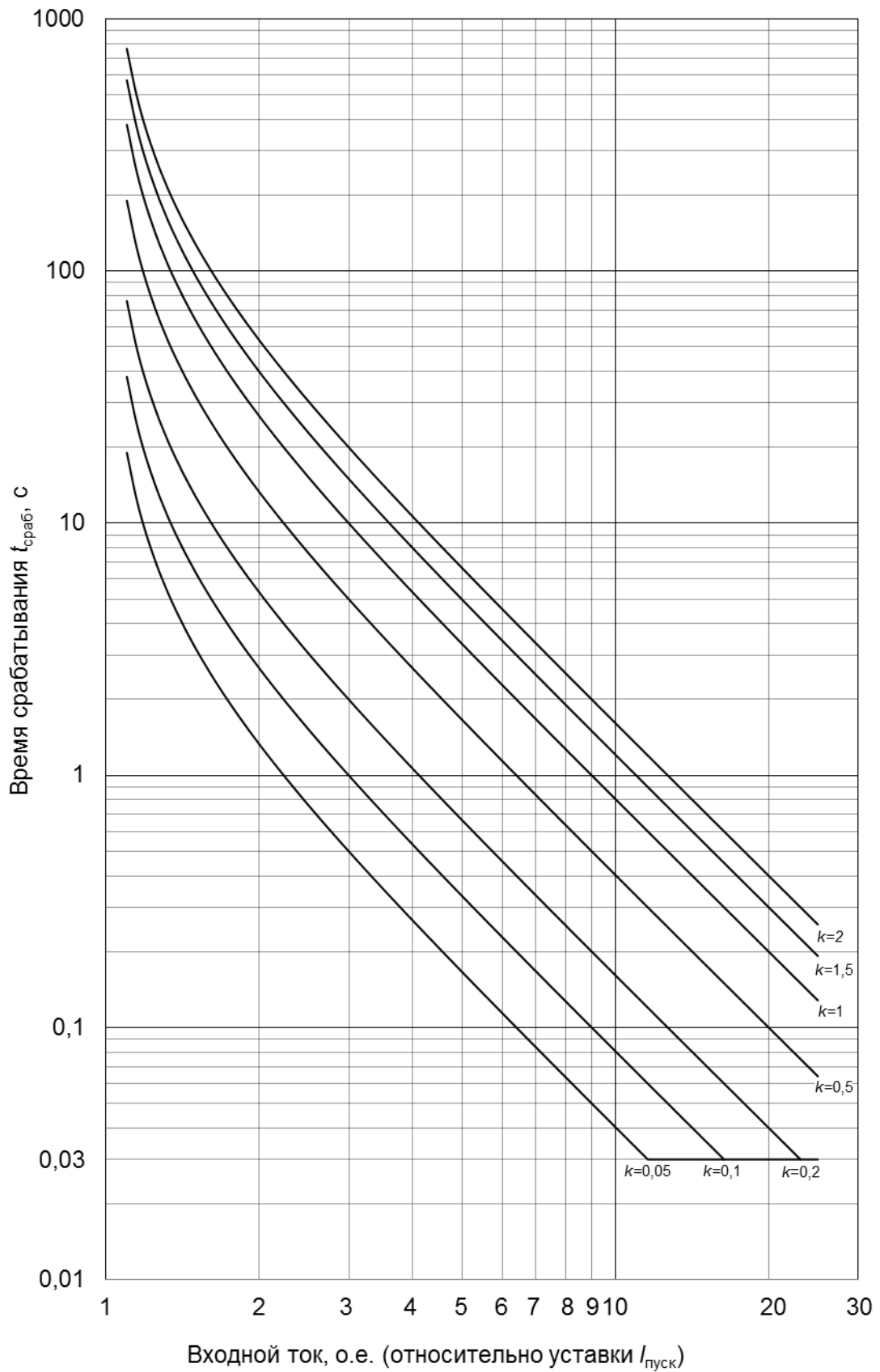
ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

101



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

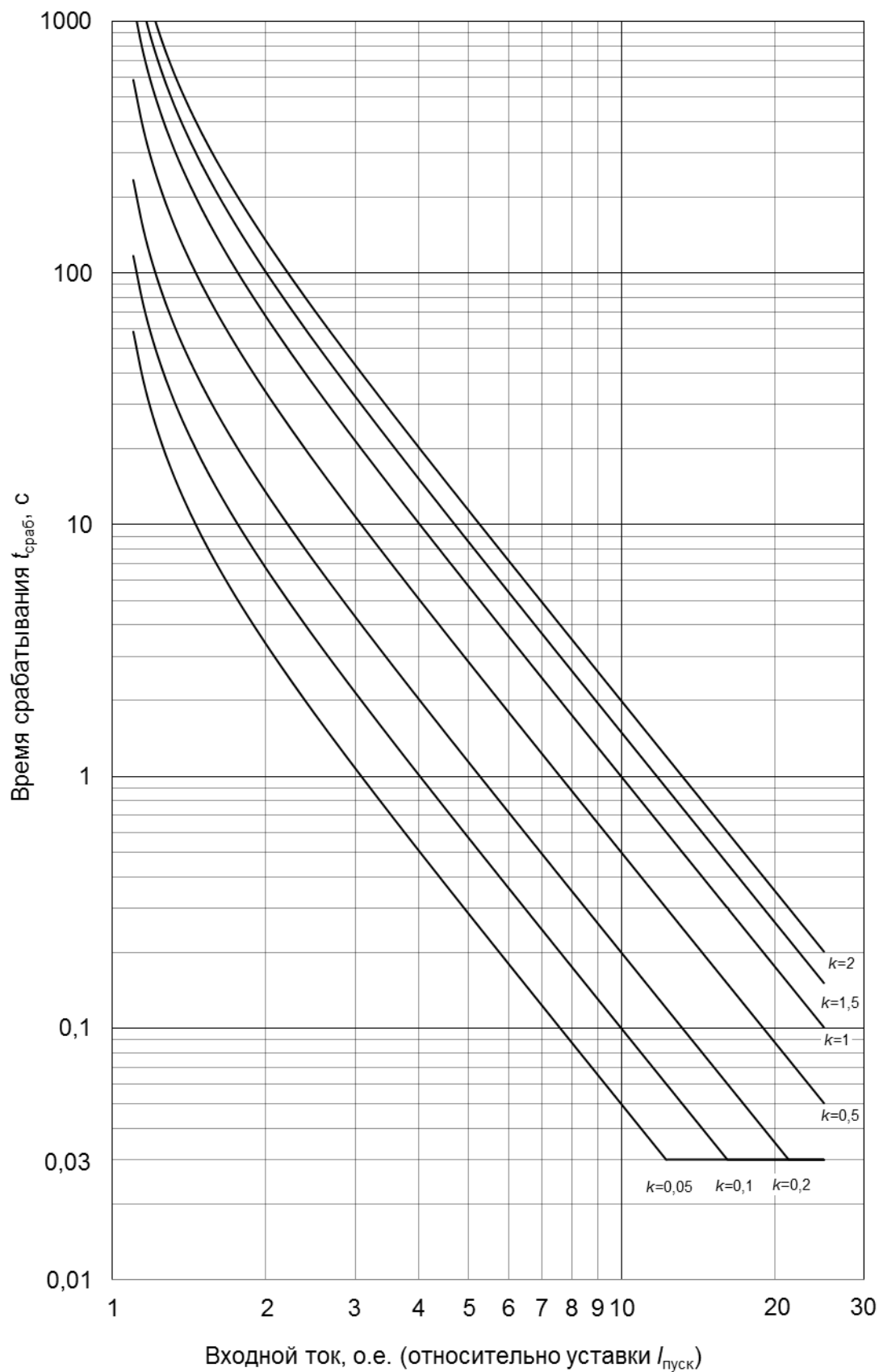


Рисунок Б.4 – Ультра инверсная МЭК

Инв. № подл.	025/ЭТ
Зам.	ЭКРА.1517-2020
№ докум.	Архипова
Дата	25.08.20
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ



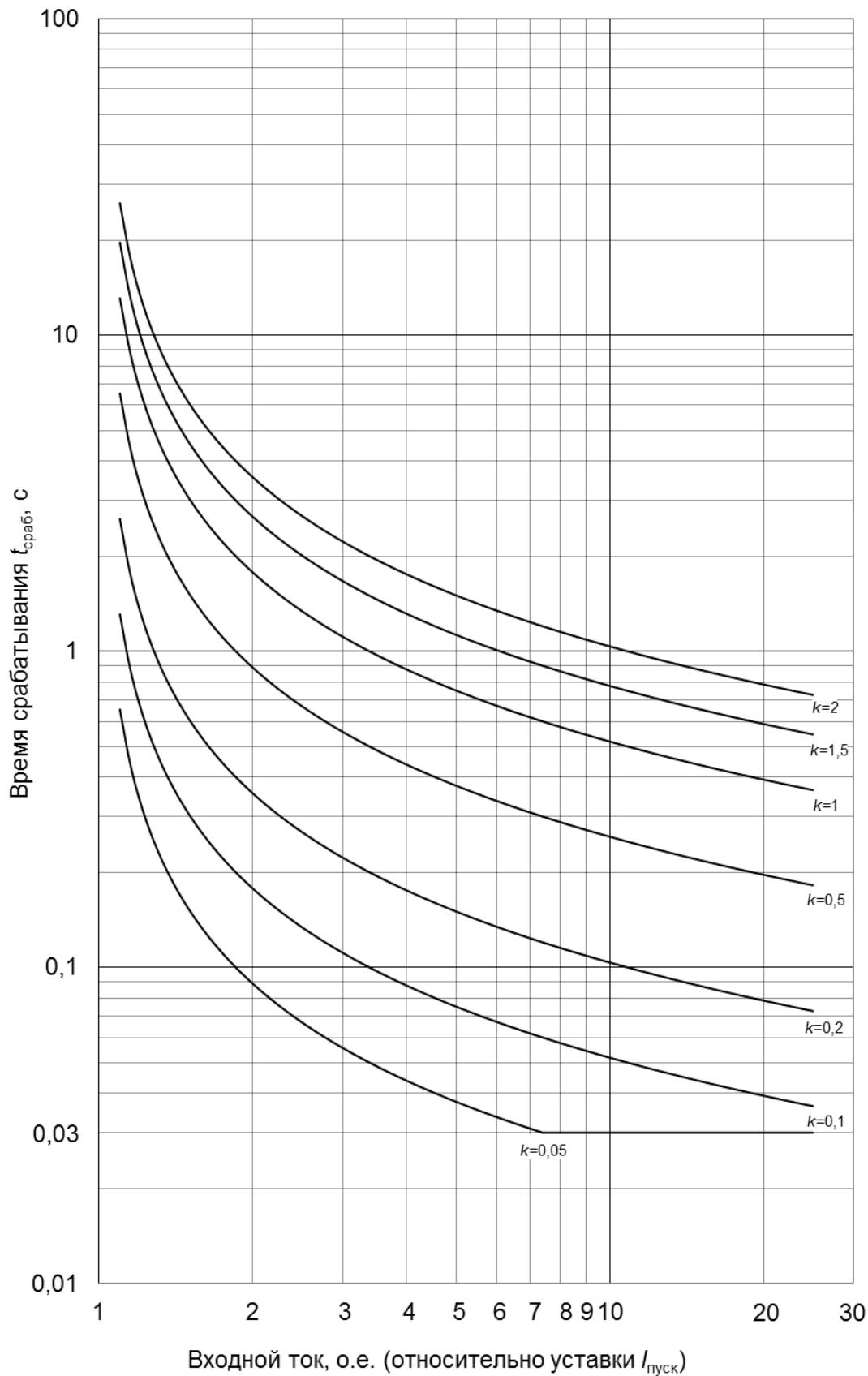


Рисунок Б.5 – Быстро инверсная МЭК

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

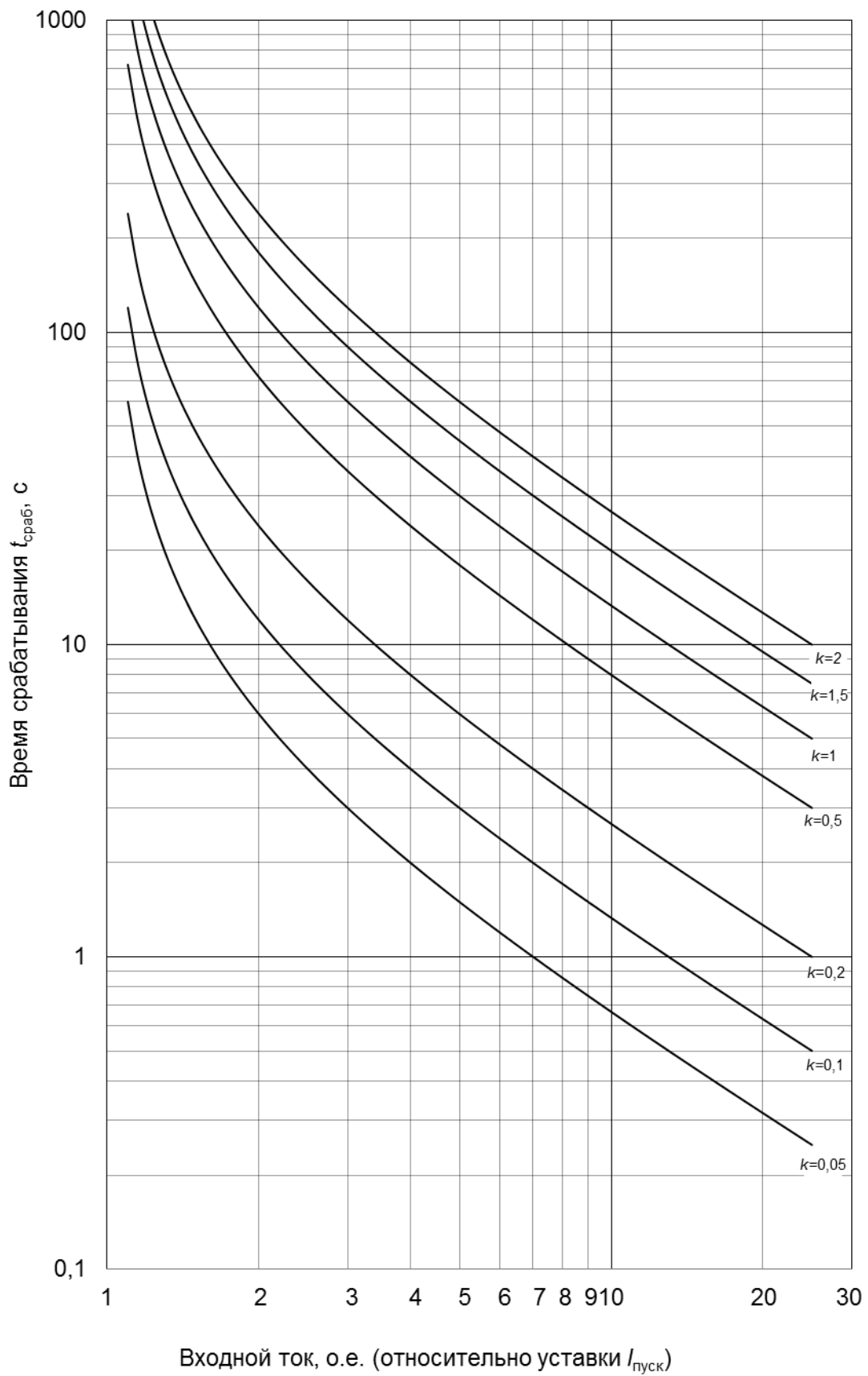
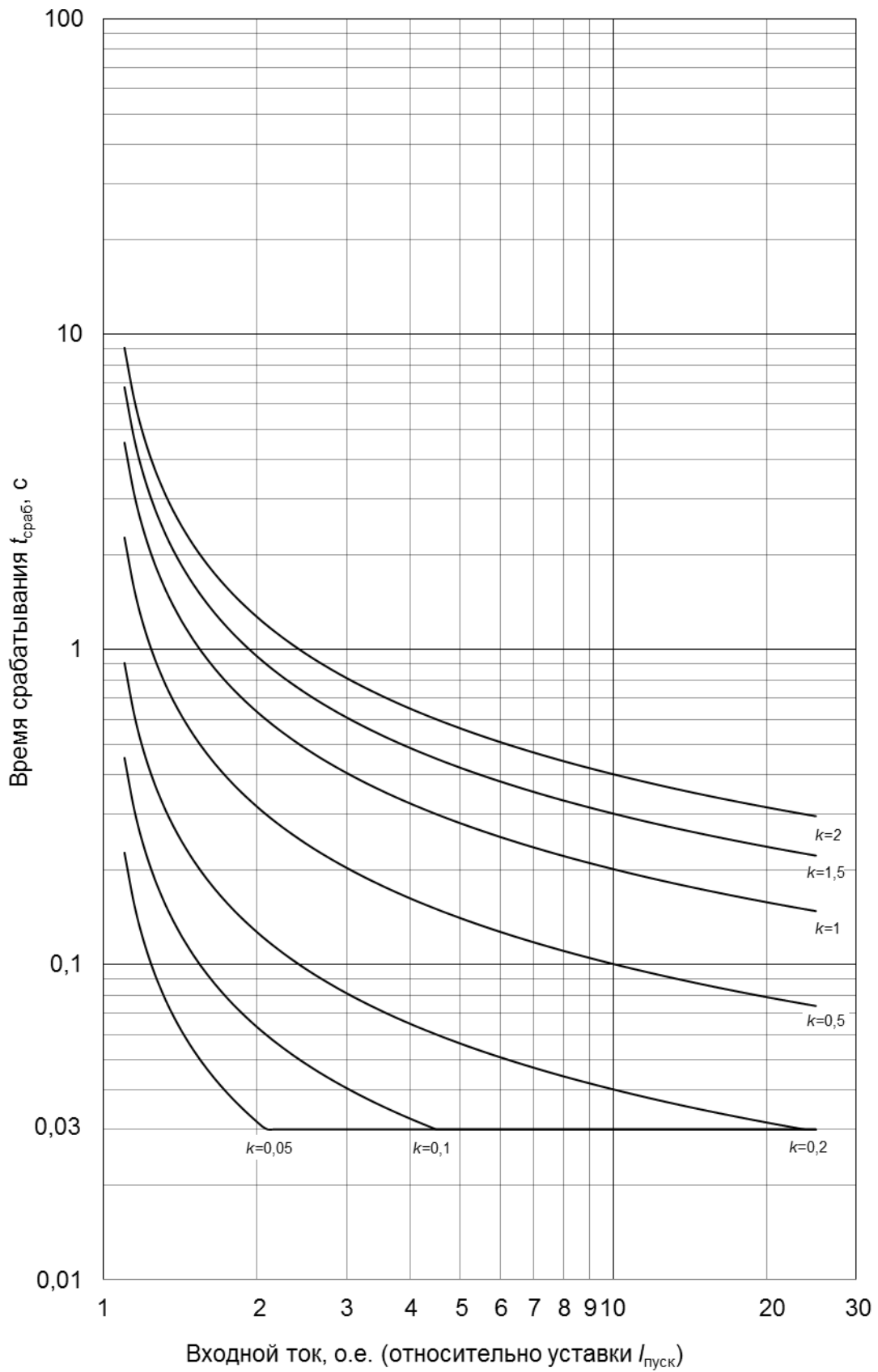


Рисунок Б.6 – Длительно инверсная МЭК

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Инв. № подл.	025/ЭТ	Подп. и дата	Архипова 25.08.20	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата	
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

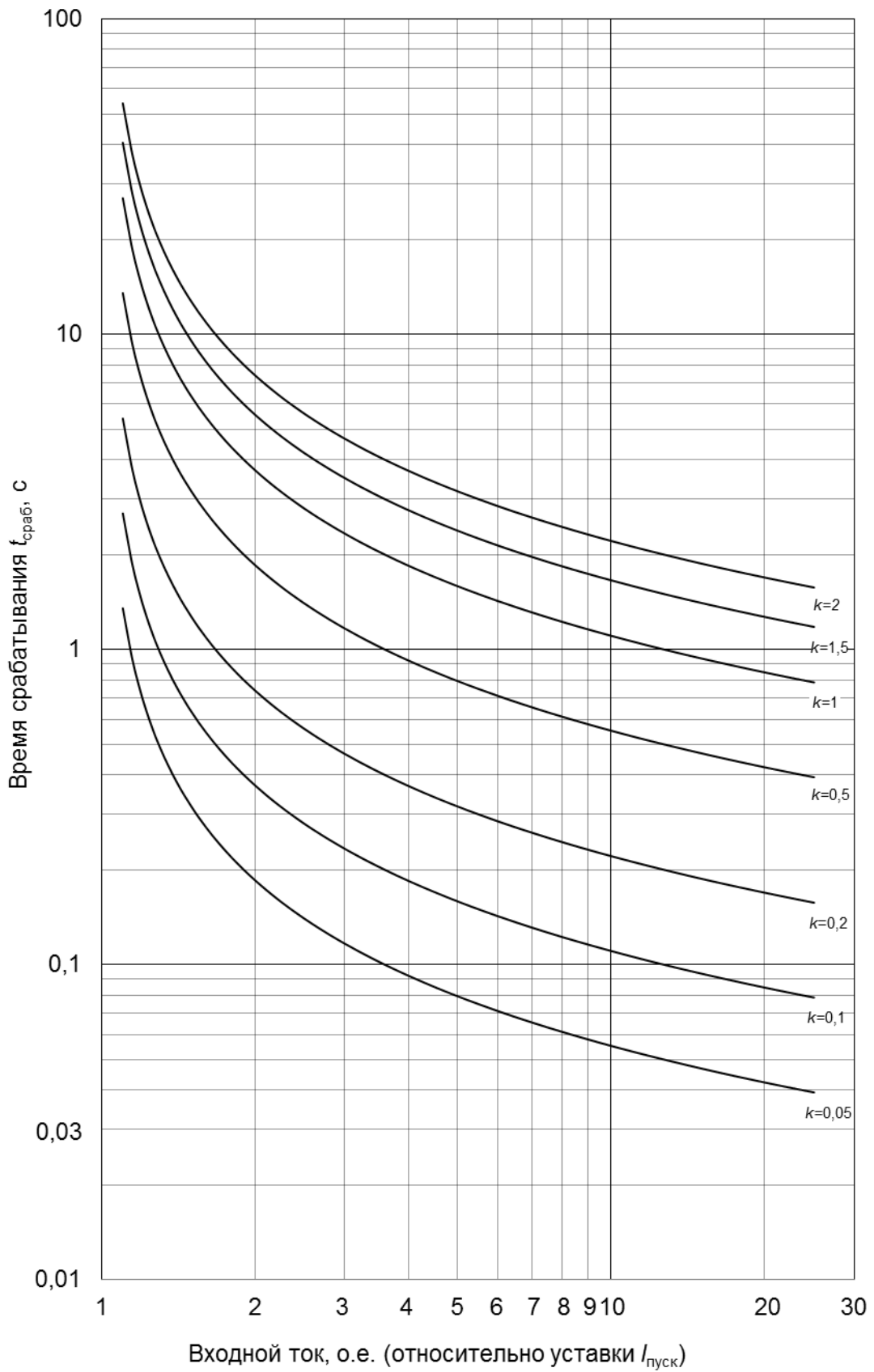


Рисунок Б.8 – Умеренно инверсная ANSI

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

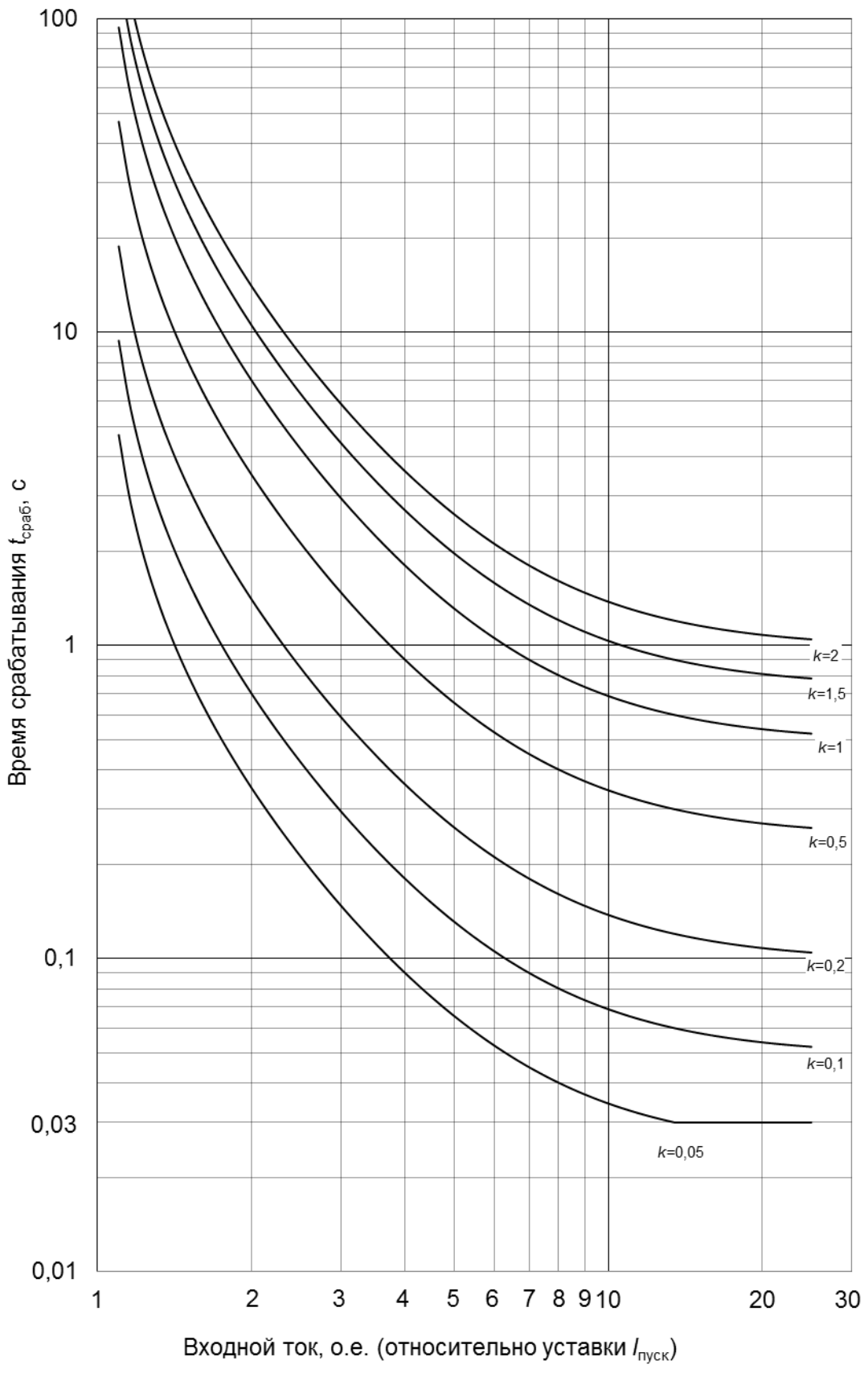
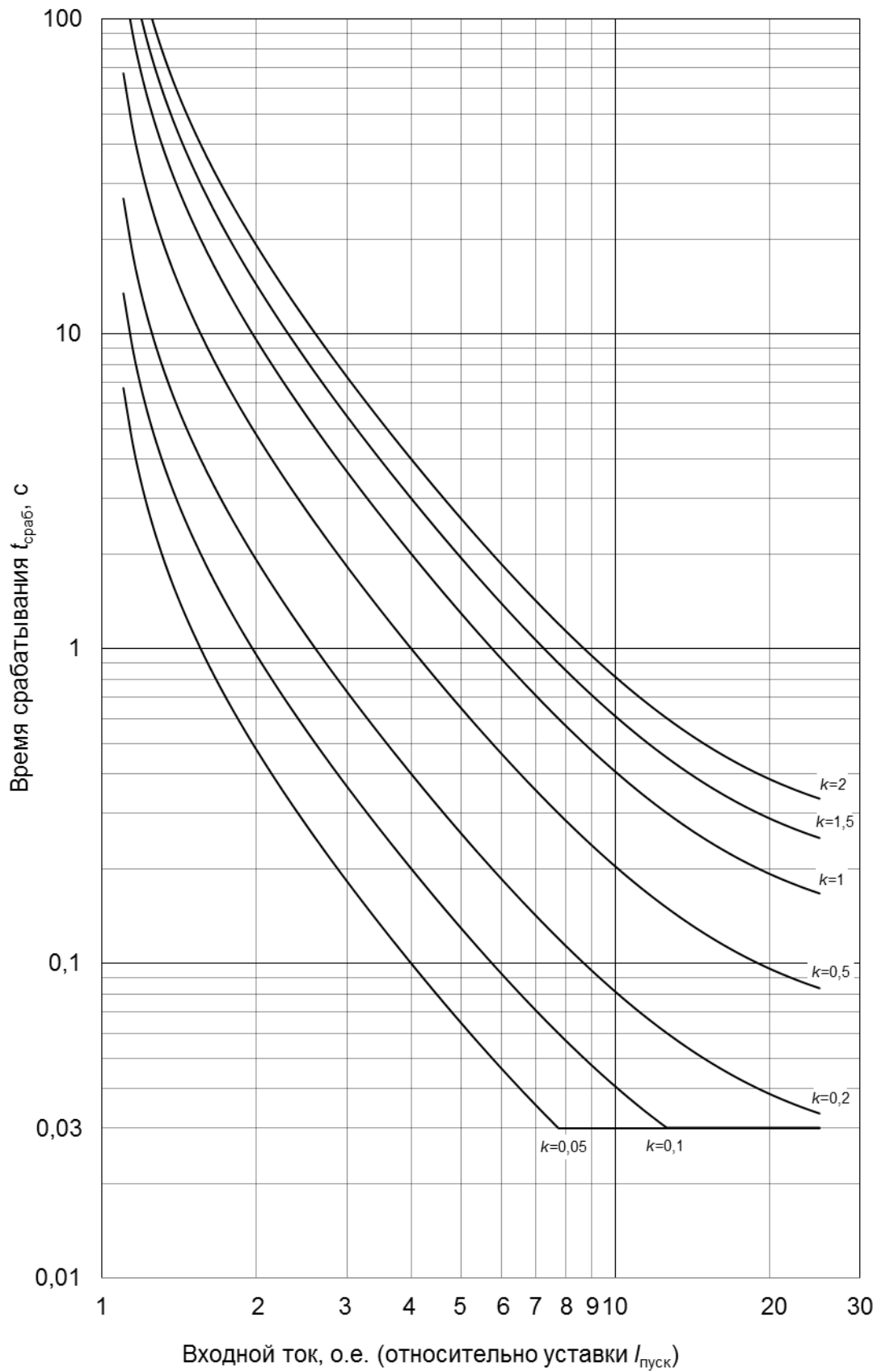


Рисунок Б.9 – Сильно инверсная ANSI

Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ



Инв. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Подп. дата	

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

110

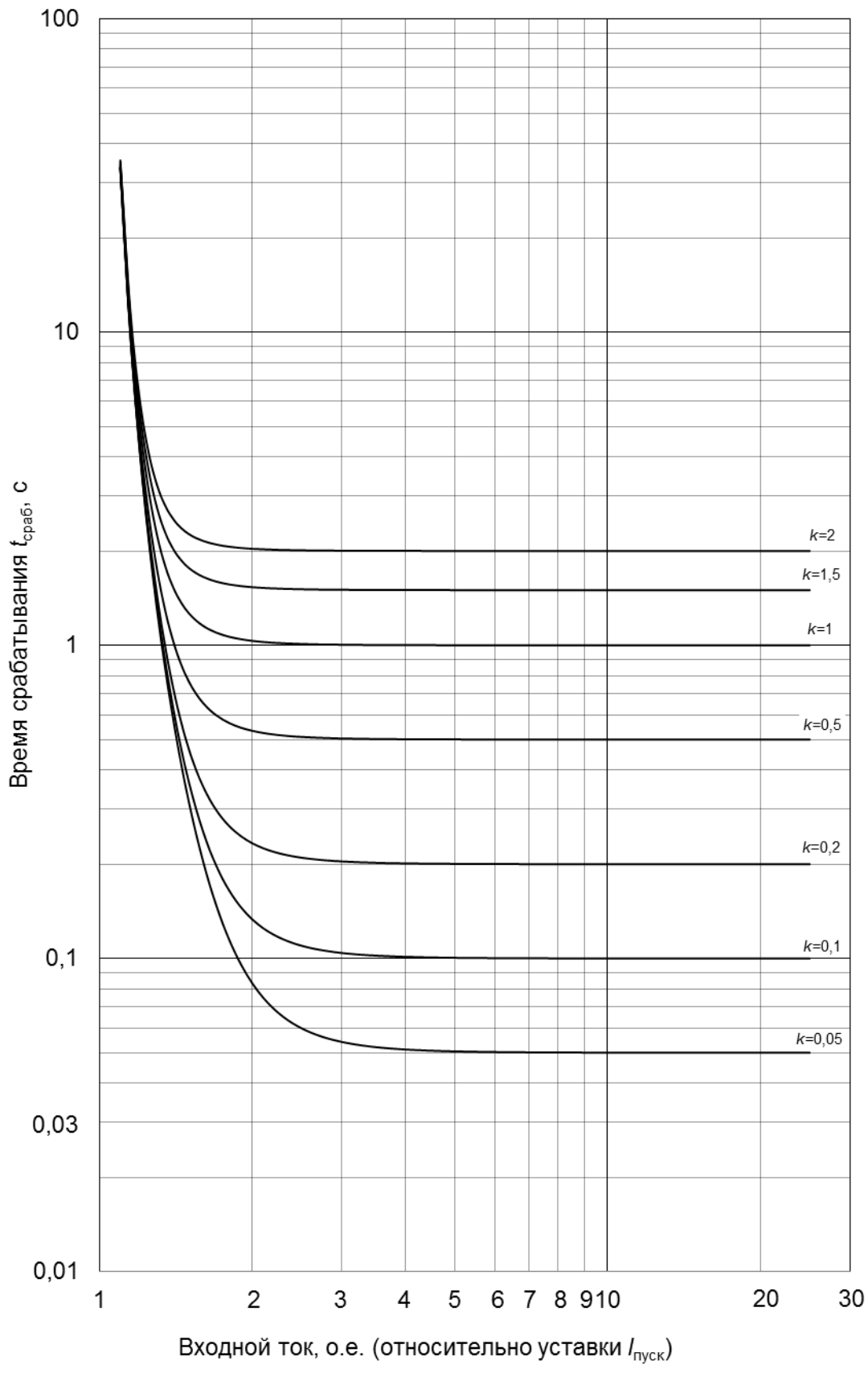


Рисунок Б.11 – Крутая (типа реле РТВ-I)

Инв. № подл.	025/ЭТ
Зам.	ЭКРА.1517-2020
№ докум.	Архипова
Дата	25.08.20
Изм.	Лист

Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

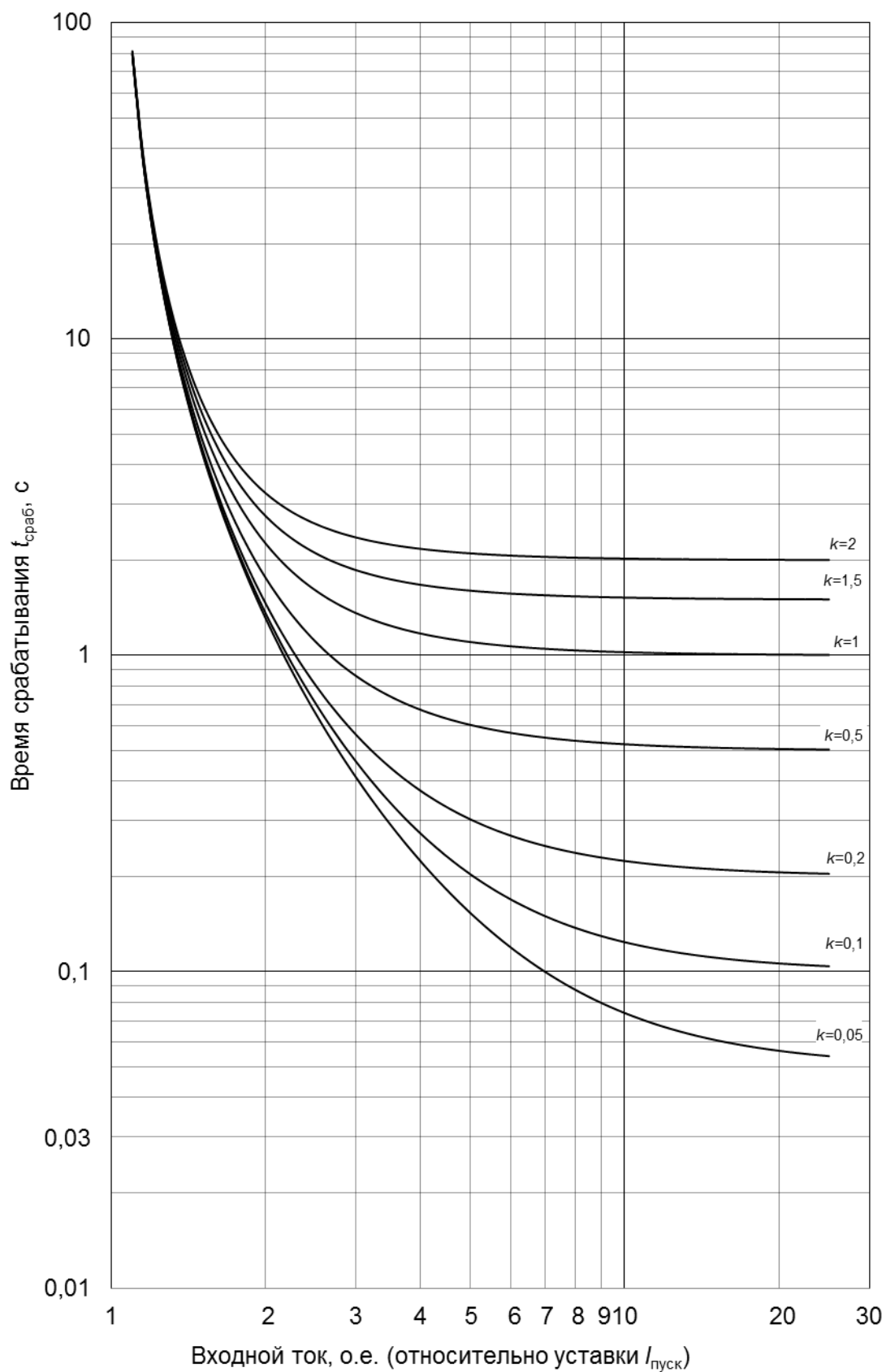


Рисунок Б.12 – Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80)

Инв. № подл.	025/ЭТ
Зам.	ЭКРА.1517-2020
№ докум.	Архипова
Дата	25.08.20

Инв. № подл.	025/ЭТ
Зам.	ЭКРА.1517-2020
№ докум.	Архипова
Дата	25.08.20

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

112



Б.2 Характеристические кривые зависимых выдержек времени на возврат

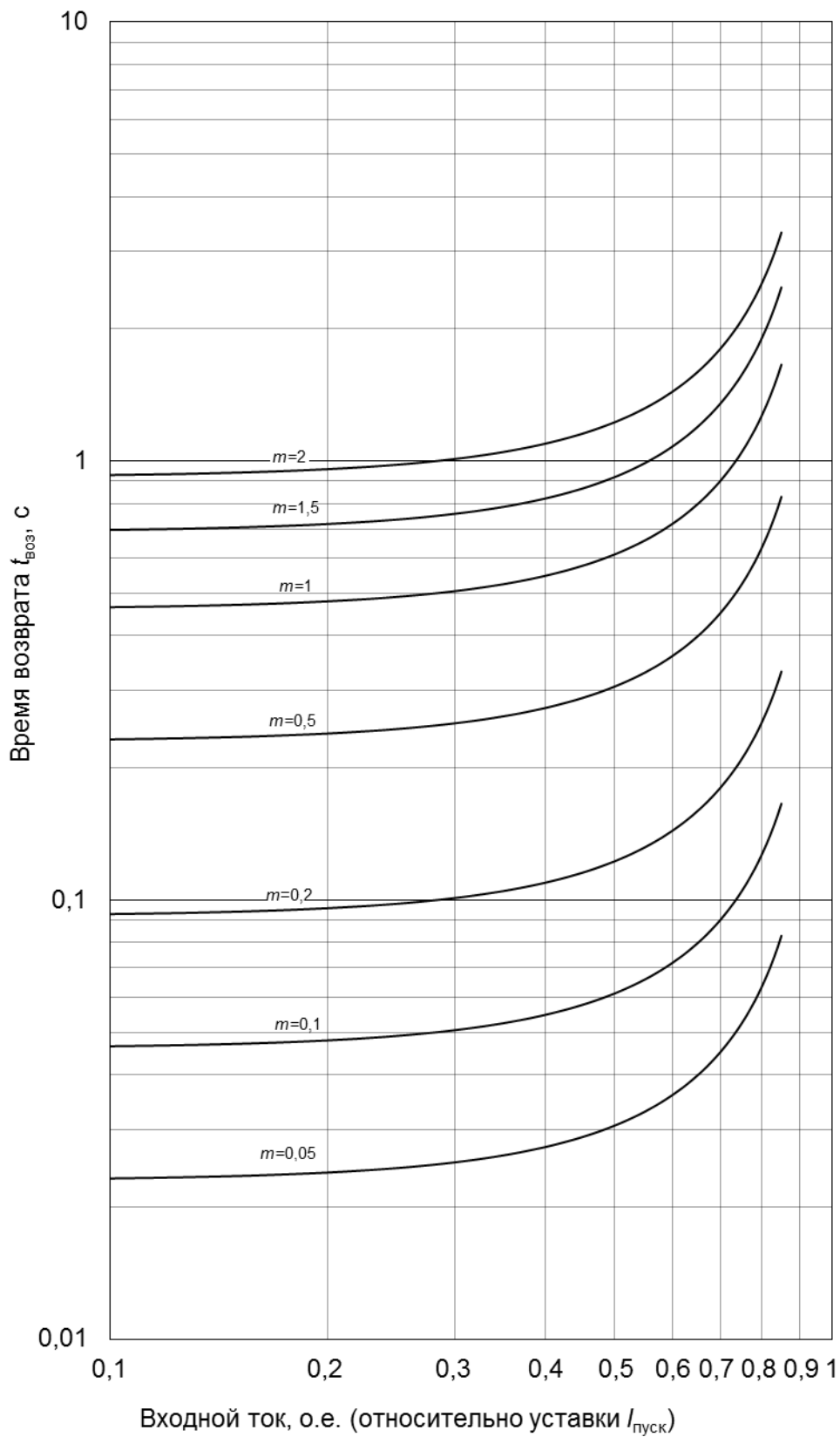
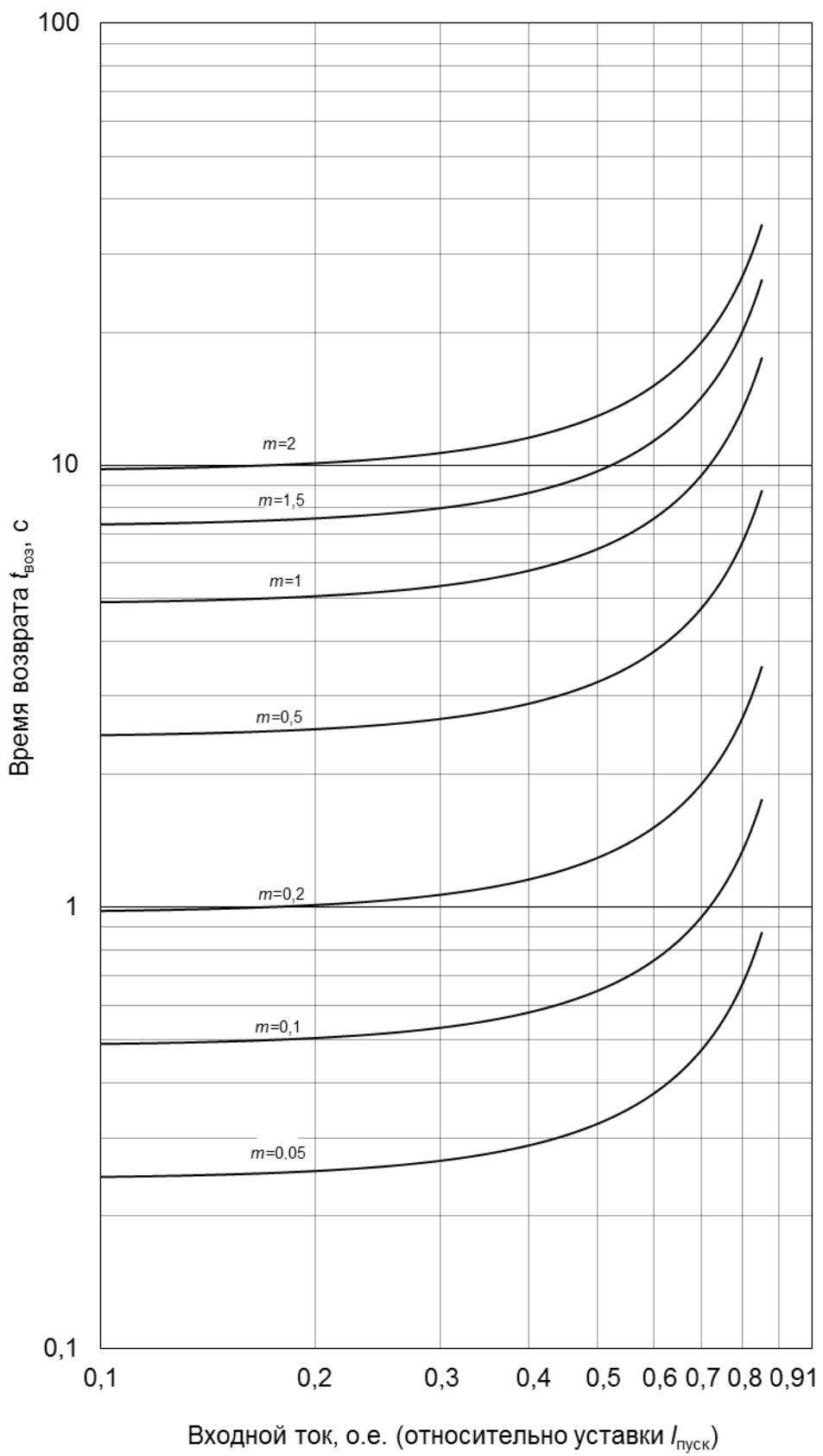
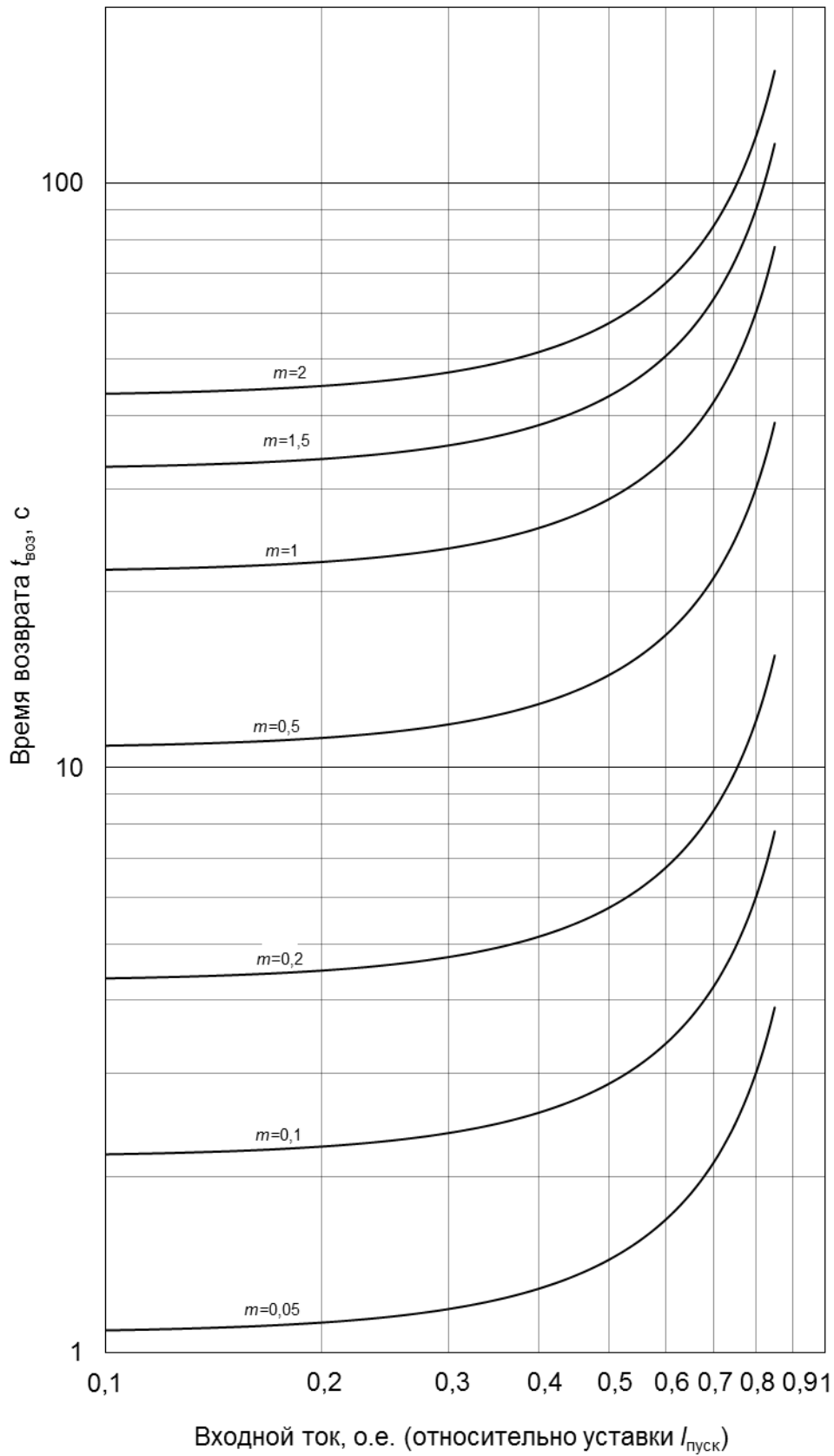


Рисунок Б.13 – Нормально инверсная ANSI

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/Э7	Архипова 25.08.20			
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



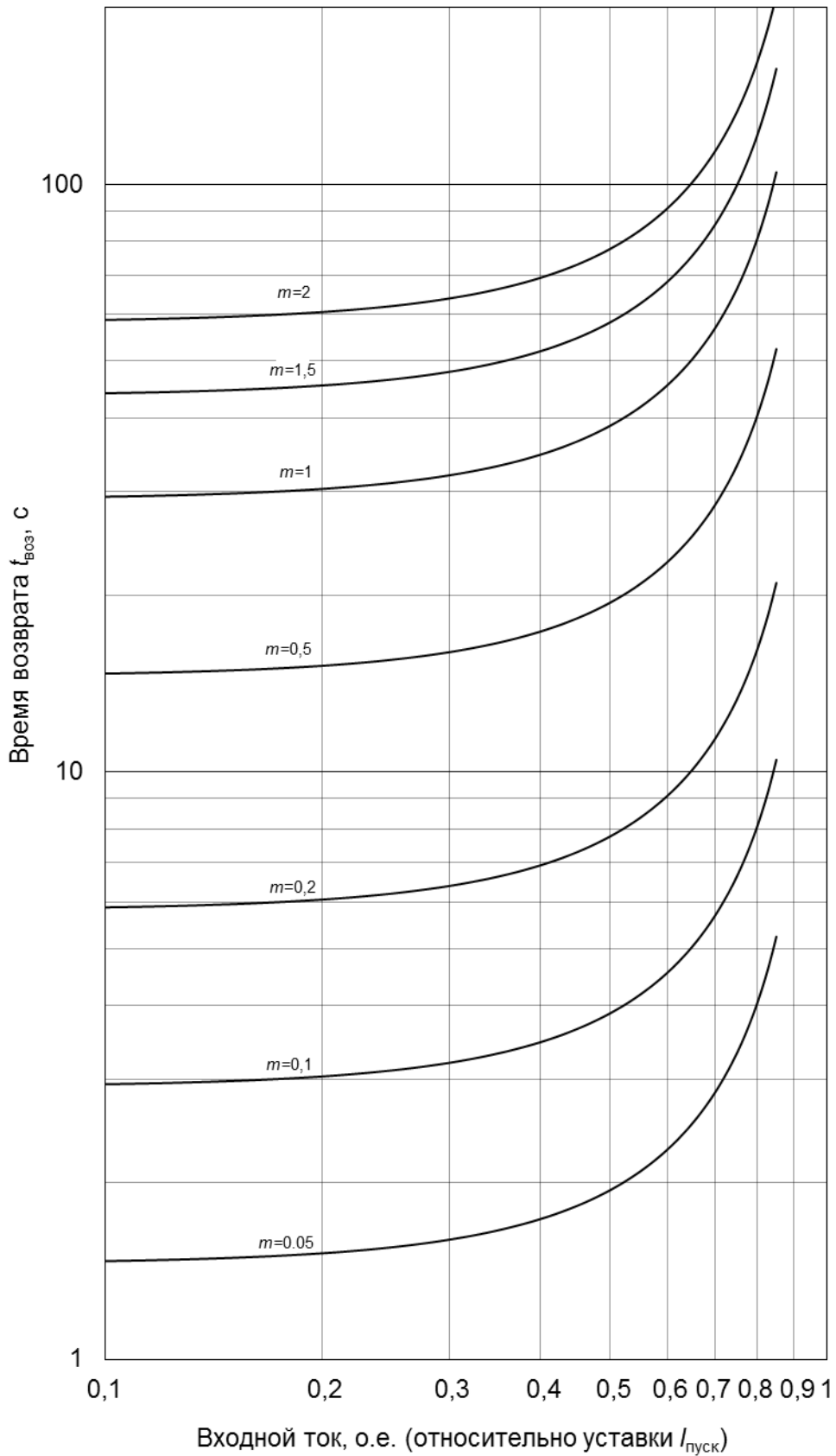
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

115



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
025/ЭТ	Архипова 25.08.20			

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

116

# Приложение В

(справочное)

Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А)

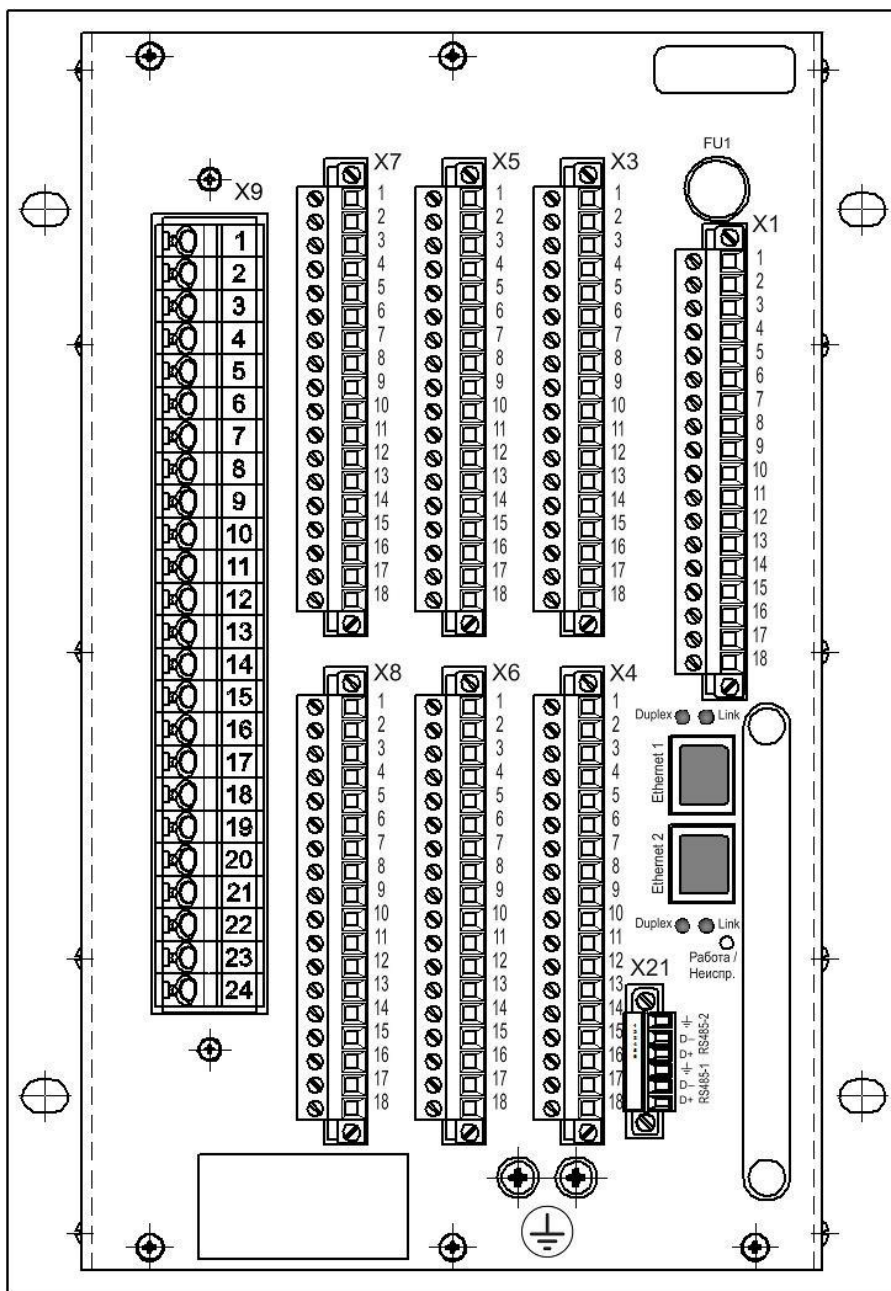


Рисунок В.1

Инв. № подл.	025/ЭТ
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

Инв. № подл.	025/ЭТ	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ

Лист

117

Перечень принятых сокращений и обозначений

1 Принятые сокращения

АРМ	Автоматизированное рабочее место
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
АУВ	Автоматика управления выключателем
АЧР	Автоматическая частотная разгрузка
ДифЗЭД	Дифференциальная защита электродвигателя
ДО	Дифференциальная отсечка
ЗДЗ	Защита от дуговых замыканий
ЗМН	Защита минимального напряжения
ЗМТ	Защита минимального тока
ЗМЧ	Защита минимальной частоты
ЗНР	Защита несимметричного режима
ЗОЗЗ	Защита от однофазных замыканий на землю
ЗОМ	Защита обратной мощности
ЗПН	Защита от повышения напряжения
ЗТП	Защита от тепловой перегрузки
ИО	Измерительный орган
КЗ	Короткое замыкание
КИН	Контроль исправности цепей напряжения
КИТ	Контроль исправности цепей переменного тока
МТЗ	Максимальная токовая защита
НПФ	Нулевая последовательность фаз
ПпН	Пуск по напряжению
РКВ	Реле команды «Включить»
РКО	Реле команды «Отключить»
РКОН	Реле контроля отсутствия напряжения
РКНН	Реле контроля наличия напряжения
РМЧ	Реле минимальной частоты
РН	Реле напряжения
РНМ	Реле направления мощности
РОМ	Реле обратной мощности
РПВ	Реле положения «Включено»
РПО	Реле положения «Отключено»

Инд. № подл.	025/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

Инд. № подл.	025/ЭТ				
З	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

РТ	Реле тока
РФК	Реле фиксации команды
ТЗНП	Токовая защита нулевой последовательности
ТН	Измерительный трансформатор напряжения
ТОНП	Токовая отсечка нулевой последовательности
ТТ	Измерительный трансформатор тока
ТТНП	Трансформатор тока нулевой последовательности
УРОВ	Устройство резервирования отказа выключателя
ЦВ	Цепь включения
ЦО	Цепь отключения
ЦУ	Цепь управления
ЧАПВ	Частотное автоматическое повторное включение
ШП	Шина питания
ЭД	Электродвигатель
ЭДС	Электродвижущая сила

2 Принятые обозначения (в функциональных схемах используются следующие элементы)

	Внутренний логический сигнал устройства (выходной)
	Внутренний логический сигнал устройства
	Внешний дискретный выходной сигнал (воздействие на выходные реле)
	Виртуальный дискретный входной сигнал (виртуальный сигнал)
	Виртуальный дискретный выходной сигнал (виртуальный сигнал)
	Выходной дискретный сигнал от измерительного органа

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Архипова 25.08.20
Инв. № подл.	025/ЭТ

3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## Список литературы

- 1 ОРТ.135.006 ТИ «Трансформаторы напряжения трехфазной антирезонансной группы НАЛИ-СЭЩ-6(10)»
- 2 1ГТ.769.060 РЭ «Трехфазные группы 3х3НОЛП.06»
- 3 Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей, Санкт-Петербург, 2003
- 4 Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Издание 7
- 5 ООО НПП "ЭКРА", Техническое описание, Измерительный орган тока с зависимой и независимой выдержкой времени –  $3I_t$ , 2014
- 6 Н.В. Чернобровов, Релейная защита, Учебное пособие
- 7 В.А. Андреев, Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов, 4-е изд. перераб. и доп. – Москва, Высш. шк., 2006
- 8 РД 34.20.501-95, Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей российской федерации
- 9 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждено приказом Министерства энергетики РФ 13.01.2003 N6

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата						
025/ЭТ	Архипова 25.08.20									
3	Зам.	ЭКРА.1517-2020	Архипова	25.08.20	ЭКРА.656122.036/217 0502 РЭ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
					Лист					
					120					



