



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

27.12.31.000

**ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТ, АВТОМАТИКИ, УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ И
СИГНАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРА МОЩНОСТЬЮ ДО 12 МВт
ЭКРА 217(А) 0101**

Руководство по эксплуатации
ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

ЕАС

Инв. № подл. 008/Э7	Подп. и дата Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
------------------------	----------------------------------	--------------	--------------	------------

Перв. примен.

Справ. №

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 « 20 » 06 2019
 Т.М. Прохорова

Подп. дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Петрова 20.06.19




4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
---	------	----------------	---------	----------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Инв. № подл.

008/37

Разраб.	Петрова		06.19
Пров.	Воробьев		06.19
Н. контр.	Журочкина		06.19
Утв.	Пашковский		06.19

Терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации генератора мощностью до 12 МВт
ЭКРА 217(А) 0101
Руководство по эксплуатации

Лит	Лист	Листов
A	2	138

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	21
1.6	Состав терминала и конструктивное выполнение	107
1.7	Средства измерения, инструмент и принадлежности	108
1.8	Маркировка и пломбирование	108
1.9	Упаковка	108
2	Использование по назначению	109
2.1	Эксплуатационные ограничения	109
2.2	Подготовка терминала к использованию	109
2.3	Работа с терминалом	109
2.4	Возможные неисправности и методы их устранения	110
3	Техническое обслуживание терминала	111
3.1	Общие указания	111
3.2	Меры безопасности	111
3.3	Рекомендации по техническому обслуживанию терминала	111
3.4	Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе	111
4	Транспортирование и хранение	113
4.1	Требования к условиям хранения, транспортирования	113
4.2	Способ утилизации	113
	Приложение А (обязательное) Карта заказа ЭКРА 217(А) 0101 (терминал защит, автоматике, управления выключателем и сигнализации генератора мощностью до 12 МВт)	114
	Приложение Б (справочное) Характеристические кривые зависимых выдержек времени	117
	Приложение В (справочное) Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А)	133
	Перечень принятых сокращений и обозначений	134
	Список используемой литературы	137

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19			Подп. дата	
Взам. инв. №		Инв. № дубл.					
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 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 генератора мощностью до 12 МВт ЭКРА 217(А) 0101 (далее - терминалы) совместно со следующими схемами:

- схема электрическая подключения ЭКРА.656122.036/217 0101 Э5;
- схема электрическая функциональная ЭКРА.656122.036/217 0101 Э2;
- бланк уставок ЭКРА.656122.036/217 0101 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».

Внимание!	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 RECIViewer 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 www.ekra.ru.

Инв. № подл.	008/Э7				Лист 4
	4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	
Инв. № инв.					Лист 4
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					Лист 4
Подп. дата					
Подп. дата	Петрова 20.06.19				Лист 4
Подп. дата					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист 4
Инв. № подл.					
Инв. № подл.					Лист

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.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

1 Описание и работа

1.1 Назначение

1.1.1 Терминал ЭКРА 217(А) 0101 – унифицированное микропроцессорное устройство, применяемое в качестве комплексной системы защит, автоматики, управления выключателем генератора мощностью до 12 МВт с номинальным напряжением сети от 6 до 10 кВ.

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. 1.2.31), 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 верификации¹⁾ и валидации²⁾ 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.

¹⁾ Верификация – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены.

²⁾ Валидация – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены.

Инд. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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) $I_{НОМ}$ (0,005 – 2,5) $I_{НОМ}$ (0,05 – 40,0) $I_{НОМ}$
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	5,0 $I_{НОМ}$ 100,0 $I_{НОМ}$ 10,0 $I_{НОМ}$ 30
Номинальное напряжение постоянного (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 $3U_0$ в течение 1 мин	300 500
Номинальная частота аналоговых сигналов переменного тока $f_{НОМ}$, Гц	50
Номинальное оперативное напряжение питания постоянного (переменного) тока или выпрямленного тока - $U_{ПИТ.НОМ}$, В**	220 или 110;
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 (не задействованные в типовой версии)	6 2*** 3 1 0
Количество дискретных входов	24
Количество дискретных выходов	24
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69**	УХЛ3.1; О4****

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Продолжение таблицы 2

Наименование параметра	Значение
Электрические интерфейсы, поддерживаемые терминалом: - RS-485 - Ethernet	2 2(3)
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
Аппаратная поддержка синхронизации времени внутренних часов терминала	1PPS, IRIG-B
Средняя основная погрешность срабатывания всех выдержек времени на любой уставке, кроме защит с зависимой время-токовой характеристикой, не более ± 2 % от значения уставки или ± 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.***** 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
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).

Инд. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

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.

1.2.14 Информация о верификации и валидации программного обеспечения терминала приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.15 Максимально допустимая мощность, потребляемая по каждому аналоговому входу и цепи оперативного питания при номинальном токе и напряжении, указана в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ. Точные значения потребляемой мощности указаны в протоколе ПСИ для каждого конкретного терминала.

1.2.16 Для защиты цепей питания терминала следует применять автоматические выключатели. При выборе автоматического выключателя необходимо провести проверку чувствительности при КЗ в защищаемой цепи оперативного тока.

1.2.17 Группа исполнения терминала в части воздействия механических факторов окружающей среды указана в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.18 Информация о сейсмостойкости и климатическому исполнению приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.19 Размеры и масса терминала

1.2.19.1 Конструктив, общий вид, масса, габаритные и установочные размеры терминала, а также виды комплектов деталей и приспособлений для монтажа терминала приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.20 Расположение элементов на лицевой панели терминала приведено в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.21 Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели приведено в приложении В.

1.2.22 Характеристики электрической прочности изоляции приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.23 Характеристики электромагнитной совместимости приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.24 Характеристики цепей оперативного питания приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.25 Характеристики входных и выходных цепей приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.26 Описание программного обеспечения приведено в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.27 Показатели надежности приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

1.2.28 Все изготовленные терминалы проходят проверку и настройку в соответствии с технологической инструкцией предприятия-изготовителя. Результаты проверки оформляются в виде протокола приемо-сдаточных испытаний для каждого терминала.

1.2.29 Гарантии предприятия-изготовителя указываются в паспорте или в этикетке для каждого терминала.

1.2.30 Другие общие сведения о терминале приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.31 Терминал ЭКРА 217(А) 0101 выполняет следующие функции:

а) в части защит:

- дифференциальная защита генератора (Id);
- защита от потери возбуждения ($\Phi <$);
- защита от асинхронного режима (Φz);
- токовая защита от несимметричных перегрузок ($I2 >>$);
- защита ротора от перегрузки (I_r);
- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ);
- логическая защита шин;
- комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка);
- контроль исправности вторичных цепей ТН;
- контроль исправности вторичных цепей ТТ;
- защита от несимметричного режима (ЗНР);
- защита от однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-1);
- защита от двойных однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2);
- защита от феррорезонанса (ЗФР);
- 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;

б) в части автоматики управления:

- автоматика управления выключателем (АУВ);

в) в части измерения, осциллографирования, регистрации:

- индикация текущих величин тока и напряжения, мощности, частоты;
- осциллографирование аварийных процессов;
- передача осциллограмм и событий с меткой времени по цифровым каналам связи;
- регистрация событий в нормальном и аварийном режимах;
- встроенные часы-календарь;

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ				Лист
											10
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19							
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

– синхронизация по времени (программная и программно-аппаратная, см. ЭКРА.650321.001 РЭ);

г) в части связи с АСУ ТП:

- порты для связи с АСУ ТП (RS-485, 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 постоянного тока и восстанавливаемая при появлении напряжения питания;
- связь с внешними устройствами через цифровой интерфейс.

Подробное описание дополнительных возможностей приведено в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.32 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.

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

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 11
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1.2.34 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».

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

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

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

1.2.38 Характеристики изменения параметров сети переменного тока приведены в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

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

1.2.40 Взаимосвязь между блоками, входящими в состав устройства ЭКРА 217(А) 0101, 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).

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

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

Внимание!	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 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 входы устройства к измерительным трансформаторам. Направление тока по отношению к устройству зависит от подключения к измерительным трансформаторам. Рекомендовано использовать схему соединения вторичных обмоток измерительных трансформаторов – «звезда» и нейтральная точка со стороны защищаемого объекта (данная рекомендация приведена в схемах подключения). В случае, подключения с обратной стороны уставки должны

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

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

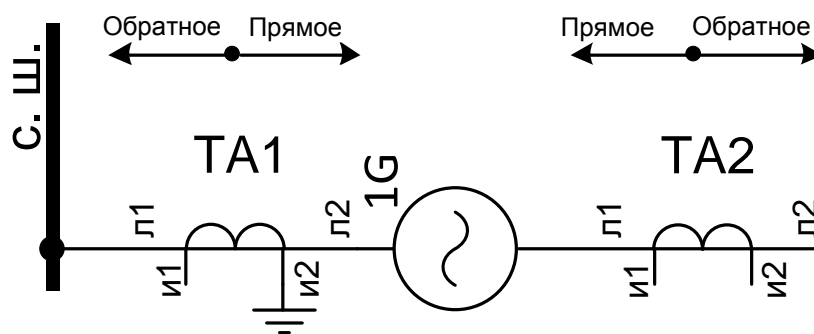


Рисунок 1 – Определение направления для функций

1.3.2 Терминал правильно работает с принятым временем срабатывания при КЗ в зоне, при максимальной апериодической составляющей, при условии, что время до насыщения ТТ больше, чем время срабатывания защит.

1.3.3 Пример расчета времени до насыщения ТТ приведен в ПНСТ 283-2018 «Трансформаторы измерительные, Часть 2, Технические условия на ТТ, Москва, 2018», стр. 32.

1.3.4 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».

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.3.5 Пример задания параметров аналоговых входов тока

Таблица 4 – Исходные данные

Параметр	Значение
Тип защищаемого объекта	Генератор
Номинальная мощность на клеммах защищаемого генератора – $P_{ном.}$, кВ·А	4000
Коэффициент мощности - $\cos(\varphi)$	0,8
Сверхпереходное реактивное сопротивление, продольная ось – x''_d , о.е.	0,324
Сверхпереходная ЭДС генератора по поперечной оси – E''_q , о.е.	1
Номинальное линейное напряжение на вводах первичной обмотки – $U_{ном.лин.перв.}$, кВ	6,3
Схема и группа соединения обмоток ТТ	Y-0
Номинальные параметры ТТ, установленного в ячейке, $I_{ном.ТТперв.}$, А / $I_{ном.ТТвтор.}$, А	600/5
Номинальные параметры ТТ, установленного в нейтральных выводах, $I_{ном.ТТперв.}$, А / $I_{ном.ТТвтор.}$, А	500/5
Номинальный коэффициент трансформации ТТНП – $k_{ТТНП}$	150/1

1.3.5.1 Расчет и задание параметров аналоговых входов IY

Полная мощность генератора рассчитывается по формуле

$$S_{ном} = \frac{P_{ном.}}{\cos(\varphi)} = \frac{4000}{0,8} = 5000 \text{ МВ} \cdot \text{А}. \quad (1)$$

Первичный номинальный фазный ток защищаемого объекта рассчитывается по формуле

$$I_{ном.фаз.перв} = \frac{S_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.лин.перв.}} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 458 \text{ А}. \quad (2)$$

Номинальный коэффициент трансформации ТТ, установленного в ячейке, по ГОСТ 7746-2015 рассчитывается по формуле

$$k_{ТТ} = \frac{I_{ном.ТТперв.}}{I_{ном.ТТвтор.}} = \frac{600}{5} = 120. \quad (3)$$

Номинальный коэффициент трансформации ТТ, установленного в нейтральных выводах по ГОСТ 7746-2015 рассчитывается по формуле

$$k_{ТТНД} = \frac{I_{ном.ТТперв.}}{I_{ном.ТТвтор.}} = \frac{500}{5} = 100. \quad (4)$$

Вторичный номинальный (базисный) ток аналогового входа со стороны выводов генератора (I_Г) рассчитывается по формуле

$$I_{ном.фаз.втор.Г} = k_{сх} \frac{I_{ном.фаз.перв}}{k_{ТТ}} = 1 \cdot \frac{458}{120} = 3,82 \text{ А}. \quad (5)$$

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
								4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				14

Вторичный номинальный (базисный) ток аналогового входа со стороны нейтральных выводов генератора (InГY) рассчитывается по формуле

$$I_{\text{ном.фаз.втор,НГ}} = k_{\text{сх}} \frac{I_{\text{ном.фаз.перв}}}{k_{\text{ТТНД}}} = 1 \cdot \frac{458}{100} = 4,58 \text{ А}, \quad (6)$$

где, $k_{\text{сх},i}$ – коэффициент схемы, учитывающий схему соединения вторичных обмоток ТТ; для ТТ, вторичные обмотки которых соединены в треугольник – $k_{\text{сх}} = \sqrt{3}$, в звезду – $k_{\text{сх}} = 1$.

В терминал необходимо ввести следующие параметры, задающие базовый ток:

В терминал необходимо ввести следующие параметры, задающие базовый ток. Для группы трехфазной токовой цепи (IГY): номинальный (базисный) ток – 3,82_А; коэффициент трансформации – 120. А для группы (InГY): номинальный (базисный) ток – 4,58 А; коэффициент трансформации – 100 (см. рисунок 2, 3).

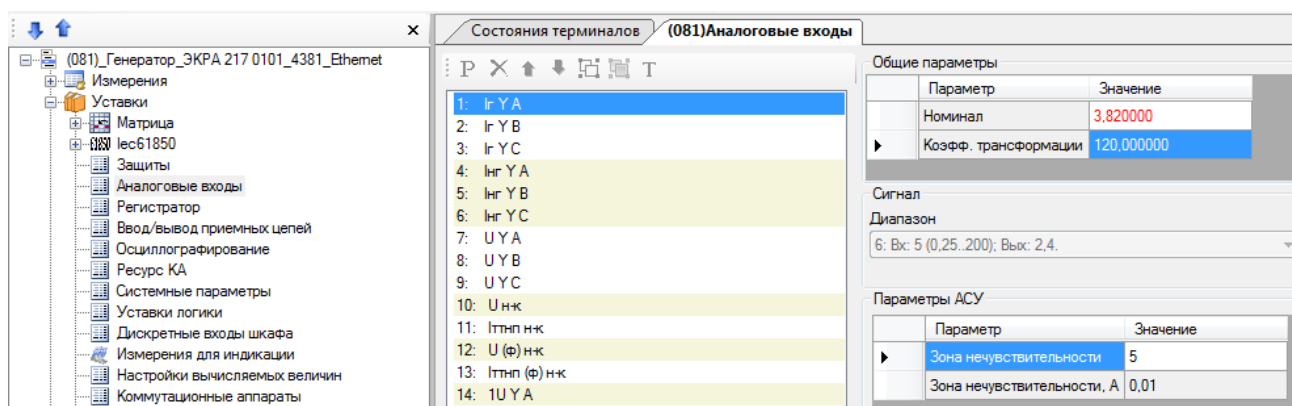


Рисунок 2 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной токовой цепи (IГY)

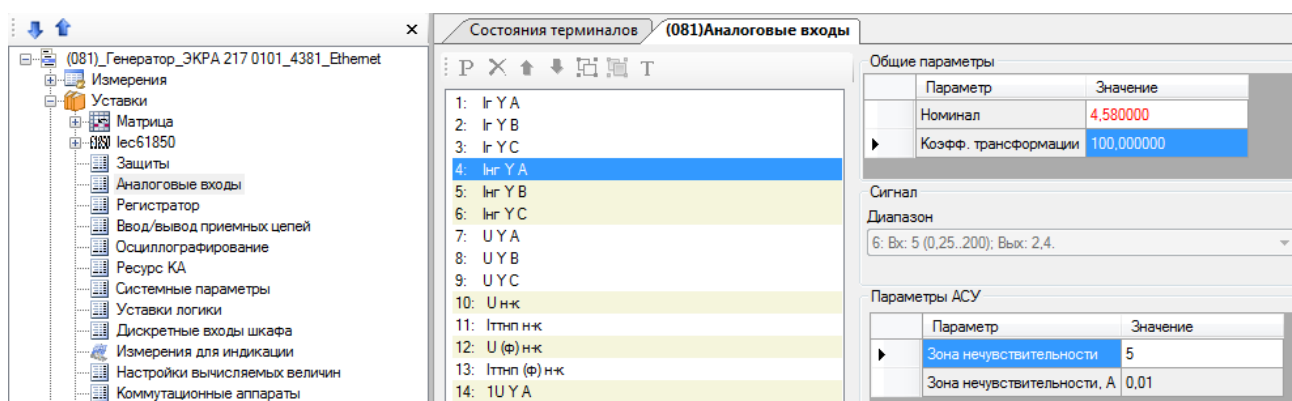


Рисунок 3 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной токовой цепи (InГY)

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.3.5.2 Расчет и задание параметров аналоговых входов I_{тнп} н-к*

Аналоговый вход используется для реализации функции контроля исправности вторичных токовых цепей ТТ (КИТ, см. 1.5.9) и защиты от двойных однофазных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2, см. 1.5.7.1).

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

$$I_{\text{ном.тtnп.втор}} = \frac{I_{\text{ном.фаз.перв}}}{k_{\text{ТТНП}}} = \frac{458}{150} = 3,053 \text{ А.} \quad (7)$$

Необходимо задать параметры аналоговых входов, соответствующие вторичному номинальному току ТТНП и его коэффициент трансформации.

Если вторичный номинальный ток больше чем диапазон измерения аналогового входа (см. функциональную схему), то для реализации защиты от двойных замыканий на землю следует использовать ИО «РТ ТОНП», а функцию контроля исправности токовых цепей выполнить с использованием ИО «РТ ЗНР». ИО «КИТ» и «РТ 3I₀>>>» должны быть выведены из работы через уставки. В параметрах аналоговых входов следует задать номинальные параметры ТТНП.

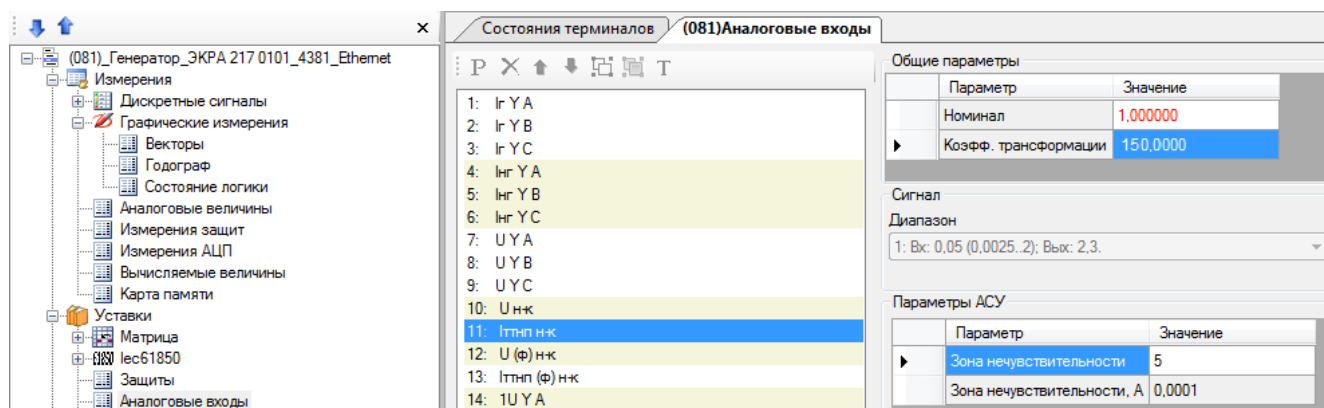


Рисунок 4 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы токовой цепи (I_{тнп} н-к)

1.3.5.3 Расчет и задание параметров аналоговых входов I_{тнп} (ф) н-к

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

Номинальный ток входа принимается равным выбранному номиналу аналогового входа тока нулевой последовательности терминала (0,6 А или 0,2 А).

Для входа I_{тнп} (ф) н-к в терминал необходимо ввести следующие параметры: номинал 0,6 А (либо 0,2 А); фактический коэффициент трансформации (у ТТНП) – 150.

1.3.6 Пример задания параметров аналоговых входов напряжения

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

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 16
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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

Таблица 5 – Исходные данные [1]

Параметр	Значение
Тип ТН	НАЛИ-СЭЩ-6-1 У(Т)2
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	100/3

Расчет и задание параметров

Коэффициент трансформации основной обмотки ТН рассчитывается по формуле

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

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 ($U_{доп}$) $100 / 3 = 33,33 В$ [1].

Коэффициент трансформации дополнительной обмотки рассчитывается по формуле

$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном. фаз. перв.}}{U_{ном. фаз. доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / 3} = 104,1. \quad (9)$$

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 5). Для цепи напряжения нулевой последовательности ($U_{Н-к}$ и $U_{(ф)Н-к}$): номинал цепи $100/3=33,33 В$; коэффициент трансформации – 104,1.

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

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

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

$$k_{ТНосн} = \frac{U_{ном.фаз.перв.}}{U_{ном.фаз.втор.осн.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}} = 60. \quad (10)$$

Коэффициент трансформации дополнительной обмотки рассчитывается по формуле

$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном.фаз.перв.}}{U_{ном.фаз.втор.доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100} = 34,68. \quad (11)$$

В терминал вносятся следующие параметры, задающие базовое напряжение.

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 – 34,68.

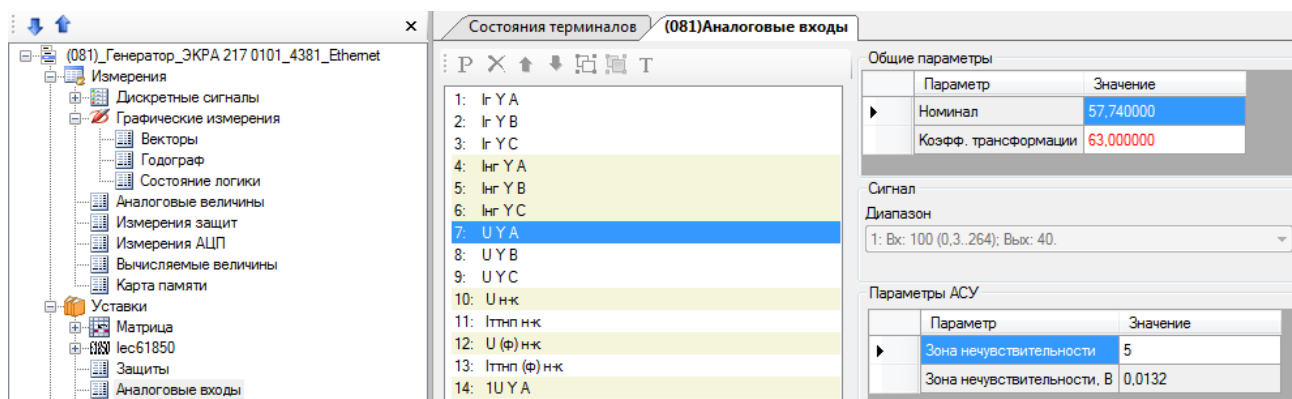


Рисунок 5 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной цепи напряжения (UY)

1.4 Требования к трансформаторам тока

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

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

Петрова 20.06.19

008/ЭТ

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

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:

- 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 рекомендациями 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.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист	
								4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ			

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) 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)).

1.4.2.5 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).

1.4.2.6 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

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

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 Максимальная токовая защита (МТЗ)

1.5.1.1 Согласно пункту 3.2.42 [4] для генераторов свыше 1 кВ и мощностью более 1 МВт МТЗ с пуском по напряжению используется для защиты при внешних КЗ в прилегающих частях ЭС, когда запаздывание в отключении может приводить к недопустимой по длительности перегрузке объекта токами КЗ [5] и для резервирования дифференциальной защиты генератора от внутренних повреждений.

1.5.1.2 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.

1.5.1.3 В зависимости от выбора состояния программных накладок (см. таблицу 7) каждая из ступеней МТЗ может быть выполнена направленной (прямое или обратное направление) и/или иметь комбинированный пуск по напряжению. Использование функции пуска по напряжению позволяет лучше отстроиться от нагрузочных токов.

Таблица 7 – Программные накладки МТЗ

Имя	Название	Состояние
МТЗ-1_Авт_загр_уст	Автоматическое загрузление уставки	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено
МТЗ-1_Напр_при_Неисп_ТН	Действие направленной МТЗ-1 при неисправности ТН	1 - Авт. переключение на ненаправленную работу
		0 - Запрет работы
МТЗ-1_Конт_напр	Контроль направленности МТЗ-1	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
МТЗ-1_Пуск_по_напр	Пуск по напряжению МТЗ-1	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
Направ_РНМ_МТЗ-1	Направление РНМ МТЗ-1	1 - обратное
		0 - прямое
МТЗ-2_Напр_при_Неисп_ТН	Действие направленной МТЗ-2 при неисправности ТН	1 - Авт. переключение на ненаправленную работу
		0 - Запрет работы
МТЗ-2_Конт_напр	Контроль направленности МТЗ-2	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инд. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 7

Имя	Название	Состояние
MT3-2_Пуск_по_напр	Пуск по напряжению MT3-2	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
Направ_РНМ_MТ3-2	Направление РНМ МТ3-2	1 - обратное
		0 - прямое
MT3-3_Напр_при_Неисп_ТН	Действие направленной МТ3-3 при неисправности ТН	1 - Авт. переключение на ненаправленную работу
		0 - Запрет работы
MT3-3_Конт_напр	Контроль направленности МТ3-3	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
MT3-3_Пуск_по_напр	Пуск по напряжению МТ3-3	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
Направ_РНМ_MТ3-3	Направление РНМ МТ3-3	1 - обратное
		0 - прямое

1.5.1.4 Воздействия каждой из ступеней МТЗ могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31). Основные параметры ИО (реле тока) каждой из ступеней приведены в пунктах 1.5.1.9, 0, 1.5.1.11 соответственно. Функциональные схемы ступеней МТЗ представлены на рисунках 6, 7, 8.

1.5.1.5 Особенность первой ступени защиты МТЗ 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 7).

Внимание! Для корректной работы МТЗ-1, в режиме «Автоматическое заглубление уставки», обязательным условием является превышение величины времени ввода заглубления (выдержка времени «РПО_t», см. 1.5.19) над задержкой на срабатывание (см. таблицу 8).

Таблица 8 – Выдержки времени МТЗ-1

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

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

1.5.1.6 Вторая и третья ступени МТЗ могут быть выполнены как с зависимыми времятоковыми 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 пункте 1.5.1.10.

Имя	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			
Инд. № подл.				
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

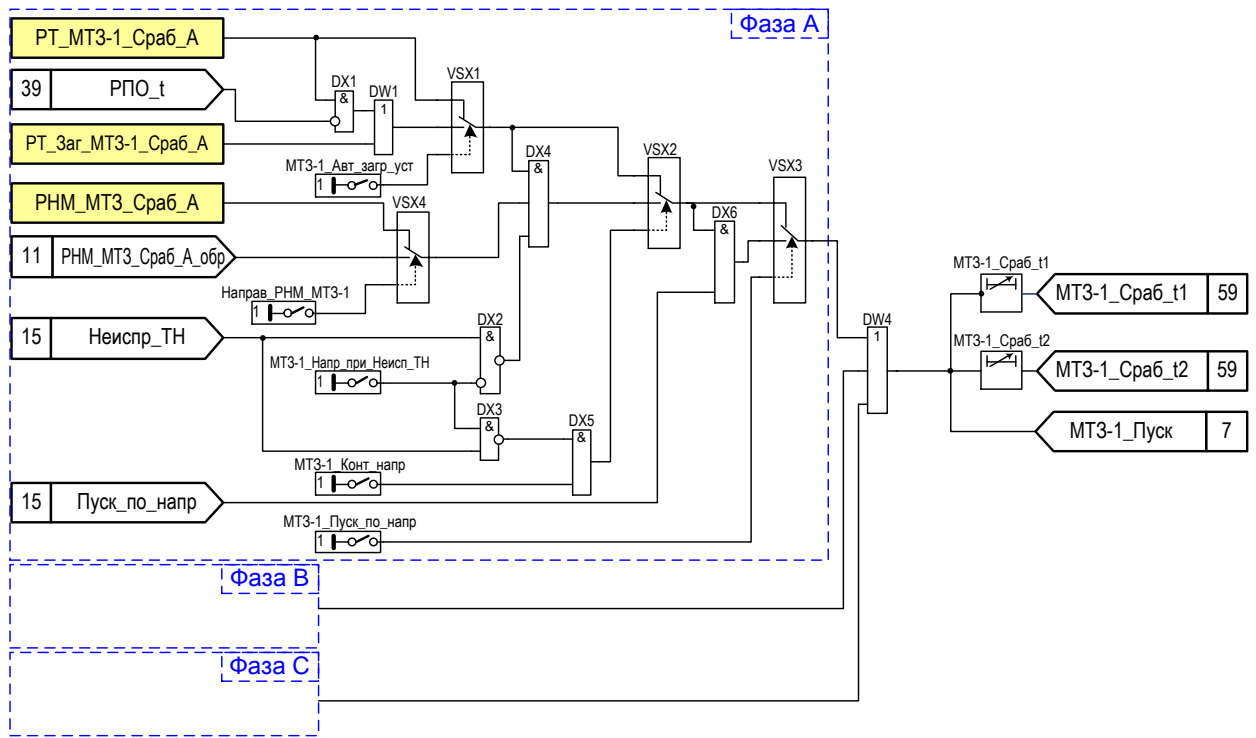


Рисунок 6 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-1

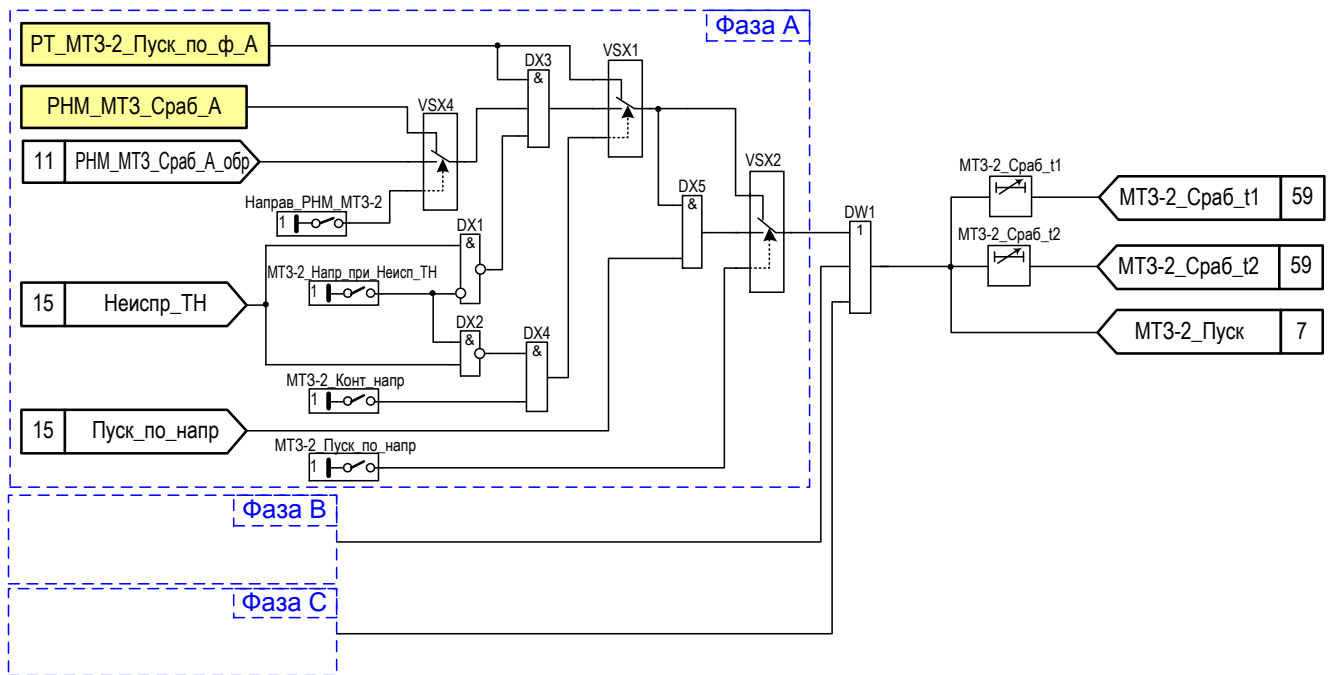


Рисунок 7 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-2

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Подп. дата
		Петрова 20.06.19	
Изм.	Лист	Взам. инв. №	Инв. № дубл.

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

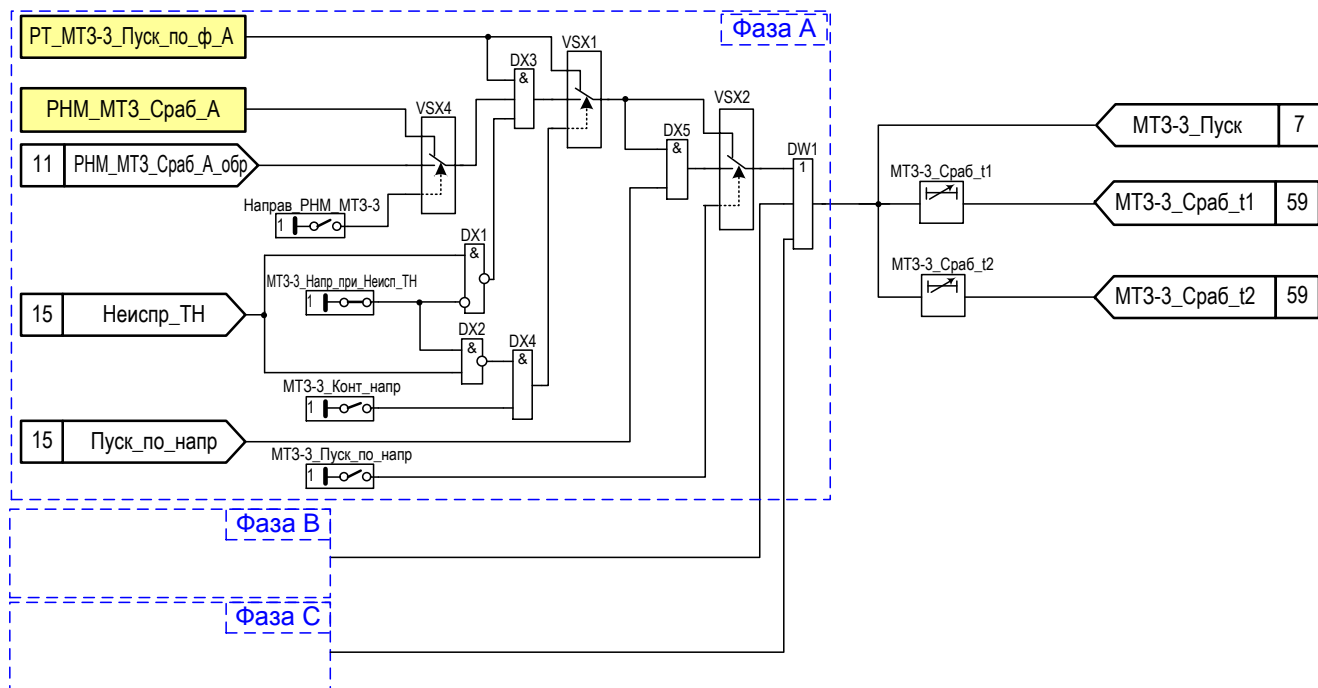


Рисунок 8 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-3

Таблица 9 – 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
МТЗ-3_Сраб_t1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ-3	1	0,2 – 100
МТЗ-3_Сраб_t2	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ-3	1,5	0,2 – 100

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

1.5.1.7 Для второй и третьей ступеней МТЗ предусмотрена возможность автоматического ускорения срабатывания при включении выключателя с уставкой времени срабатывания «Ускор_МТЗ» (см. таблицу 10). Ускорение ступеней МТЗ-2 и МТЗ-3 вводится автоматически при любых включениях выключателя при наличии соответствующего положения программной накладки (см. таблицу 11). Функциональные схемы ступеней ускорения МТЗ-2 и МТЗ-3 представлены на рисунке 9.

Внимание! Для корректной работы МТЗ-2 и/или МТЗ-3 в режиме ускорения, обязательным условием является превышение величины времени ввода (выдержка времени «РПО_t», см. 1.5.19 над выдержкой времени – «Ускор_МТЗ» (см. таблицу 10).
Режим оперативного ускорения целесообразно использовать при выборе независимой время-токовой характеристики срабатывания.

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/ЭТ

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

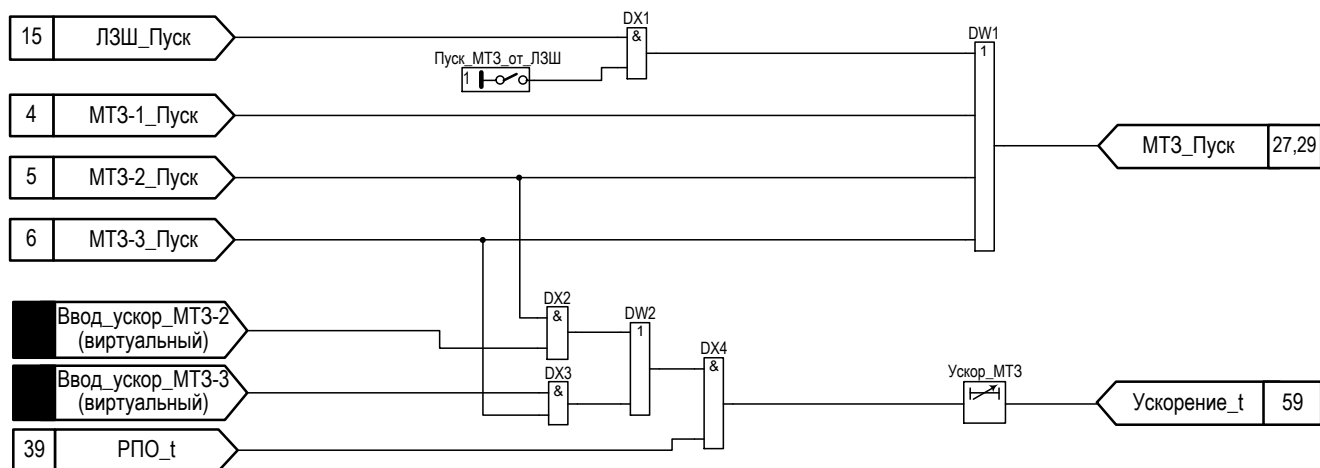


Рисунок 9 – Фрагмент функциональной схемы «Пуска МТ3» и «Ускорения МТ3»

Таблица 10 – Выдержки времени ускорения

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
Ускор_МТ3	Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТ3 в ускоренном режиме	0,1	0 – 100

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

Таблица 11 – Программные накладки «Пуска МТ3»

Имя	Название	Состояние
Пуск_МТ3_от_Л3Ш	Пуск МТ3 от Л3Ш	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено

1.5.1.8 Срабатывание реле тока МТ3-1, МТ3-2 и МТ3-3 формируют сигнал «Пуск МТ3», который может быть задействован в работе других защит энергообъекта. Срабатывание «Дополнительного реле тока» не формирует сигнал «Пуск МТ3».

1.5.1.9 Принцип действия ИО МТ3-1

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

1.5.1.9.2 Измерительный орган максимального действия. Принцип действия ИО основан на сравнении действующих значений каждого из трех фазных токов (I_A , I_B , I_C) с уставкой.

Имп. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
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)·I _{ном} *	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	

* I_{ном} – 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).

1.5.1.10 Принцип действия ИО МТЗ-2, МТЗ-3 [6]

1.5.1.10.1 ИО МТЗ-2, МТЗ-3 реализованы одноступенчато. Пример характеристики срабатывания зависимой время-токовой характеристики приведен на рисунке 11. Основные параметры приведены в таблице 13. Функционально-логическая схема ИО приведена на рисунке 10.

1.5.1.10.2 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.

1.5.1.10.3 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 60255-4 (ГОСТ 27918-88), кривые ANSI – стандарту IEEE Std C37.112-1996.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

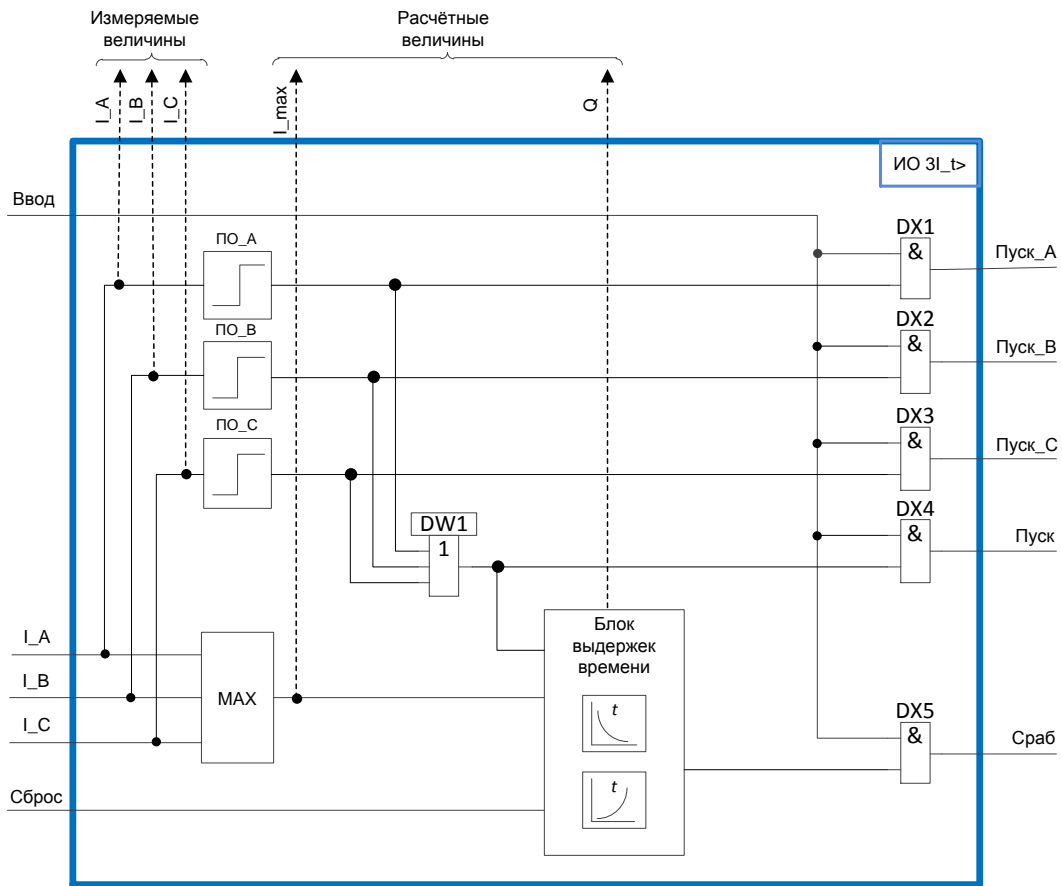


Рисунок 10 – Функционально-логическая схема ИО МТЗ-2, МТЗ-3

1.5.1.10.4 При выборе независимой характеристики срабатывания (уставка «Тип ВВС»-«1», см. таблицу 14) ИО срабатывает при превышении I_{max} уставки « $I_{пуск}$ » (в данном режиме уставка « $I_{пуск}$ » – является уставкой срабатывания). Возврат ИО определяется коэффициентом возврата $K_{воз}$. (см. таблицу 13).

1.5.1.10.5 При выборе зависимой характеристики срабатывания (уставка «Тип ВВС» - не равна единице, см. таблицу 14) ИО срабатывает при превышении I_{max} уставки « $I_{пуск}$ », формируется сигнал «Пуск» с указанием фазы с максимальным значением тока и начинается отчет выдержки времени на срабатывание. В диапазоне значений тока I_{max} от $I_{пуск}$ до $1,1 \cdot I_{пуск}$ кривые зависимых выдержек времени на срабатывание имеют горизонтальный участок с фиксированным временем срабатывания $t_{сраб}(1,1 I_{пуск})$ (см. рисунок 11). При значении тока I_{max} больше чем $1,1 \cdot I_{пуск}$ $t_{сраб}$ рассчитывается в соответствии с заданной характеристической кривой. Характеристические кривые зависимых выдержек времени на срабатывание могут быть ограничены минимальным временем срабатывания, задаваемым уставкой « $T_{мин}$ » (см. рисунок 11).

Инд. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

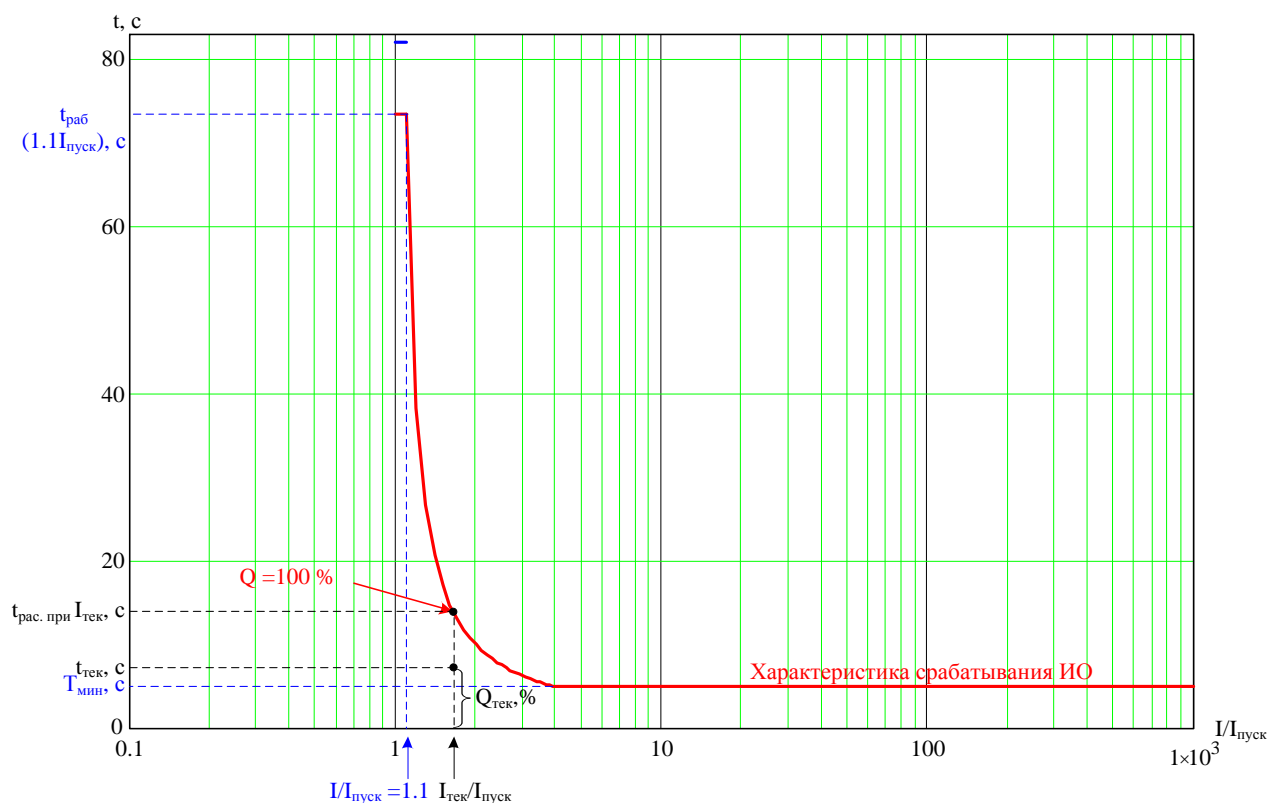


Рисунок 11 – Обобщенный пример характеристической кривой выдержки времени на срабатывание

1.5.1.10.6 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_{\max} (см. рисунок 11).

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

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	

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Продолжение таблицы 13

Наименование параметра	Значение
Погрешность по времени срабатывания при использовании зависимой время-токовой характеристики срабатывания, %, не более: - 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 - от 5 до 10 - от 10 до 20	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
*Уставка срабатывания « $I_{пуск}$ » задается относительно базового тока - « $I_{баз}$ ». **Только для независимой характеристики срабатывания.	

1.5.1.10.8 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, %.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 29
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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)	$t_{сраб} = k \cdot \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1}$
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)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0086}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1} + 0,0185 \right)$

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Продолжение таблицы 14

Тип ВВС	Наименование характеристической кривой	Описание
9	Нормально инверсная ANSI (ANSI Normal Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0086}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^{0,02} - 1} + 0,0185 \right)$
10	Нормально инверсная ANSI (ANSI Normal Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0086}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^{0,02} - 1} + 0,0185 \right)$
11	Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0515}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^{0,02} - 1} + 0,114 \right)$
12	Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{19,61}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} + 0,491 \right)$
13	Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse)	$t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{28,2}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} + 0,1217 \right)$
14	Крутая (типа реле РТВ-I)	$t_{сраб} = \frac{1}{30 \cdot \left(\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1 \right)^3} + k$
15	Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80)	$t_{сраб} = \frac{1}{20 \cdot \left(\frac{\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1}{6} \right)^{1,8}} + k$

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 14

Тип ВВС	Наименование характеристической кривой	Описание
16	Пользовательская кривая, задаваемая уравнением	$t_{сраб} = k \cdot \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} - C \right)^E - D} + B \right]$
17	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.

Таблица 15 - Описание характеристических кривых выдержек времени на возврат

Тип ВВВ	Наименование характеристической кривой	Описание
1	Независимая/определенная МЭК (IEC Definite Time)	$t_{603} = T_{603}$
2	Нормально инверсная ANSI (ANSI Normal Inverse)	$t_{603} = m \cdot \frac{0,46}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1}$
3	Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse)	$t_{603} = m \cdot \frac{4,85}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1}$
4	Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse)	$t_{603} = m \cdot \frac{21,6}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1}$

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 15

Тип ВВВ	Наименование характеристической кривой	Описание
5	Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse)	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left(\frac{29,1}{\left(\frac{I}{I_{\text{ПУСК}}} \right)^2 - 1} \right)$
6	Пользовательская кривая, задаваемая уравнением	$t_{\text{воз}} = m \cdot \left(\frac{F}{\left(\frac{I}{I_{\text{ПУСК}}} \right)^2 - 1} \right)$
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.

1.5.1.11 Принцип действия ИО «РНМ МТЗ»

1.5.1.11.1 ИО «РНМ МТЗ» по принципу действия является программным реле направления мощности. РНМ подключается к ТТ защищаемой линии и ТН секции. Основные характеристики ИО приведены в таблице 16. Так как РНМ подключено к ТТ установленным в нейтрали генератора, то за прямое направление тока выбрано направление от генератора в шины, а обратное от шин в генератор.

1.5.1.11.2 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 ϕ_{min} и ϕ_{max} , при этом $\phi_{\text{MЧ}}$ является биссектрисой угла задаваемого сектора (см. рисунок 12). За базовый вектор выбирается вектор соответствующего напряжения. Угол сдвига фаз тока относительно базового напряжения считается положительным при отстающем токе (по часовой стрелке, см. рисунок 12). [7, 8].

1.5.1.11.3 Положение вектора тока на векторной диаграмме определяется соотношением активного и реактивного сопротивлений линии от места включения РНМ до

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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 12) [8]. Для задания области работы направленной защиты с сектором в 180 электрических градусов необходимо задать углы ϕ_{\min} (225°) и ϕ_{\max} (45°). Значение углов отсчитывается от соответствующего вектора напряжения U_{BC} , U_{CA} и U_{AB} (по часовой стрелке).

1.5.1.11.4 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 уствок (см. таблицу 16). Уставки порогов чувствительности по току и напряжению являются регулируемыми и могут быть измерены при необходимости.

1.5.1.11.5 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.

$$\dot{U}_{рнм_{BC}}(t) = \dot{U}_{BC}(t) + 0,2 \cdot \dot{U}_{BC}(t - 40 \text{ мс}), \quad (12)$$

где $\dot{U}_{рнм_{BC}}(t)$ - 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 $(t - 40 \text{ мс})$.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата		
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						34

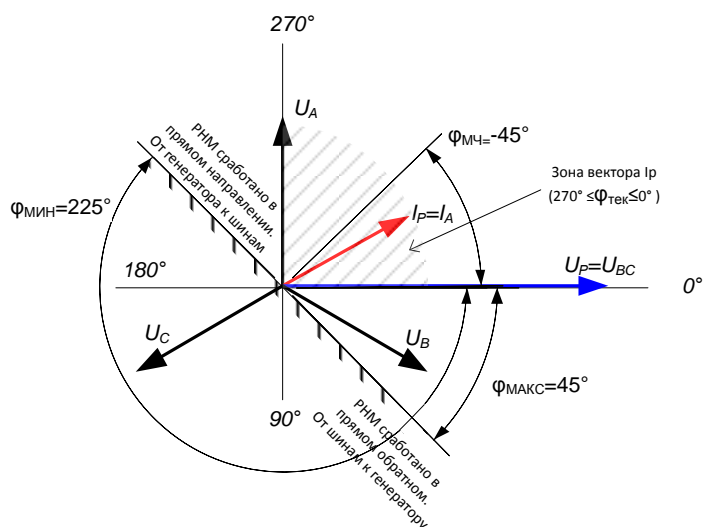


Рисунок 12 – Векторная диаграмма РНМ. Пример для I_A и U_{BC}

1.5.1.11.6 В ИО РНМ 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} .

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
Граница зоны срабатывания, ϕ_{max} и ϕ_{min} , 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		
Погрешности по току и напряжению срабатывания: - основная погрешность срабатывания, %, не более - дополнительная погрешность срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более	5 10		

Логическая схема формирования обратного направления срабатывания ИО «РНМ МТЗ» показана на рисунке 13.

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

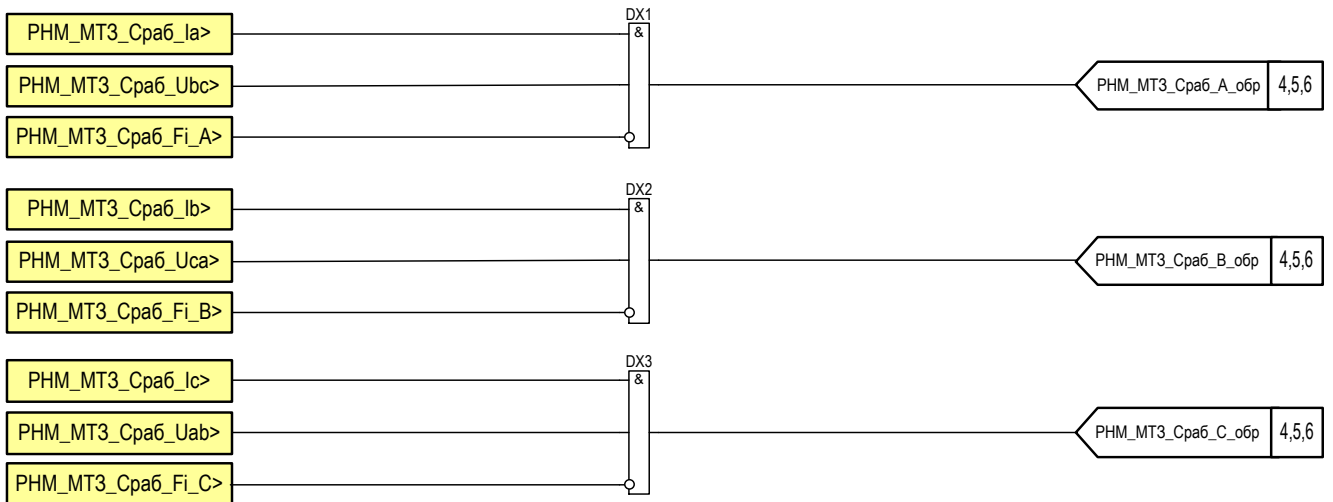


Рисунок 13 - Функциональная схема формирования обратного направления срабатывания ИО «PHM MT3»

Текущая защита: 5. PHM MT3

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

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 PHM

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. A	1
Сраб. B	1
Сраб. C	1
Ненапр. сраб.	1

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

"1" сигнализирует о срабатывании PHM для соответствующего сочетания тока и напряжения. Данные выходы ИО PHM 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

Измерения

Измерение	Абс.зн-ие	Отн.зн-ие	Угол
PHM MT3 U Y AB	99,9156	0,9991	30,0
PHM MT3 U Y BC	99,8595	0,9985	-89,9
PHM MT3 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 PHM всегда отображается величина угла вектора тока относительно соответствующего вектора линейного напряжения. Вне зависимости от выбранного базового вектора в пунктах "Выходы" или "Измерения". Положительное направление по часовой стрелке

Рисунок 14 – Внешний вид окна «Измерения защит» для PHM MT3 в ПО EKRASMS-SP

Инв. № подл. 008/Э7
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. и дата Петрова 20.06.19
 Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.2 Логическая защита шин (ЛЗШ)

1.5.2.1 Для работы ЛЗШ предусмотрен свой трехфазный ИО тока – ИО «РТ_ЛЗШ» с независимой уставкой срабатывания и регулируемым коэффициентом возврата. Характеристики ИО приведены в таблице 19.

Срабатывание ИО происходит при превышении тока больше уставки ИО «РТ_ЛЗШ». Сигнал «Срабатывание ЛЗШ» формируется при отсутствии блокирующих сигналов от нижестоящих защит присоединений через выдержку времени «ЛЗШ_Сраб».

Таблица 17 – Выдержки времени ЛЗШ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендуемый диапазон*, с
ЛЗШ_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание ЛЗШ	0,1	0 - 100
ЛЗШ_Неиспр	Регулируемая выдержка времени на срабатывание для фиксации наличия неисправности в цепях ЛЗШ	10	0,2 - 100

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

Таблица 18 – Программные накладки ЛЗШ

Имя	Название	Состояние
Пуск_по_напр_ЛЗШ	Пуск по напряжению ЛЗШ	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен

Таблица 19 – Характеристики трехфазного ИО тока для ЛЗШ – «РТ_ЛЗШ»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Ток срабатывания, А	(0,05 - 40)·I _{ном} *	0,01	0,1
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 - 1	0,01	0,95
Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более		40	
Погрешности: - основная погрешность тока срабатывания, %, не более - дополнительная погрешность тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более - дополнительная погрешность тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более - от 3 до 47 Гц - от 53 до 80 Гц		5 10 7 10	

* I_{ном} – номинал диапазона аналогового входа (5 А или 1 А), определяется при заказе.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

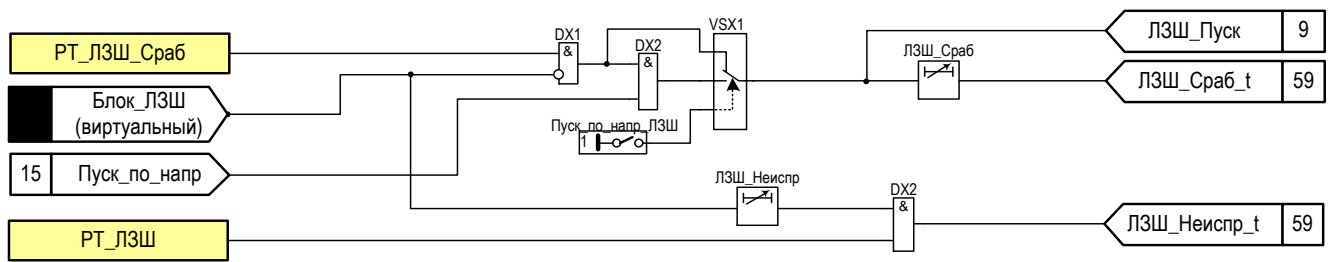


Рисунок 15 – Фрагмент функциональной схемы логической защиты шин

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.

Таблица 20 - 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
РТ-2_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание РТ-2	0,5	0,2 - 100

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

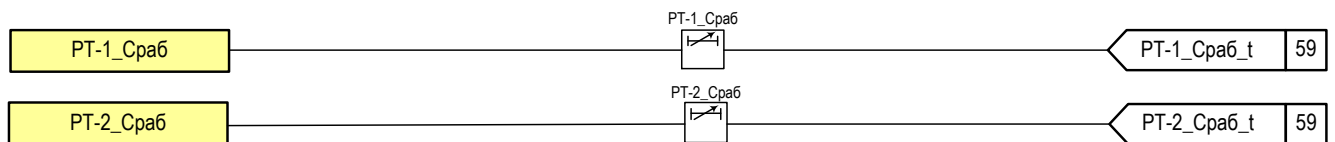


Рисунок 16 - Функциональная схема реле тока

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 7). Функциональная схема пуска по напряжению приведена на рисунке 17.

1.5.4.2 Пуск по напряжению формируется:

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

* 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 [1].

Инв. № подл. 008/ЭТ
 Подп. и дата Петрова 20.06.19
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.4.3 Пуск по напряжению автоматически выводится при отключенном положении выключателя. Характеристики ИО «U2>», «РН ПпН» приведены в таблицах 24, 25, 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)

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 21 – 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 22 – Программная накладка контроля положения автомата ТН ввода

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

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инд. № подл.	008/ЭТ

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

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:

$$\dot{U}_2 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B \cdot e^{-j120^\circ} + \dot{U}_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (12)$$

где e^{-j120° - оператор поворота вектора на 240° ;

e^{j120° - оператор поворота вектора на 120° ;

$\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ - 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.

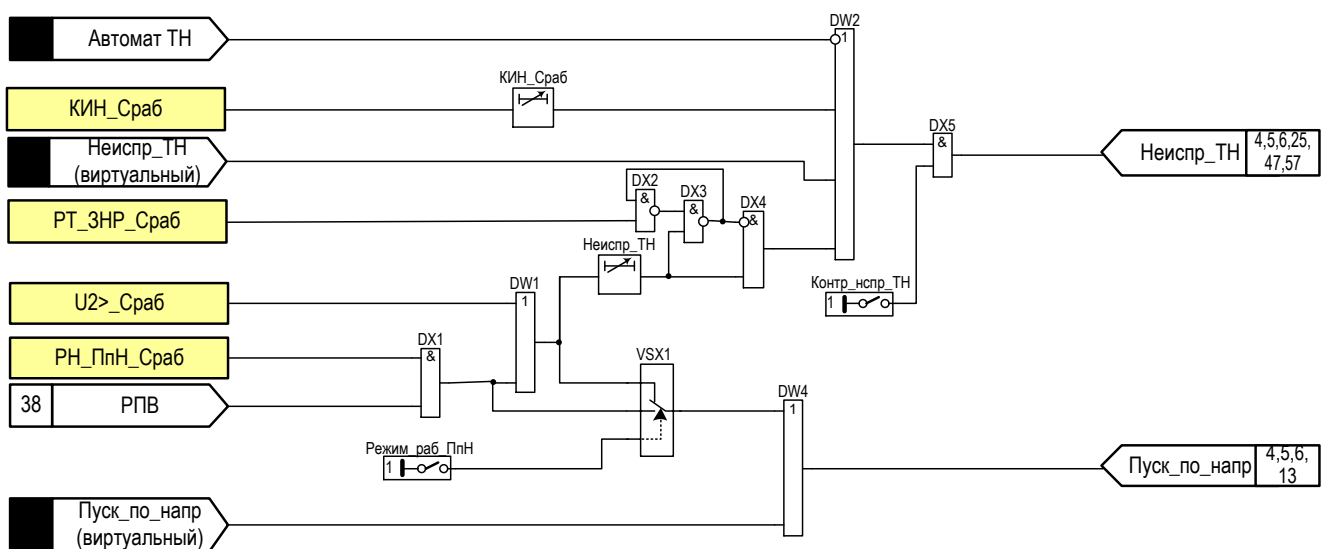


Рисунок 17 – Функциональная схема пуска по напряжению и контроля исправности цепей напряжения

1.5.5.5 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_Y). Срабатывание ИО КИН происходит при разнице значений расчетного напряжения $3U_0$ и измеренного $U_{н-к}$ больше заданной уставки.

$$\bar{U}_{сраб.} = 3\bar{U}_{0рас.} - K_0 \cdot \bar{U}_{н-к.}, \quad (13)$$

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».

Инв. № подл.	008/Э7
	Петрова 20.06.19
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
	Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$K_0 = U_{ном.У} / U_{ном.Δ}$ – коэффициент приведения, учитывающий различия в номинальных

напряжениях вторичных обмоток ТН. Параметры $U_{ном.У}$ и $U_{ном.Δ}$ являются параметрами аналоговых входов, значение которых определяется типом ТН (см. 1.3).

Таблица 23 – 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 24 – 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 25 – 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	

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Продолжение таблицы 25

Наименование параметра	Значение
Погрешности:	
- основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более	5
- дополнительная погрешность напряжения срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более	0
-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 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 ($3I_0$) 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 ($3I_0$) с действием либо на отключение, либо на сигнал.

Для сетей с компенсированной нейтралью:

- сигнализация возникновения ОЗЗ с контролем высших гармонических составляющих (ВГ) в токе нулевой последовательности ($3I_0$);

- 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.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Для сетей с любым видом заземления нейтрали в терминале предусмотрена:

– общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности ($3U_0$) промышленной частоты.

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

Таблица 26 – Программные накладки ЗОЗЗ-1

Имя	Название	Состояние
Контр_3U0	Контроль напряжения 3U0	1 - предусмотрена
		0 - не предусмотрена
Контр_напр	Контроль направленности ЗОЗЗ-1	1 - предусмотрена
		0 - не предусмотрена

Таблица 27 – Выдержки времени ЗОЗЗ-1

Имя	Название	Значение, с*
3U0_Сигн	Выдержка времени на срабатывание	0,03
ЗОЗЗ_Сраб	Выдержка времени на срабатывание	0,5
ЗОЗЗ_Сигн	Выдержка времени на сигнализацию	1

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

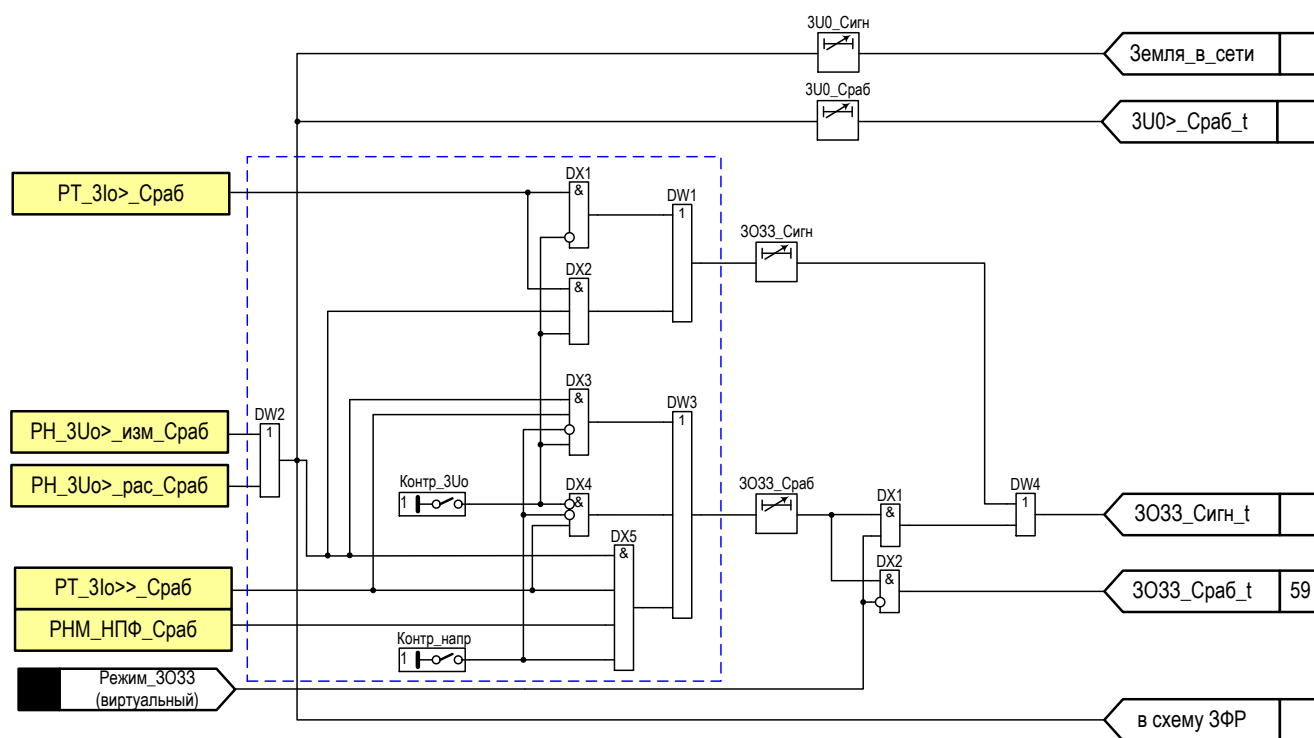


Рисунок 18 – Функциональная схема реализации в терминале сигнализации и защиты от однофазного замыкания на землю для сети с изолированной нейтралью

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

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	
Инв. № подл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ОЗЗ выполнена с использованием контроля величины напряжения нулевой последовательности промышленной частоты (3U0).

1.5.6.1.1 Сигнализация о возникновении ОЗЗ формируется при появлении сигнала «Земля в сети» (факту срабатывания ИО «3U0>») и набору выдержки времени на срабатывание - «3U0_Сигн». Выдержка времени «3U0_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 «3U0>_изм» является измерительным органом максимального действия и осуществляет сравнение действующего значения, подводимого к нему напряжения нулевой последовательности (3U₀) промышленной частоты с заданной уставкой срабатывания. Характеристики ИО напряжения «3U0>_изм» приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Характеристики ИО напряжения 3ОЗЗ – «3U0>_изм»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	0,15 - 135	0,01	30
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 «3U0_изм>» 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 [9;10].

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 44
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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 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.

1.5.6.1.4 ИО «РН_3U0>_рас» реагирует на действующее значение вектора напряжения нулевой последовательности фаз. Расчет вектора напряжения нулевой последовательности в ИО «РН_3U0>_рас» производится на основании замера трехфазной системы напряжений по формуле

$$\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \quad (14)$$

Таблица 29 – Характеристики ИО «РН_3U0>_рас»

Наименование параметра	Диапазоны уставок	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Напряжение срабатывания, В	0,3 – 264	0,01	30
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		0,03	
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 10 7 10	

1.5.6.2 Токовая ненаправленная защита нулевой последовательности 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 промышленной частоты тока нулевой последовательности ($3I_0$) промышленной частоты защищаемого присоединения (с одной воздействующей входной величиной).

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

Подп. и дата	Петрова 20.06.19			
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 30 – 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	

1.5.6.2.2 Логический сигнал о срабатывании защиты формируется при появлении сигнала «3O33_Сраб», сформированного по факту срабатывания ИО «РТ_3I0>>_Сраб» и набору заданной выдержки времени на срабатывание «3O33_Сраб». Характеристики измерительного органа «РТ_3I0>>_Сраб» приведены в таблице 30.

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 (Inб) и собственного емкостного тока защищаемого присоединения (Iс.защ.пр). Так как по своей природе ток небаланса (Inб) имеет случайную фазу, а частота тока Inб равна промышленной частоте, то влияние Inб на защитные функции ТЗНП наиболее сильно проявляется на объектах с суммарным емкостным током замыкания (Iс_з не более от 1 до 2 А), то есть там, где расчетная уставка срабатывания защиты становится соизмерима с величиной Inб. Большое влияние на величину 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 (Iа), обеспечиваемый резистором в нейтрали сети при возникновении однофазного замыкания на землю, значительно больше ожидаемого тока небаланса ТТНП (Iа>>Inб).

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 $3U_0$.

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 46
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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_{Σ}). При коэффициенте чувствительности, равном 1,5, допустимое значение ($C_{фид}/C_{\Sigma}$) составляет около 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 градусов.

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 ($k_{\Sigma}=2$).

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.

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 $k_{\Sigma}=1,2$ соответствует случаю для защит с действием на сигнал и $k_{\Sigma}=1,5$ для защит с действием на отключение).

1.5.6.3 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)

1.5.6.3.1 ТНЗНП предназначена для выявления однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью. Защита выполнена с двумя воздействующими входными величинами и основана на контроле фазных соотношений между напряжением ($3U_0$)

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 47
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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: $I_{с.фид}/I_{с\Sigma} \leq 0,15$), определяемые соотношением между суммарным емкостным током сети ($I_{с\Sigma}$) и собственным емкостным током защищаемого фидера ($I_{с.фид}$).

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

- прямое направление (ОЗЗ в защищаемом направлении):

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

- обратное направление (ОЗЗ «за спиной»):

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

где $\varphi \Sigma$ – 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 не более 5 % от реактивной емкостной мощности нулевой последовательности и практически не влияют на величину и угол сопротивления нулевой последовательности. Поэтому токи $3I_0$ неповрежденных присоединений в сети с любым режимом заземления нейтрали опережают напряжение нулевой последовательности ($3U_0$) на угол примерно равный 90° .

В сети с изолированной нейтралью ток нулевой последовательности в поврежденном присоединении ($3I_{0,повр}$) равен сумме токов ($3I_{0,неп}$) всех неповрежденных присоединений, взятых с обратным знаком, то есть отстает от напряжения $3U_0$ на угол примерно равный 90° . 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° .

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

$$3I_{0пов} > I_{ос.з.min};$$

$$3U_0 > U_{ос.з};$$

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

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

где φ_3 – угол между подведенными к защите первичным напряжением ($3U_0$) и током ($3I_0$) нулевой последовательности; $I_{0c.з.min}$ – уставка по току срабатывания; $U_{0c.з}$ – 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 ($3I_{0.неп}$) 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° и 180° (при низкоомном резистивном заземлении $R_N \ll X_{C\Sigma}$). Токи нулевой последовательности ($3I_{0.неп}$) в неповрежденных присоединениях имеют емкостной характер, как и в сети с изолированной нейтралью, и опережают напряжение ($3U_0$) на угол примерно равный 90° .

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 ($3I_{0.неп}$) сохраняют емкостной характер и опережают напряжение ($3U_0$) примерно на 90° , 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° . 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 высших гармонических составляющих в токе нулевой последовательности, наложение на первичную сеть вспомогательного тока не промышленной 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.

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

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

90° каждая. Угол $\varphi_{МЧ}$ отсчитывается от вектора тока против часовой стрелки, а рекомендации по его выбору приведены выше.

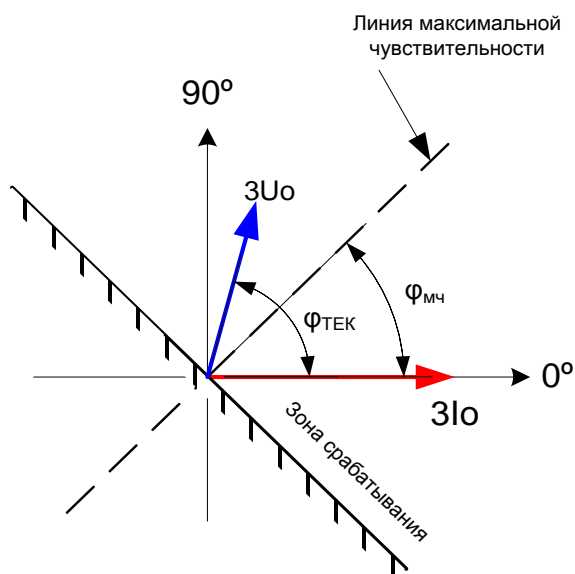


Рисунок 19 – Векторная диаграмма РНМ нулевой последовательности

Таблица 31 – Характеристики РНМ нулевой последовательности ЗОЗЗ – 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
Коэффициент возврата регулируется в диапазоне	0,5 – 1	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	
Погрешности зоны срабатывания: -основная погрешность определения границ зоны срабатывания, градус, не более -дополнительная погрешность определения границ зоны срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, градус, не более -дополнительная погрешность определения границ зоны срабатывания в расширенном диапазоне частот, градус, не более - от 3 до 47 Гц - от 53 до 80 Гц	0,5 1 0,5 1	

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

50

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 ($3I_0 \gg \text{Сраб}$);
- 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 Реле тока нулевой последовательности фаз « $3I_0 \gg \gg$ » по принципу действия является максимальным. Характеристики ИО « $3I_0 \gg \gg$ » приведены в таблице 30.

1.5.7.3 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).

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

$$3\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C, \quad (15)$$

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

Характеристики ИО «РТ ТОНП» приведены в таблице 32.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19		Лист
			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	51
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Таблица 32 – 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	

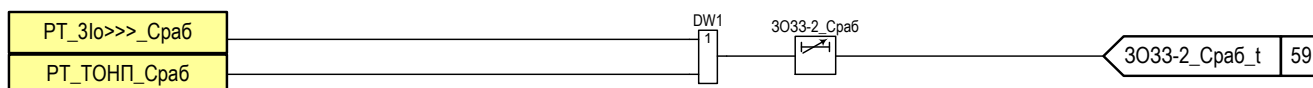


Рисунок 20 – Функциональная схема реализации в терминале защиты от двойного замыкания на землю (3O33-2)

Таблица 33 – Выдержки времени

Имя	Название	Диапазон значений* (от 0 до 9999 с)
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.

1.5.8 Защита от феррорезонанса

1.5.8.1 Защита от феррорезонанса используется при наличии ТН с антирезонансной группой, например НАЛИ-СЭЩ-6(10)-1(2), в конструкцию которого входит трансформатор нулевой последовательности (ТНП), выполняющий функцию защиты измерительного блока литых трансформаторов от феррорезонансных процессов и перемежающихся дуговых замыканий на землю*.

Трансформатор ТНП - однофазный двухобмоточный заземляемый трансформатор напряжения с разделенными на два стержня обмотками. Он имеет три плоских контактных вывода первичной обмотки, электрически связанных между собой внутри трансформатора.

* Выполнена на основании рекомендаций изложенных в [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.8.2 Выводы вторичной обмотки ТНП «о – од» закорочены посредством контактов реле KL4 (см. 36-2016-РЗА.ТПР «Типовые проектные решения ячеек КРУ-6(10) кВ с микропроцессорным устройством ЭКРА 217»), контакты которого в нормальном режиме работы шунтируют вторичную обмотку ТНП. В этом режиме обмотка ВН ТНП имеет только активное сопротивление.

1.5.8.3 Защита работает следующим образом. При замыкании однофазном замыкании на землю, при отсутствии ФРП, напряжение на выводах «ад – зд» разомкнутого треугольника повышается до 100В, срабатывает ИО «РН_3U0>_изм_Сраб» или «РН_3U0>_рас_Сраб», передавая сигнал о нарушении изоляции в питающей сети. При этом ИО «РН_3U0>_3ФР_изм_Сраб» или «РН_3U0>_3ФР_рас_Сраб» не срабатывает и размыкания контактов реле KL во вторичной обмотке ТНП не происходит. Поэтому падение напряжения на высоковольтной обмотке ТНП незначительно и ток закороченной вторичной обмотки не превышает его номинального значения.

При замыкании одной из фаз на землю и возникновении ФРП срабатывают ИО «РН_3U0>_3ФР_изм_Сраб» или «РН_3U0>_3ФР_рас_Сраб», срабатывает промежуточное реле KL4, контакты которого размыкаются, дешунтируя вторичную обмотку ТНП. При этом резко увеличивается индуктивное сопротивление первичной обмотки ТНП, включенной в нейтраль высоковольтных обмоток ТН, и ФРП автоматически устраняется. Сигнал «3ФР_Сраб_t» формируется до тех пор, пока не устраниться однофазное замыкание на землю (см. рисунок 21). Только устранение замыкания на землю вызывает автоматический возврат схемы в исходное положение.

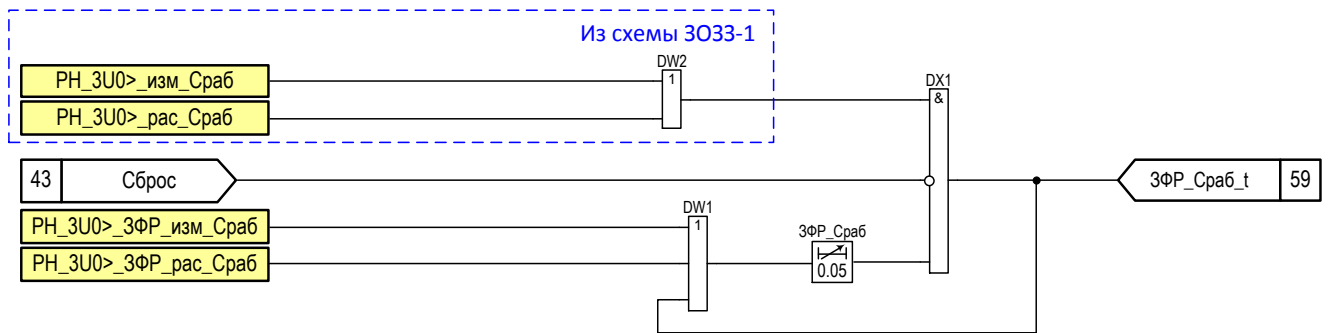


Рисунок 21 - Функциональная схема реализации в терминале защиты защиты от феррорезонанса (ЗФР)

Таблица 34 – Выдержки времени ЗФР

Имя	Название	Диапазон значений* (от 0 до 9999 с)
3ФР_Сраб	Выдержка времени на срабатывание	Значение по умолчанию: 0,05 с.
*Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.		

1.5.8.4 Принцип работы ИО «РН_3U0>_3ФР_изм»

По принципу действия ИО аналогичен ИО «РН_3U0>_изм» (см. 1.5.6.1.2).

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.8.5 Принцип работы ИО «РН_3U0>_3ФР_рас»

По принципу действия ИО аналогичен ИО «РН_3U0>_рас» (см. 1.5.6.1.4).

1.5.9 Защита от несимметричного режима (ЗНР)

1.5.9.1 ЗНР выполнена одноступенчатой с независимой выдержкой времени на срабатывание (см. таблицу 36). Воздействие по факту срабатывания защиты может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31). Функциональная схема приведена на рисунке 22.

1.5.9.2 Защита подключается к трехфазной группе аналоговых цепей «I Y» (см. схему подключения). В случае отсутствия ТТ в фазе В защита должна быть выведена.

1.5.9.3 Защита может быть применена для контроля целостности фаз первичных и вторичных цепей присоединений, имеющих двигательную нагрузку и/или генератор. Это предотвращает перегрузку (с дальнейшим выходом из строя) при обрыве фазы.

1.5.9.4 ИО «РТ_ЗНР» реагирует на величину отношения тока обратной последовательности I_2 к току прямой последовательности I_1 , рассчитанных по формулам (16) и (17). Характеристика ИО «РТ ЗНР» приведена в таблице 35.

$$i_1 = \frac{1}{3}(i_A + i_B \cdot e^{j120^\circ} + i_C \cdot e^{-j120^\circ}), \quad (16)$$

$$i_2 = \frac{1}{3}(i_A + i_B \cdot e^{-j120^\circ} + i_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (17)$$

где e^{-j120° - оператор поворота вектора на 240° ;

e^{j120° - оператор поворота вектора на 120° .

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 (18). В ИО предусмотрен контроль минимального значения тока I_1 , при котором производится расчет соотношения (уставка задается в номиналах).

$$K < \frac{|I_2|}{|I_1|} \cdot 100 \% \quad (18)$$

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

Рекомендуемая уставка то току 25 % номинального тока присоединения (на основании условия допустимой по ГОСТ 32144-2013 несимметрии питающей сети).

Уставка по времени срабатывания защиты должна быть отстроена от максимального времени действия защит при междуфазным КЗ. Так, при времени действия резервных защит питающей сети 3,5 с, рекомендуемая уставка по времени принимается на (0,5 - 1,0) с больше.

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 54
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 35 – 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	

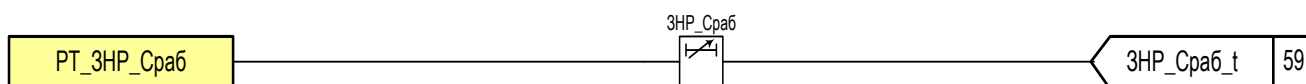


Рисунок 22 - Фрагмент функциональной схемы ЗНР

Таблица 36 – 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.

1.5.10 Контроль исправности цепей переменного тока (КИТ)

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

- по факту срабатывания ИО «КИТ»;
- по факту срабатывания ИО «РТ ЗНР» и отсутствию срабатывания ИО «U2» (см. 1.5.9.4, 1.5.5.3).

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

1.5.10.3 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_γ).

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Срабатывание ИО «КИТ» происходит при превышении уставки разностью значений вычисленного и измеренного тока нулевой последовательности.

$$I_{del} = \frac{1}{3} \cdot |(3i_0 - i_{ТТНП1})| = \frac{1}{3} \cdot |(i_A + i_B + i_C) - K_0 \cdot (i_{ТТНП1})|, \quad (19)$$

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

$K_0 = I_{ном.У} / I_{ном.ТТНП1}$ – коэффициент приведения, учитывающий различия в номинальных токах вторичных обмоток ТТ и ТТНП. Параметры $I_{ном.У}$ и $I_{ном.ТТНП1}$ являются параметрами аналоговых входов, значение которых определяется типом ТН (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:

$$|I_T| = \max(|i_A|, |i_B|, |i_C|), \quad (20)$$

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

Характеристика срабатывания ИО «КИТ» приведена на рисунке 23.

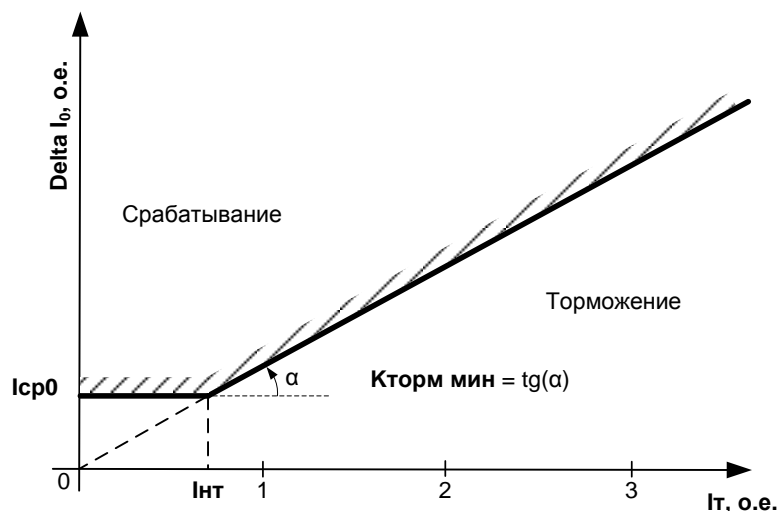


Рисунок 23 – Характеристика срабатывания ИО «КИТ»

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 37 – Характеристики ИО «КИТ»

Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок			Значение по умолч.
			мин	макс	шаг	
Начальный ток срабатывания	$I_{ср0}$	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			5			
- основная погрешность уставки K срабатывания, %, не более			10			
- дополнительная погрешность уставки K срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более			7			
- дополнительная погрешность уставки K срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более			10			
- от 3 до 47 Гц						
- от 53 до 80 Гц						

Рекомендуемое значение уставки $K_T = 0$.

Таблица 38 - 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.

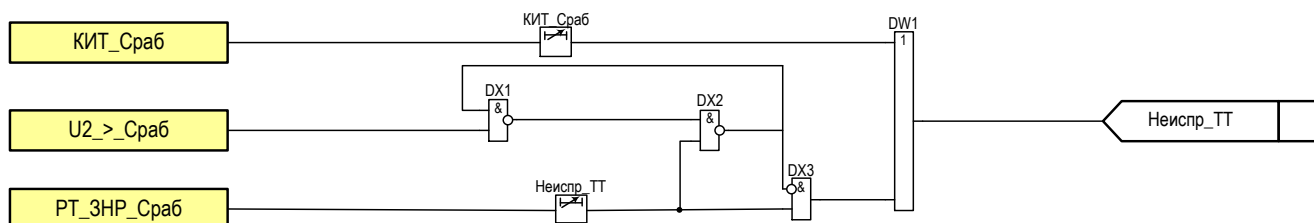


Рисунок 24 – Фрагмент функциональной схемы КИТ

1.5.11 Защита от минимального напряжения (ЗМН)

1.5.11.1 Защита минимального напряжения может быть предусмотрена в некоторых случаях для защиты одиночно работающего генератора от многофазных КЗ в случае отсутствия нулевых выводов статора генератора [11].

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

1.5.11.3 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» - УУ.

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

Петрова 20.06.19

008/ЭТ

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.11.4 Воздействие каждой из ступеней может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31). Длительность срабатывания ограничена формирователем импульсов с прерыванием. Действие ЗМН блокируется при наличии сигнала «ЗМН заблокировано», формирующегося при наличии неисправности цепей напряжения (см. 1.5.31) или наличии внешнего дискретного сигнала «Блокировка ЗМН».

1.5.11.5 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 25.

Таблица 39 – 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.

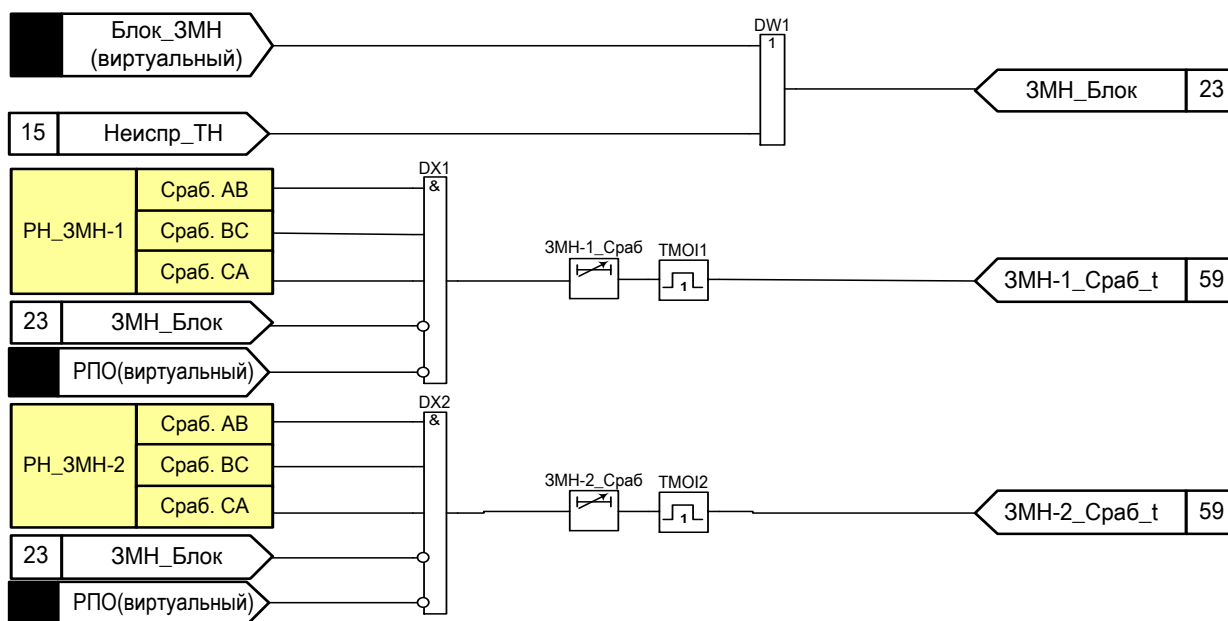


Рисунок 25 – Фрагмент функциональной схемы ЗМН

1.5.12 Защита от повышения напряжения (ЗПН)

1.5.12.1 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. 1.5.31).

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

1.5.12.2 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» - УУ Срабатывание ЗПН происходит при превышении любым из измеряемых линейных напряжений уставки срабатывания и наборе выдержки времени на срабатывание. Функциональная схема ЗПН приведена на рисунке 26. Характеристики ИО приведены в таблице 41 .

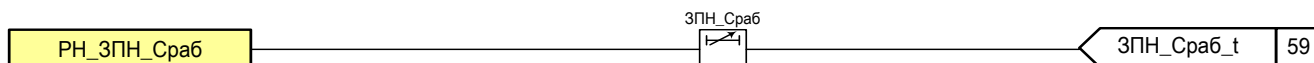


Рисунок 26 - Фрагмент функциональной схемы ЗПН

Таблица 40 – 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 41 – 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	

1.5.13 Контроль напряжения

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

1.5.13.2 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.

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Зам.	ЭКРА.1198-2019
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	20.06.19

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Характеристики ИО приведены в таблицах 41 , 25. Формирование сигнала «Контроль отсутствия напряжения» блокируется при наличии неисправности цепей напряжения.

Таблица 42 – Программные накладки схемы контроля напряжения

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

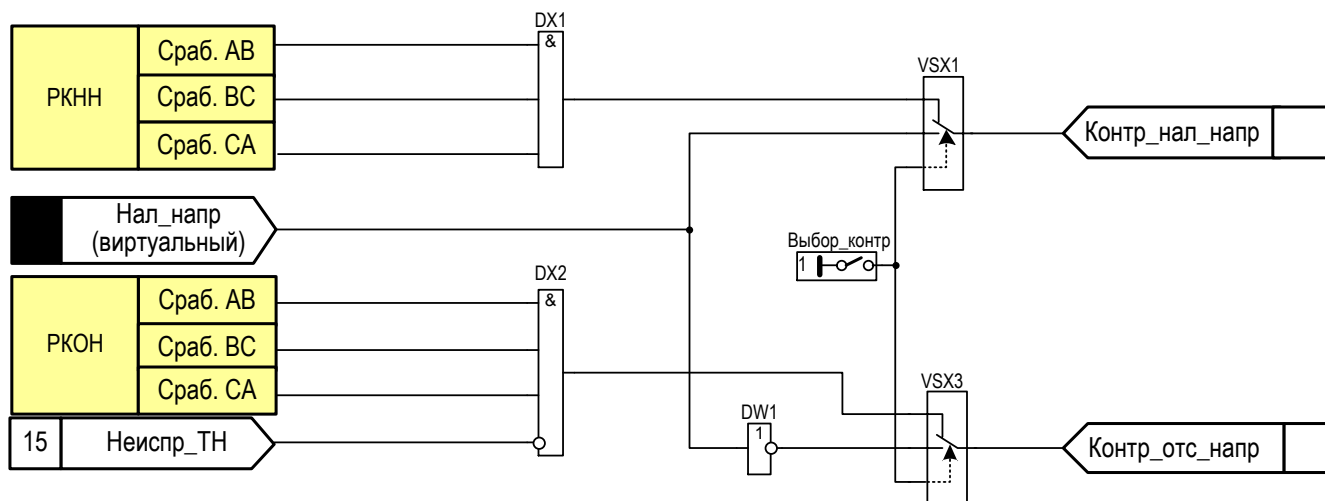


Рисунок 27 – Фрагмент функциональной схемы контроля напряжения

1.5.14 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

1.5.14.1 УРОВ служит для резервирования отказа выключателя при действии защит.

1.5.14.2 При действии «внешних» защит (сигнал «Внешнее УРОВ») формируется сигнал «УРОВ на себя», который действует в цепь отключения. Тем самым выполняется функция резервирование «нижестоящего» выключателя, который по каким либо причинам не смог отключиться при действии «своих» защит. В зависимости от состояния программных накладок сигнал «УРОВ на себя» может быть выполнен с контролем тока, а также являться пусковым условием для собственной схемы УРОВ. Контроль тока осуществлен по срабатыванию ИО токовых защит (сигнал «Пуск МТЗ»). При длительном наличии сигнала «Внешнее УРОВ» формируется сигнализация о неисправности в цепи УРОВ. Время, определяющее наличие неисправности в цепи УРОВ, задается соответствующей выдержкой времени, уставка которой должна быть больше чем время действия всех «нижестоящих» защит с учетом времени отключения выключателей.

1.5.14.3 При срабатывании защит возможно формирование пуска схемы УРОВ защищаемого присоединения (оперативный вывод УРОВ осуществляется с использованием одноименного дискретного входа). Перечень защит, формирующих пуск схемы УРОВ, конфигурируется с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31).

1.5.14.4 Структурная схема организации УРОВ приведена на рисунке 28 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании). Схема выполнена с применением асинхронного RS-триггера с приоритетом по R (DS1). Пусковым условием является общий

Инв. № подл.	008/Э7
	Петрова 20.06.19
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

сигнал «Запуск УРОВ», который формируется посредством «Матрицы отключения», а также наличие дискретного сигнала «Внешнее УРОВ» от устройства защиты отходящих присоединений секции. Сброс триггера происходит после возврата РТ_УРОВ, свидетельствующего об отсутствии тока в защищаемой цепи. Если в течение выдержки времени «УРОВ_Запуск» не произойдет сброс триггера (факт наличия отказа выключателя), сформируется сигнал «УРОВ_Запуск», который подействует на реле «Запуск_УРОВ», которое своими контактами сформирует сигнал на вышестоящий терминал защиты. При отсутствии дискретного сигнала «Ввод_УРОВ» сигнал «УРОВ_Запуск» не формируется.

При наличии дискретного сигнала «Внешнее_УРОВ» происходит формирование сигнала «УРОВ_на_себя», который подействует на отключение «своего» выключателя. Если этот дискретный сигнал не исчезнет в течение выдержки времени «Неиспр_внеш_УРОВ», сформируется сигнал «Неисправность_внешнего_УРОВ», который просигнализирует о неисправности нижестоящего устройства защиты.

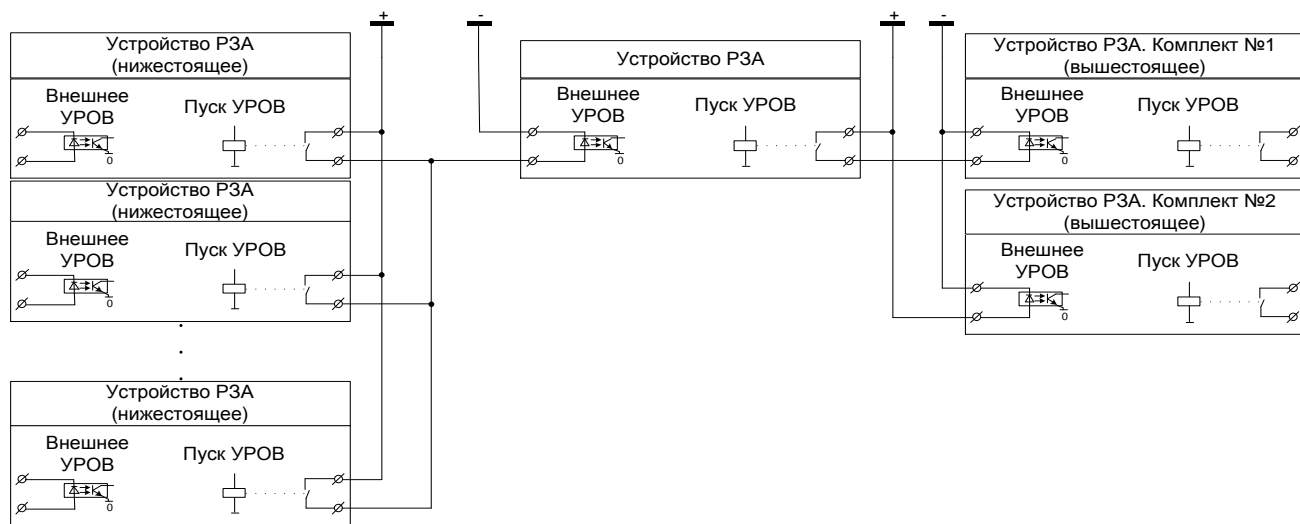


Рисунок 28 – Структурная схема УРОВ

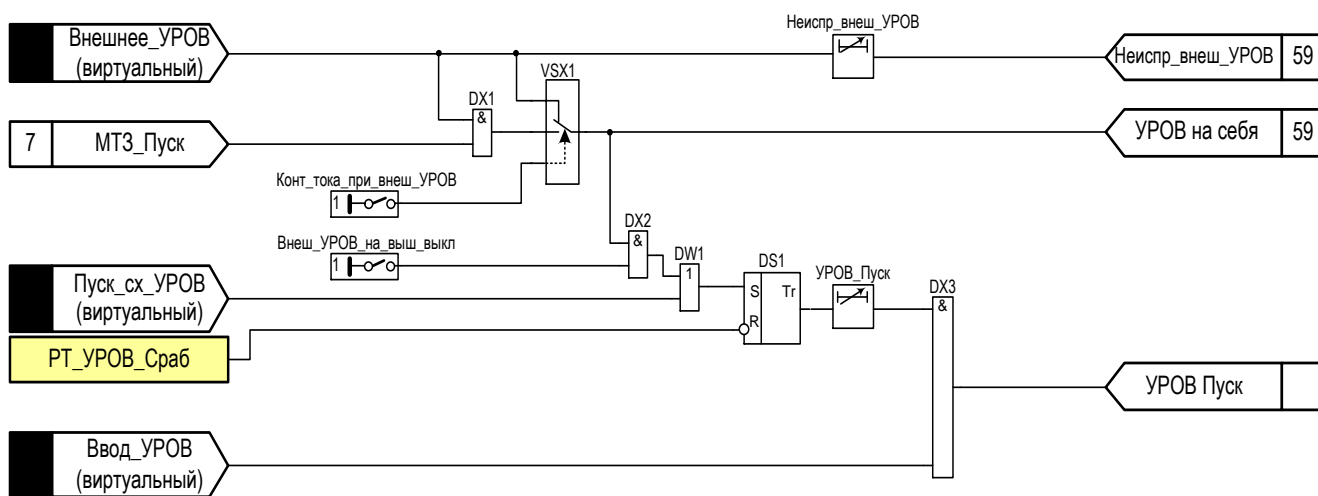


Рисунок 29 - Фрагмент функциональной схемы УРОВ

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 43 – Программные накладки УРОВ

Имя	Название	Состояние
Конт_тока_при_внеш_УРОВ	Контроль тока при внешнем УРОВ	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен
Внеш_УРОВ_на_выш_выкл	Внешний УРОВ на вышестоящий выключатель	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен

Таблица 44 – Выдержки времени УРОВ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Неиспр_внеш_УРОВ	Регулируемая выдержка времени на срабатывание для фиксации наличия неисправности в цепях внешнего УРОВ	15	1 – 120
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.

1.5.15 Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ)

1.5.15.1 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). Структурная схема организации ЗДЗ приведена на рисунке 30 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании).

1.5.15.2 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.

1.5.15.3 ЗДЗ имеет две независимые выдержки времени на срабатывание (см. таблицу 46), воздействия после набора каждой из них могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31).

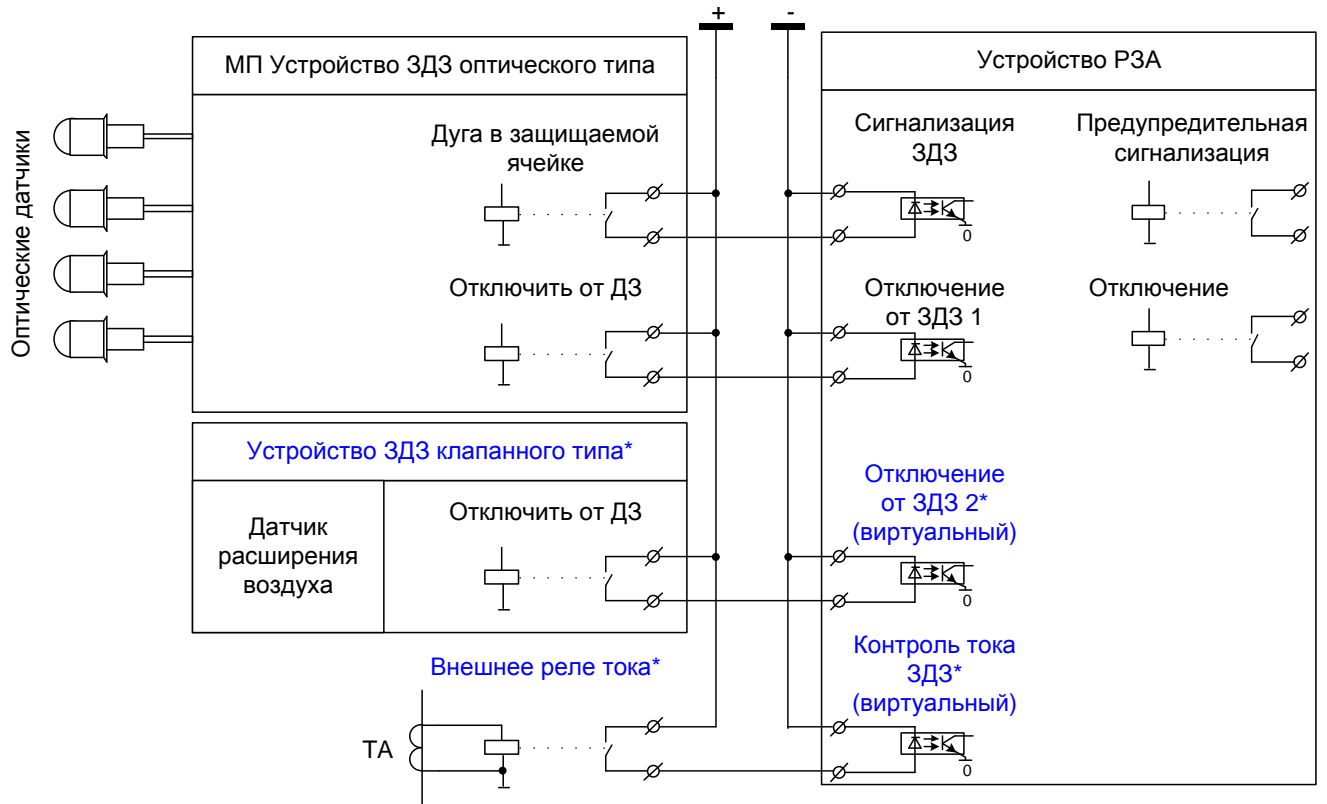
1.5.15.4 Для повышения удобства обслуживающего персонала при выявлении места возникновения дугового замыкания в терминалах предусмотрена возможность сигнализации о месте замыкания. Для этого используется дискретный вход «Сигнализация ЗДЗ», подключенный к централизованному устройству дуговой защиты. Для исключения ложных срабатываний цепи сигнализации в логике формирования сигнализации ЗДЗ предусмотрена одноименная выдержка времени на срабатывание.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 45 – Программные накладки ЗДЗ

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



* Необходимость уточняется при конкретном проектировании

Рисунок 30 – Структурная схема ЗДЗ

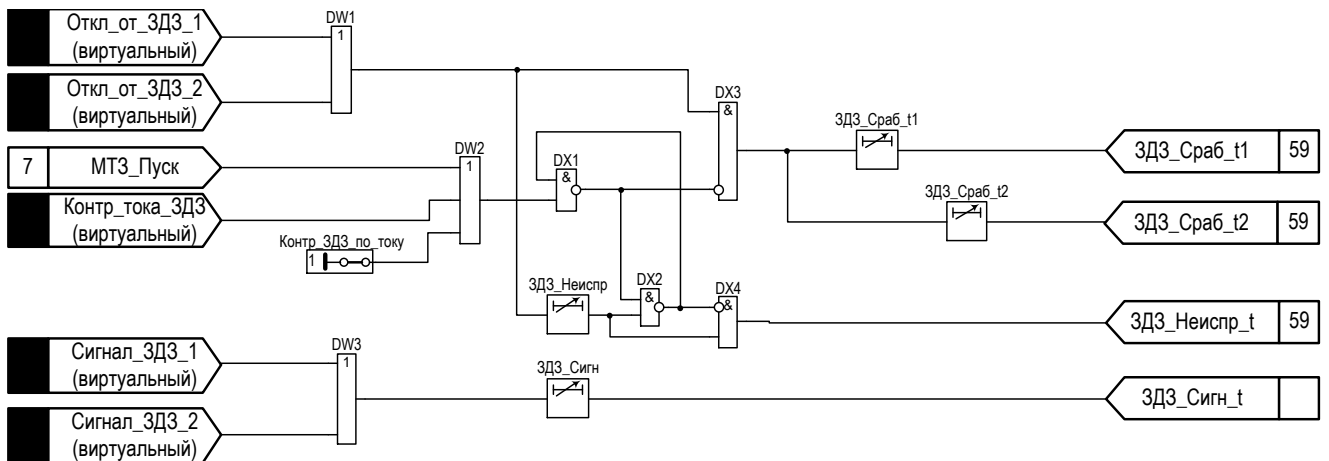


Рисунок 31 - Фрагмент функциональной схемы ЗДЗ

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 46 – 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 Цепи управления

1.5.16.1 Структурная схема подключения цепей управления (ЦУ) высоковольтным выключателем, управление которым основано на применении соленоидов управления, приведена на рисунке 37. Данная схема подключения цепей управления позволяет диагностировать ее исправность посредством контроля наличия и/или отсутствия сигналов «РПО» и «РПВ».

1.5.16.2 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 37, 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!

1.5.16.3 Варианты подключения ЦУ к терминалу приведены в 36-2016-РЗА.ТПР «Типовые проектные решения ячеек КРУ-6(10) кВ с микропроцессорным устройством ЭКРА 217».

1.5.16.4 Работа цепи управления выключателем представлена на рисунках 38, 39, 40.

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

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

выключателя (когда отключение выключателя произошло без участия устройства РЗА). При необходимости контроль фиксации команды может быть задействован для организации световой сигнализации.

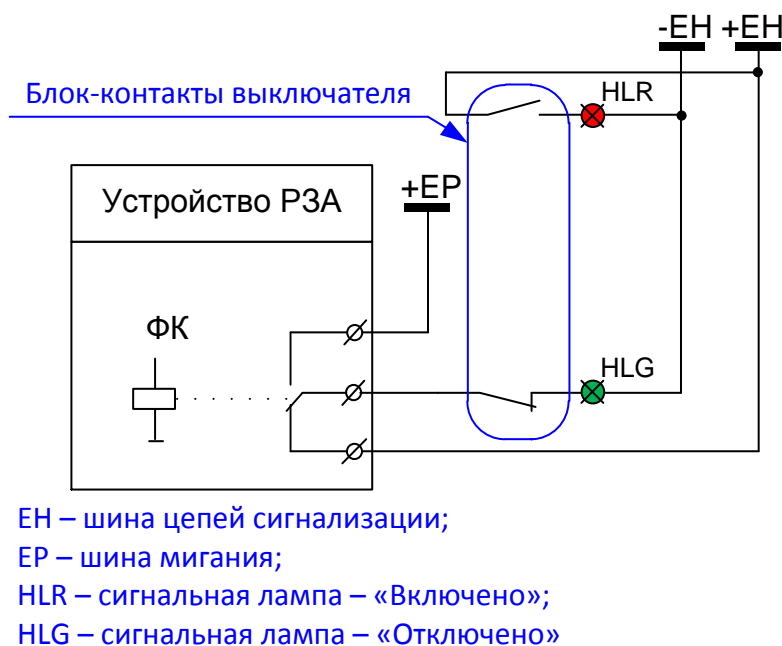


Рисунок 32 – Обобщенная структурная схема цепей световой сигнализации

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».

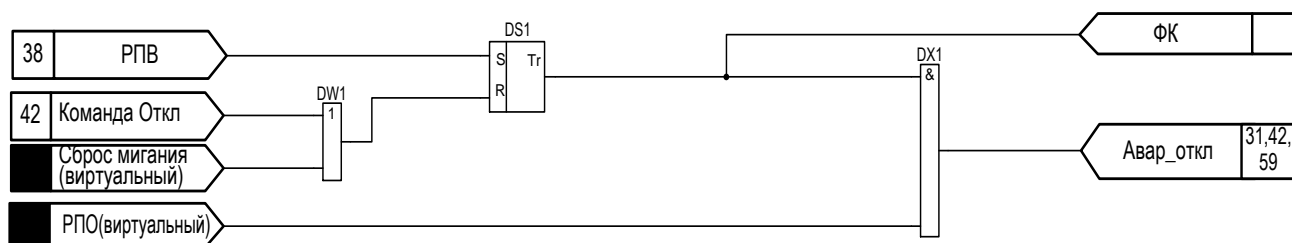


Рисунок 33 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного отключения

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

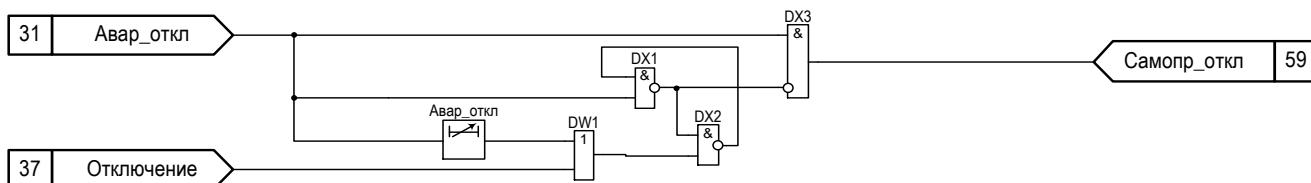


Рисунок 34 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного отключения

1.5.16.5 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного отключения выполнена в соответствии с рисунком 34.

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

1.5.16.7 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.

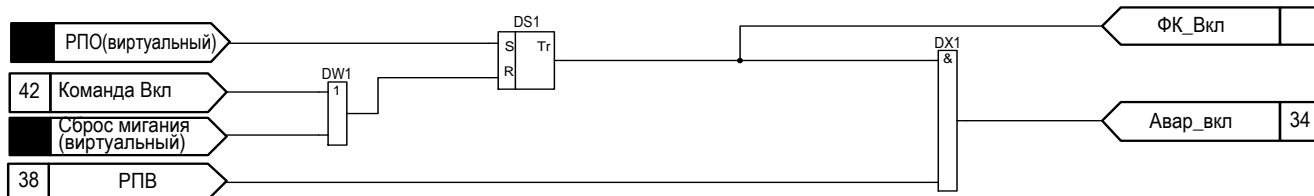


Рисунок 35 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного включения

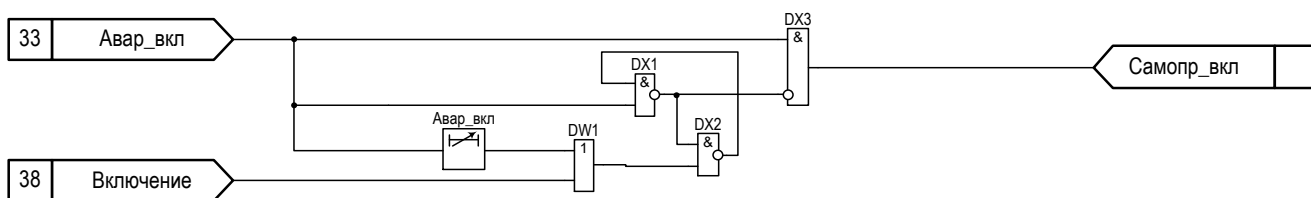


Рисунок 36 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного включения

1.5.16.8 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного включения выполнена в соответствии с рисунком 36.

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

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19
		Взам. инв. №	
Инв. № дубл.		Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.16.10 Предусмотрена работа контроля цепей управления в соответствии с рисунком 38.

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 39 и 40;
- 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 48);
- 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 47)!

Инв. № подл.	008/Э7				Лист		
	4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова		20.06.19	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19				Лист		
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.					Лист		
Подп. дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	67

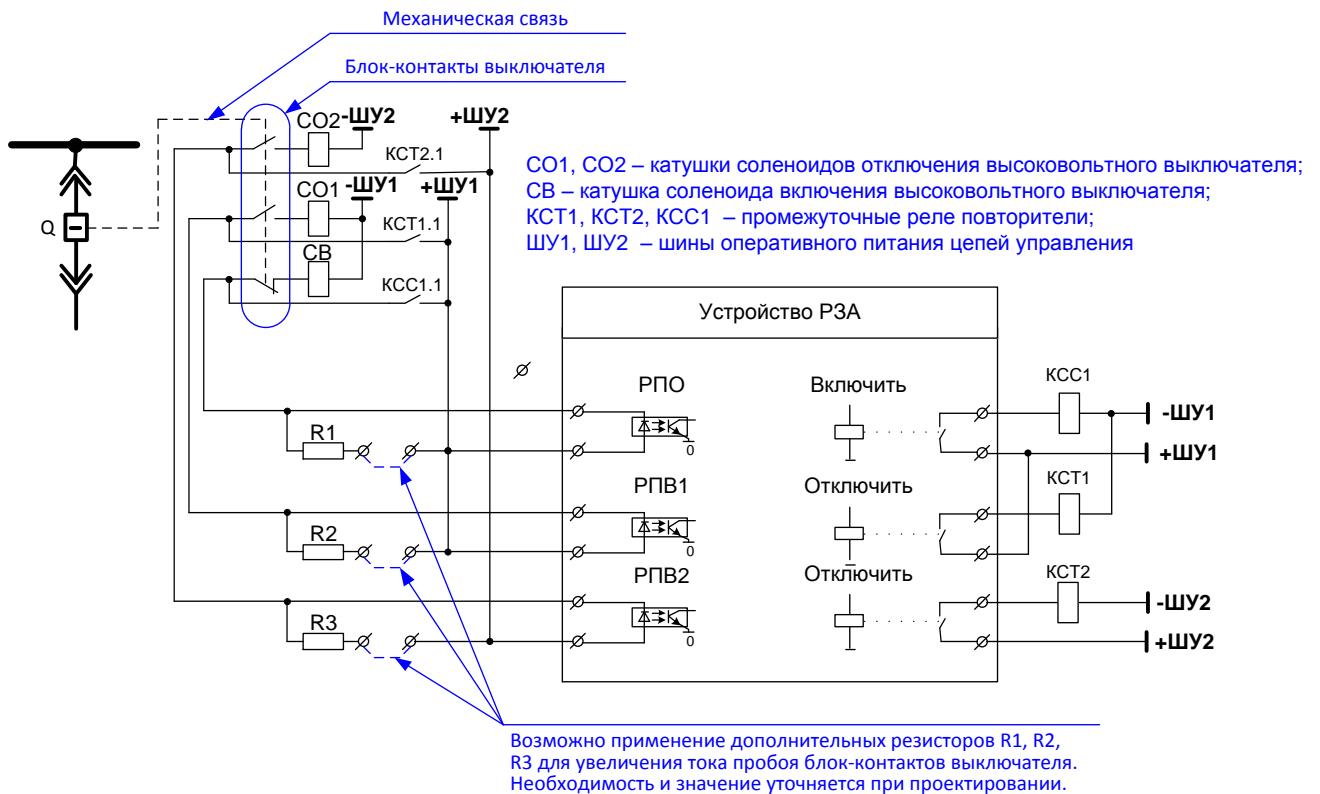


Рисунок 37 – Обобщенная структурная схема соединений цепей управления высоковольтного выключателя с применением катушек управления

Таблица 47 – Программные накладки контроля ЦУ

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

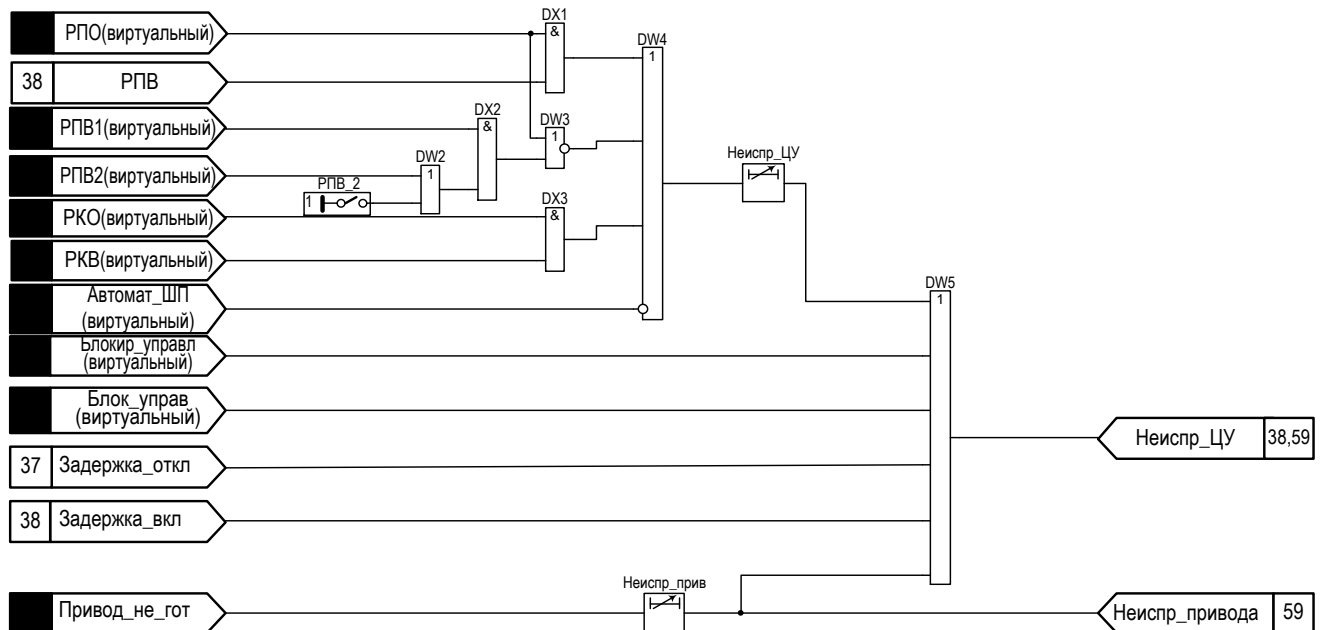


Рисунок 38 – Фрагмент функциональной схемы контроля цепей управления (ЦУ)

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Таблица 48 – 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.

1.5.17 Цепи отключения выключателя

1.5.17.1 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.

1.5.17.2 Функциональная схема цепей отключения выключателя приведена на рисунке 39.

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

1.5.17.4 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.

1.5.17.5 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», 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».

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Таблица 49 – 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 50 – Программные накладки ЦО

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

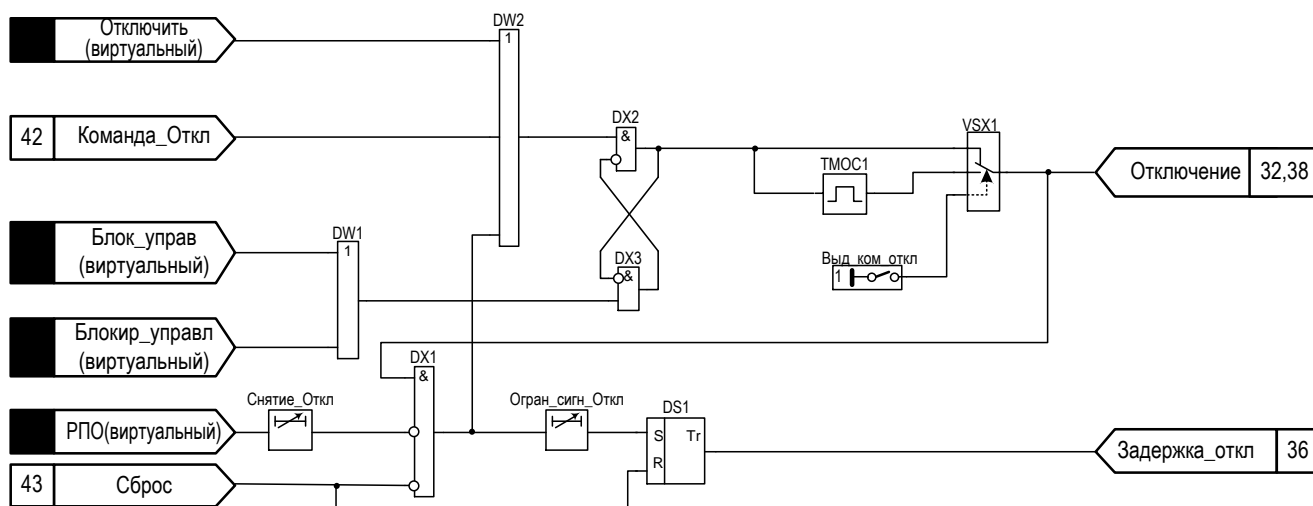


Рисунок 39 – Фрагмент функциональной схемы ЦО

1.5.18 Цепи включения выключателя

Функциональная схема цепей включения выключателя приведена на рисунке 40.

Сигнал «Включение» формируется при возникновении следующих ситуаций:

- появление команды «Включение».

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

- появление сигнала «Отключение»;
- появление сигнала «Блокировка управления»;
- появление сигнала «Привод_не_готов»;
- появление сигнала «Неиспр_ЦУ»;
- появление сигнала «Запрет включения»;

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инд. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

– появление сигнала «Блокировка включения» (сигнал, конфигурируемый с помощью матрицы отключений).

При отсутствии блокирующих сигналов и наличии команды на включение формируется сигнал «Включение», действующий на выходное реле терминала, которое в свою очередь коммутирует цепь включения выключателя. Для повышения помехоустойчивости с помощью выдержки времени на возврат «На_снятие_Вкл» обеспечивается подхват сигнала «Включения» до полного включения выключателя. После включения выключателя с помощью его блок-контактов обеспечивается разрыв цепи питания катушки включения и подготовка цепи питания катушки отключения. Если после возникновения сигнала «Включение» сигнал РПВ не формируется, по истечении выдержки времени «Огран_сигн_вкл» формируется сигнал «Задержка включения», который свидетельствует об отказе выключателя.

Таблица 51 – Программные накладки ЦВ

Имя	Название	Состояние
Контроль_тележки	Контроль тележки	1 - предусмотрен
		0 - не предусмотрен

Таблица 52 – Выдержки времени ЦВ

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон, с
На_снятие_вкл	Регулируемая выдержка времени на возврат минимальной длительности сигнала "Включить"	1	0 – 100
Снятие_Вкл	Регулируемая выдержка времени для подхвата сигнала "Включение"	0,1	0 – 100
Сбр_сигн_Вкл	Регулируемая выдержка времени на сброс сигнала "Включить"	2	0 – 10
Огран_сигн_Вкл	Регулируемая выдержка времени для ограничения длительности сигнала "Включение" и формирование отказа выключателя	1,5	0,1 – 10
Длит_сигн_вкл	Регулируемая выдержка времени на возврат минимальной длительности сигнала "Включить"	1	0 – 10
Задержка_РПО	Регулируемая выдержка времени на задержку РПО	0,1	0 – 100

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

Имя	Подп. дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инд. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

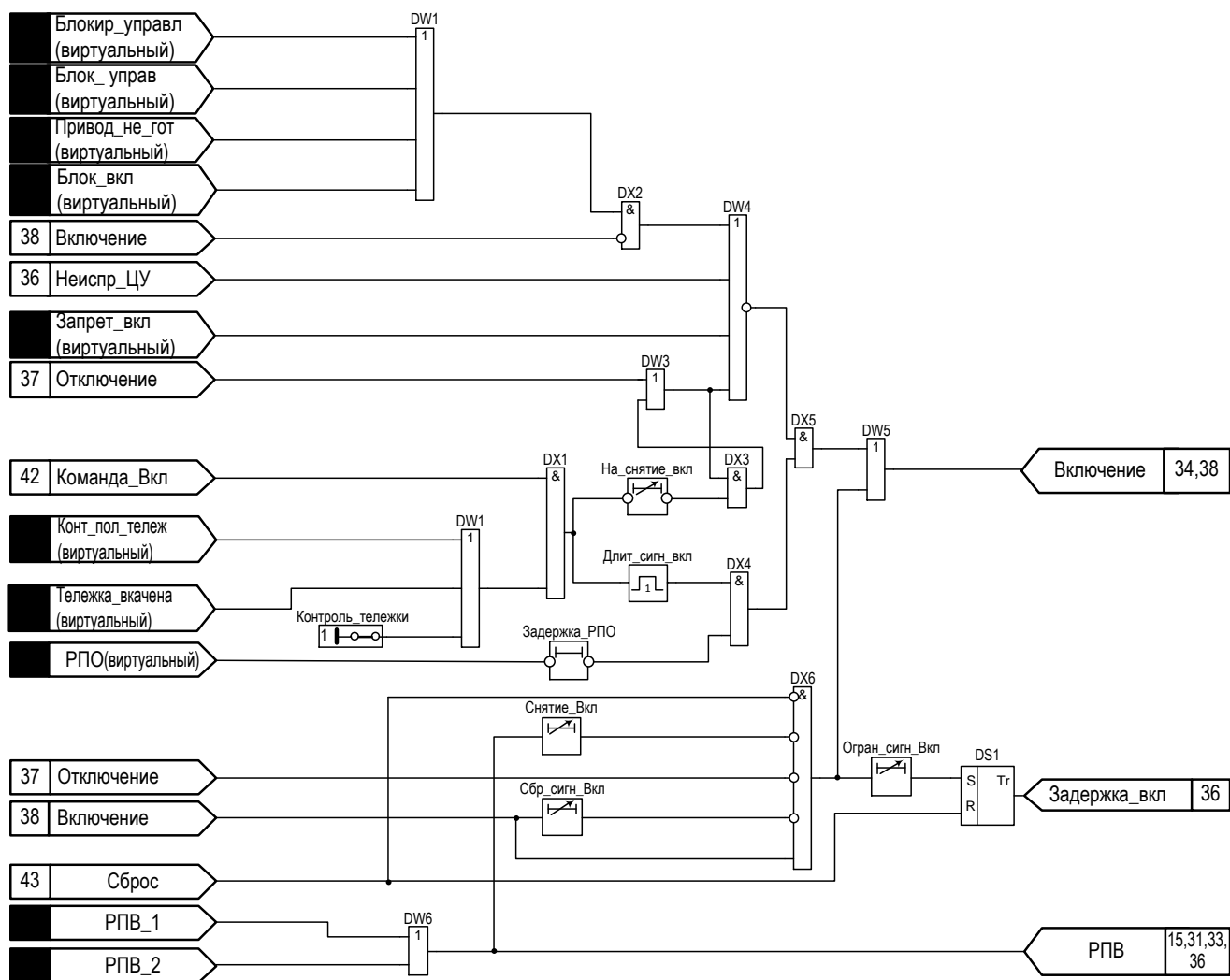


Рисунок 40 – Фрагмент функциональной схемы ЦВ

1.5.19 Внешнее отключение и подхват РПО

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

1.5.19.2 В соответствии с приведенной функциональной схемой сигнал «Внешнее отключение» формируется при срабатывании одноименных дискретных входов. При этом один из них является «жестко» привязанным, а еще два конфигурируемыми. Для корректной работы защит и/или функций, использующих в своей работе подхват сигнала «РПО», обязательным условиям является превышение величины выдержки времени «РПО» (см. таблицу 53) максимального значения выдержек времени на срабатывание соответствующих защит и/или функций.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

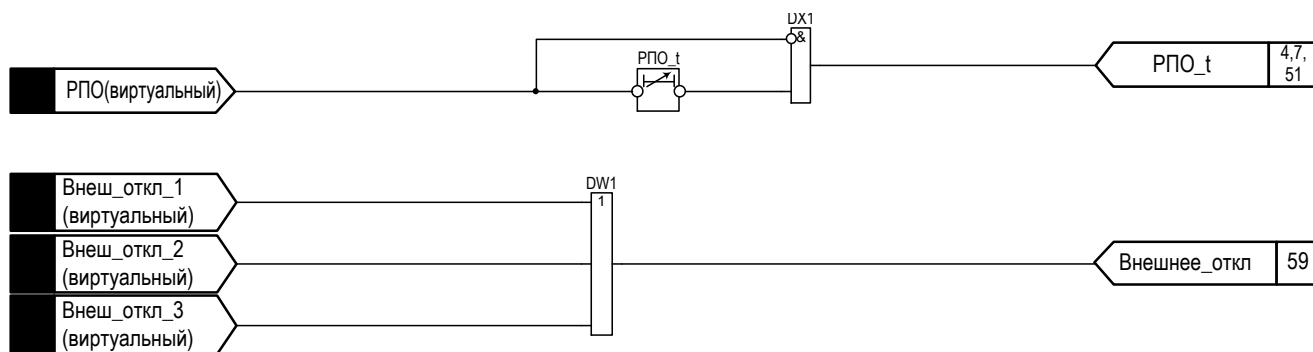


Рисунок 41 – Фрагмент функциональной схемы подхвата РПО и ограничения длительности сигнала внешнего отключения

1.5.19.3 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 53 – 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.

1.5.20 Формирование сигналов Команд «Отключить» и «Включить»

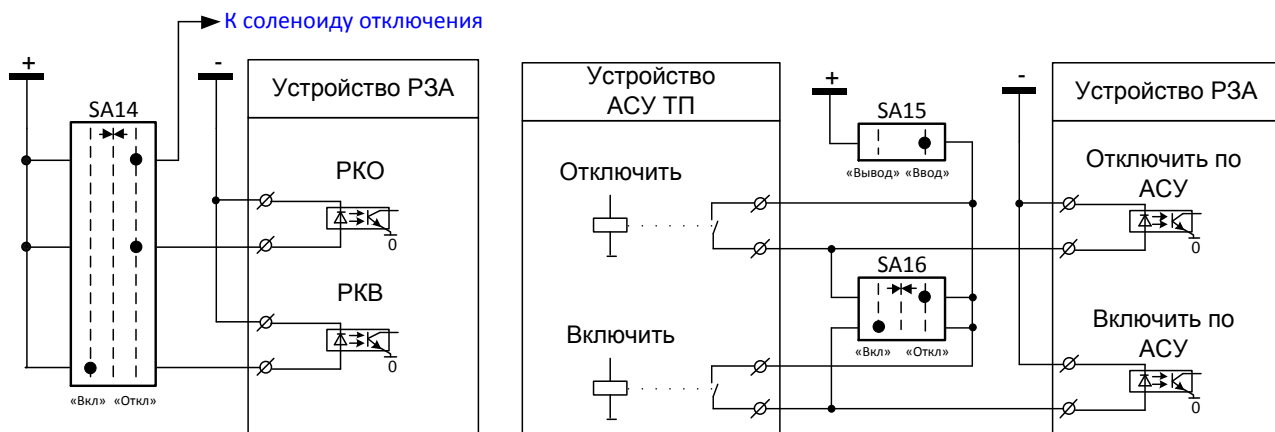
1.5.20.1 . Сигналы «Команда Включить» и «Команда Отключить» предназначены для нормального (не аварийного) управления коммутационным оборудованием (отключения и включения выключателя).

1.5.20.2 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 ниже (схема может быть уточнена при конкретном проектировании). Учет сигнала «Дистанционное управление» вводится с помощью программной накладки «Контроль сигнала дистанционное управление» (см. таблицу 54). 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».

1.5.20.3 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 54). 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.

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

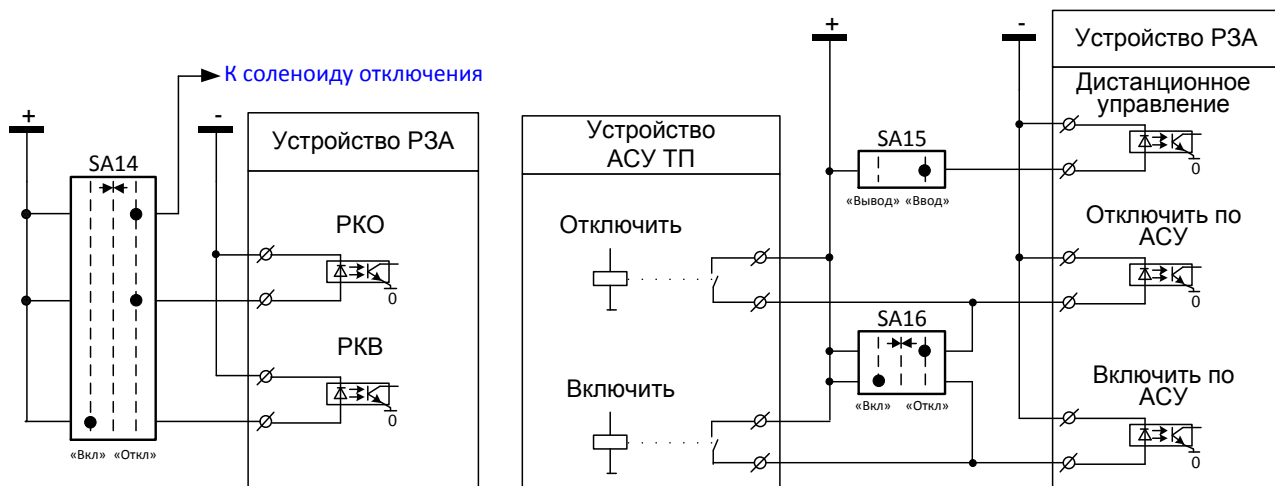


SA14 – Местный ключ управления
 SA15 – Ключ ввода дистанционного управления
 SA16 – Дистанционный ключ управления

Рисунок 42 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 1

Таблица 54 – 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 выключателя при наличии сигнала «Аварийное отключение»	1 - предусмотрено
		0 - не предусмотрено



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

Рисунок 43 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 2

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

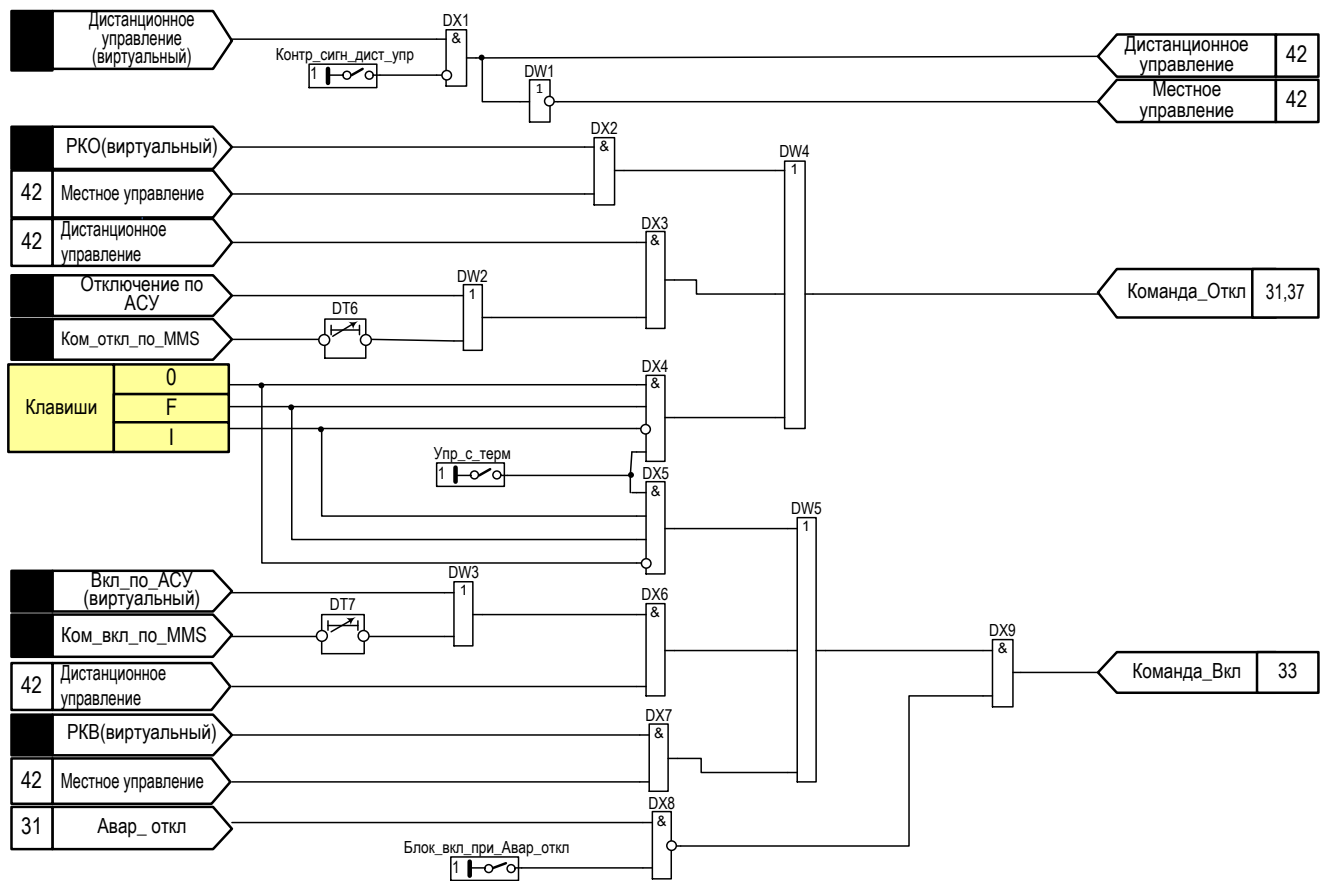


Рисунок 44 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигналов Команд «Отключить» и «Включить»

1.5.21 Формирование сигнала «Сброс»

Сигнал «Сброс» предназначен для возврата логических схем, использующих фиксацию в начальное состояние.

Сигнал «Сброс» формируется по факту наличия дискретного входного сигнала «Сброс».

Таблица 55 – Выдержки времени формирования сигнала Сброс

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

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

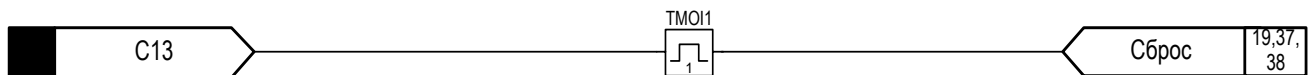


Рисунок 45 – Фрагмент функциональной схемы формирования служебных сигналов

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.22 Дифференциальная защита генератора

1.5.22.1 Дифференциальная защита предназначена для защиты от многофазных КЗ генераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт [пункт 3.2.36, 4].

1.5.22.2 Защита выполняется трехфазной и подключается к двум группам трансформаторов тока, один из которых установлен со стороны выводов обмотки статора (использование группы ТТ установленных в ячейке предпочтительнее, так как такая реализация позволяет защитить и кабельную линию связи с генератором или электродвигателем), а другой со стороны нейтрали выводов обмотки статора генератора

Защита выполнена с торможением от двух групп трансформаторов тока: со стороны линейных выводов генератора и со стороны нулевых выводов генератора.

Воздействия каждого логического выхода могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.31). Как правило, поперечная дифференциальная защита выполняется с действием без выдержки времени на отключение генераторного выключателя, пуск УРОВ генераторного выключателя, на отключение возбуждения и на останов турбины в технологическую схему.

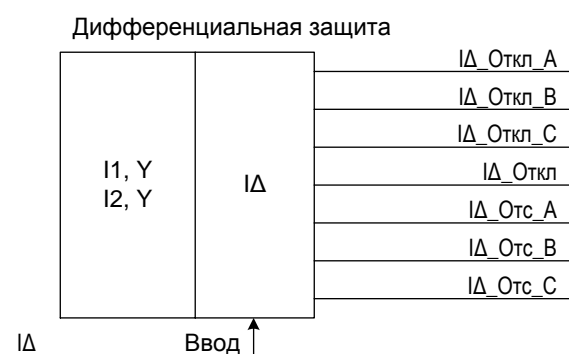


Рисунок 46 – Логическая схема дифференциальной защиты

1.5.22.3 Принцип действия

Защита правильно функционирует при коротком замыкании в зоне действия:

- при токе повреждения более начального тока срабатывания и до 200 А (вторичных) при значении полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока в установившемся режиме, вызванной их насыщением при работе на активную нагрузку, до 10 %.

- при токе повреждения более тока срабатывания дифференциальной отсечки и до 200А (вторичных);

- при значении полной погрешности высоковольтных трансформаторов тока в установившемся режиме, вызванной их насыщением при работе на активную нагрузку до 50 %.

Дифференциальная защита действует с гарантированным временем при внутренних КЗ с периодической составляющей тока до 200 А и максимальной апериодической составляющей с постоянной времени до 0,15 с, если токовая погрешность измерительных ТТ в установившемся режиме не превышает 50 %.

Инва. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инва. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

В защите предусмотрено подавление высших гармонических составляющих в контролируемом токе, в том числе гармоник, кратных трем. Подавление высших гармонических составляющих предусмотрено в связи с наличием в ЭДС генератора, электродвигателя составляющих высших гармоник, значения которых в ветвях обмотки каждой фазы могут несколько отличаться. Разность ЭДС высших гармоник создает уравнивающие токи в перемычке нейтрали электродвигателя. В сумме уравнивающих токов всех трех фаз преобладает ток третьей гармоники, так как ЭДС гармоник, кратных трем, во всех трех фазах совпадают по фазе. Гармоники, кратные трем, подавляются с коэффициентом подавления не менее 8.

Защита реагирует как на витковые замыкания в одной фазе, так и на междуфазные КЗ и может иметь мертвую зону при малом количестве замкнутых витков, а также при замыканиях, соответствующих равной удаленности места КЗ от нейтральной точки обеих ветвей.

1.5.22.4 Входные и выходные сигналы

Таблица 56 – Входные аналоговые сигналы

Обозначение	Наименование
I_1	Трехфазный ток со стороны нулевых выводов
I_2	Трехфазный ток со стороны линейных выводов

Таблица 57 – Входные дискретные сигналы

Обозначение	Стандарт IEC 61850-7-4 (2003)	Наименование
Id_Ввод	GPDIF.Mod.stVal	Ввод дифференциальной защиты генератора

Таблица 58 – Выходные дискретные сигналы

Обозначение	Стандарт IEC 61850-7-4 (2003)	Наименование
Id_Откл_A	GPDIF.Op.phsA	Отключение по фазе А
Id_Откл_B	GPDIF.Op.phsB	Отключение по фазе В
Id_Откл_C	GPDIF.Op.phsC	Отключение по фазе С
Id_Откл	GPDIF.Op.general	Отключение
Id_Сраб_A	GPDIF.Op1.phsA	Срабатывание дифференциальной защиты по фазе А
Id_Сраб_B	GPDIF.Op1.phsB	Срабатывание дифференциальной защиты по фазе В
Id_Сраб_C	GPDIF.Op1.phsC	Срабатывание дифференциальной защиты по фазе С
Id_Сраб	GPDIF.Op1.general	Срабатывание дифференциальной защиты
Id_Отс_A	GPDIF.Op2.phsA	Срабатывание дифференциальной отсечки по фазе А
Id_Отс_B	GPDIF.Op2.phsB	Срабатывание дифференциальной отсечки по фазе В
Id_Отс_C	GPDIF.Op2.phsC	Срабатывание дифференциальной отсечки по фазе С
Id_Отс	GPDIF.Op2.general	Срабатывание дифференциальной отсечки

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.22.5 Характеристики измерительного органа дифференциальной защиты

Подводимые к ИО токи выравняются цифровым способом при помощи коэффициентов амплитудной коррекции $k_{A,j}$, приводящих измеренные токи к базовому значению. Коэффициенты амплитудной коррекции должны находиться в пределах от 0,1 до 1.

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.

ИО вычисляет дифференциальный ток I_{Δ} каждой фазы, сравнивает его с током срабатывания дифференциального токового органа (I_{CP}) и током срабатывания органа дифференциальной отсечки (I_{OTS}) и срабатывает при превышении дифференциальным током тока срабатывания органов.

Характеристика срабатывания приведена на рисунке 47, основные параметры ИО приведены в таблице 59.

Внимание! Уставки срабатывания ИО задаются относительно базисного тока (см. 1.3)

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

$$\dot{I}_{\Delta} = \sum_{j=1}^n k_{\phi,j} k_{A,j} \dot{I}_j, \quad (21)$$

где \dot{I}_j – вектор тока основной гармоники j-го присоединения;

n – число присоединений;

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

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

Ток срабатывания дифференциального органа определяется по формуле

$$I_{CP} = \begin{cases} I_{CP0} & \text{при } I_T \leq I_{HT1}, \\ I_{CP0} + k_{T1} \cdot (I_T - I_{HT1}) & \text{при } I_{HT1} \leq I_T \leq I_{HT2}, \\ I_{CP0} + k_{T1} \cdot (I_{HT2} - I_{HT1}) + k_{T2} \cdot (I_T - I_{HT2}) & \text{при } I_T \geq I_{HT2}, \end{cases} \quad (22)$$

где I_T – ток торможения;

I_{CP0} , k_{T1} , k_{T2} , I_{HT} – уставки срабатывания защиты.

Тормозной ток определяется из соотношений

$$I_T = \begin{cases} \sqrt{|\dot{I}'_1| |\dot{I}'_2|} \cos \alpha & \cos \alpha \geq 0, \\ 0 & \cos \alpha < 0, \end{cases} \quad (23)$$

где \dot{I}'_1 – вектор максимального из токов, подводимых к ИО I_{d5} и приведенных к базисному значению;

\dot{I}'_2 – вектор разности максимального из токов (\dot{I}'_1) и дифференциального тока (\dot{I}_{Δ}), определяется по формуле

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}'_1 - \dot{I}_{\Delta}, \quad (1)$$

$\alpha = \widehat{\dot{I}'_1, \dot{I}'_2}$ – угол между векторами \dot{I}'_1 и \dot{I}'_2 .

Инв. № подл. 008/Э7	Подп. и дата Петрова 20.06.19				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	
	4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова			20.06.19	
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			Дата	
	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ						Лист	
							78	

Для обеспечения надежной работы при больших токах КЗ в зоне действия, в защите предусмотрена дифференциальная отсечка с током срабатывания $I_{отс}$.

Таблица 59 – Основные параметры ИО «Id»

Наименование параметра	Диапазон уставк	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Начальный ток срабатывания, $I_{CP.0}$, о.е.	$(0,1 - 1,2) \cdot I_{БАЗ}$	0,01	0,15
Коэффициент торможения на первом наклонном участке, K_{T1}	0,2 - 0,95	0,01	0,3
Коэффициент торможения на втором наклонном участке, K_{T2}	0,2 - 0,95	0,01	0,9
Ток начала торможения первого наклонного участка, I_{HT1} , о.е.	$(0,2 - 1,2) \cdot I_{БАЗ}$	0,01	0,2
Ток начала торможения второго наклонного участка, I_{HT2} , о.е.	$(1,2 - 6,0) \cdot I_{БАЗ}$	0,01	1,2
Ток срабатывания дифференциальной отсечки, $I_{отс}$, о.е.	$(0,1 - 6) \cdot I_{БАЗ}$	0,01	0,71
Количество групп трехфазных ТТ, $N_{СТОРОН}$	2 - 5	1	5
Коэффициент коррекции полярности ТТ 1-й группы, $K_{Ф1}$	-1; 1	-	1
Коэффициент коррекции полярности ТТ 2-й группы, $K_{Ф2}$	-1; 1	-	1
Ток срабатывания при включении, $I_{ВКЛ}$	$(0,1 - 2) \cdot I_{БАЗ}$	0,01	0,1
Время срабатывания при включении, $T_{ВКЛ}$, с	0 - 10	0,01	0
Время срабатывания при двукратном и более токе срабатывания, мс, не более		30	
Время возврата при изменении скачком с двукратного по отношению к уставки срабатывания входного тока до нуля, мс, не более		15	
Погрешности: - основная погрешность начального тока срабатывания, %, не более - основная погрешность по коэффициенту торможения, %, не более - дополнительная погрешность начального тока срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более - дополнительная погрешность начального тока срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более - от 3 до 45 Гц - от 55 до 95 Гц		5 15 15 7 10	

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

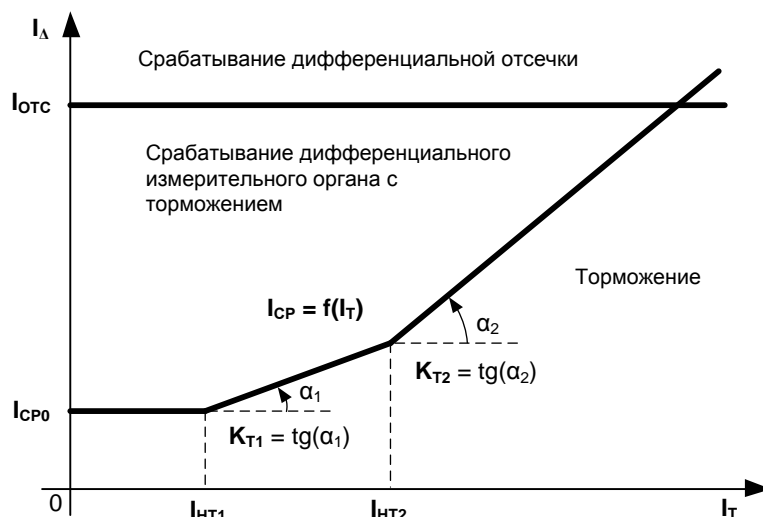


Рисунок 47 – Характеристика срабатывания ИО дифференциальной защиты

1.5.22.6 Расчет уставок

Расчет уставок производится в первичных значениях.

1) Начальный ток срабатывания ($I_{CP.0}$)

Уставка $I_{CP.0}$ выбирается по условию отстройки защиты от тока небаланса в нагрузочном режиме [12] по формуле

$$I_{CP.0} \geq K_{OTC} \cdot I_{НБ(НОМ)}, \quad (24)$$

где K_{OTC} – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность работы защиты и необходимый запас, принимаемый равным 2;

$I_{НБ(НОМ)}$ – ток небаланса в нагрузочном режиме, А.

Ток небаланса в нагрузочном режиме $I_{НБ(НОМ)}$, А определяется по формуле

$$I_{НБ(НОМ)} = \left(k_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр} \right) \cdot I_{НОМГ}, \quad (25)$$

где $k_{одн}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока, (для однотипных ТТ - $k_{одн} = 0,5$; для разнотипных - $k_{одн} = 1,0$);

ε – полная погрешность трансформаторов тока, ($\varepsilon = 0,1$);

$\Delta f_{выр}^*$ – относительная погрешность выравнивания токов плеч, принимаемая $\Delta f_{выр}^* = 0,02$

[12];

$I_{НОМГ}$ – номинальный ток генератора (в первичных величинах), А.

2) Коэффициент торможения на первом наклонном участке, K_{T1}

Уставка K_{T1} выбирается по условию отстройки защиты от максимальных токов небаланса, вызванных погрешностями ТТ при внешних трехфазных КЗ или АХ [12] по формуле

$$K_{T1} > \frac{K_{отс} \cdot I_{НБ(МАХ)}}{I_T}, \quad (26)$$

Инв. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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

$I_{НБ(МАХ)}$ – максимальный ток небаланса при внешнем трехфазном КЗ или АХ, А;

I_T – ток торможения, соответствующий $I_{НБ(МАХ)}$, А (27).

Максимальный ток небаланса $I_{НБ(МАХ)}$, А, определяется по формуле

$$I_{нб(ном)} = \left(k_{АП} \cdot \varepsilon + \Delta f_{выр} \right) \cdot I_{скв.мах}, \quad (27)$$

где $k_{АП} = 2$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока КЗ;

$I_{скв.мах}$ – максимальный сквозной ток в цепи генератора, А (28).

Максимальный сквозной ток определяется по формуле

$$I_{СКВ.МАХ} = \max [I_{ВН.КЗ}; I_{АХ}], \quad (28)$$

где $I_{ВН.КЗ}$ – ток в цепи генератора при внешнем трехфазном КЗ на выводах генератора, А;

$I_{АХ}$ – ток в цепи генератора при асинхронном ходе (несинхронном включении генератора), А (29).

Ток в цепи генератора при асинхронном ходе определяется по формуле

$$I_{АХ} = \frac{E''_{q^*} + E_{ЭКВ,С^*}}{X''_{d^*} + X_{ЭКВ,С^*} + X_{T^*}} \cdot I_{НОМ.Г}, \quad (29)$$

где E''_{q^*} – сверхпереходная ЭДС генератора по поперечной оси, о.е.;

$E_{ЭКВ,С}$ – эквивалентная ЭДС системы (в максимальном режиме), о.е., в проектных расчетах принимают $E_{ЭКВ,С} = 1$ о.е.;

X''_{d^*} – сверхпереходное реактивное сопротивление генератора по продольной оси, о.е.;

$X_{ЭКВ,С^*}$ – эквивалентное сопротивление системы (в максимальном режиме), о.е.;

X_{T^*} – сопротивление трансформатора связи, о.е.

Ток торможения I_T , А, соответствующий $I_{НБ(МАХ)}$ (27), определяется по формуле

$$I_T = \sqrt{I_{СКВ.МАХ} \cdot (I_{СКВ.МАХ} - I_{НБ(МАХ)}) \cdot \cos \alpha}, \quad (30)$$

где α – угол между векторами токов плеч защиты, в режиме протекания максимального сквозного тока. В проектных расчетах может быть принят $\alpha = 10^\circ \div 20^\circ$ [12].

3) Ток начала торможения первого наклонного участка, $I_{НТ1}$

Уставка $I_{НТ1}$, А, определяется по формуле

$$I_{НТ1} = I_{СР.0} / K_{Т1}. \quad (31)$$

4) Коэффициент торможения на втором наклонном участке, $K_{Т2}$

Значение коэффициента торможения второго наклонного участка рекомендуется принимать $K_{Т2} = K_{Т1}$.

5) Ток начала торможения второго наклонного участка, $I_{НТ2}$

С целью исключения значительного загробления дифференциальной защиты в режимах, сопровождающихся длительными перегрузками силовых трансформаторов, рекомендуется уставку выбирать по формуле

Инв. № подл. 008/ЭТ	Подп. и дата Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
						81
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$I_{HT2} \geq k_{отс} \cdot I_{нг.мах}, \quad (32)$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$I_{нг.мах}$ – максимально возможный ток нагрузки в режиме кратковременных аварийных перегрузок.

При этом $I_{нг.мах}$ можно определить по формуле

$$I_{нг.мах} = k_{пред} \cdot I_{ном (п)}, \quad (33)$$

где $k_{пред}$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность Т (АТ) в зависимости от его мощности; $k_{пред} = 1,5$ – для Т (АТ) большой мощности (более 100 МВ·А); $k_{пред} = 1,8$ – для Т (АТ) средней мощности (до 100 МВ·А); $k_{пред} = 2,0$ – для распределительных Т (до 2,5 МВ·А).

6) Дифференциальный ток отсечки ($I_{отс}$)

Ток срабатывания дифференциальной отсечки $I_{отс}$, А, выбирается по условию отстройки от тока небаланса при максимальном сквозном токе:

$$I_{отс} = k_{отс} \cdot I_{НБ(МАХ)} \quad (34)$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,3;

$I_{НБ(МАХ)}$ – максимальный ток небаланса, определяемый по формуле (27).

7) Количество групп трехфазных ТТ, $N_{сторон}$

Значение уставки определяется количеством реальных групп трехфазных ТТ, на которые подключается защита. Не допускается подключение дифференциальной защиты на сумму токов от разных групп ТТ.

8) Коэффициенты коррекции полярности $K_{\phi 1} \dots K_{\phi 5}$

Коэффициенты коррекции полярности выбираются из условия равенства нулю дифференциального тока в нормальном режиме. Выбор коэффициентов зависит от схемы подключения (полярности) трансформаторов тока к дифференциальной защите. За положительное направление тока рекомендуется принимать направление к узлу (дифференциальной защите).

Изменяемые значения $K_{\phi 1} \dots K_{\phi 5}$: – 1 или «минус» 1.

9) Коэффициенты амплитудной коррекции

Коэффициенты амплитудной коррекции предназначены для выравнивания токов сторон защиты по модулю. Они вычисляются в терминале программно.

Коэффициенты амплитудной коррекции защиты должны регулироваться в диапазоне от 0,1 до 1. Проверка этого условия должна производиться на этапе проектирования. Для этого коэффициенты амплитудной коррекции определяются по формуле

$$k_{амп,i} = \frac{\min(I_{ном,вх,1}, I_{ном,вх,2}, I_{ном,вх,n})}{I_{ном,вх,i}}, \quad (2)$$

где $I_{ном,вх,i}$ – номинальный ток i -й стороны защиты после программных и аппаратных преобразований.

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист	
								4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ			

Номинальный ток $I_{НОМ,ВХ,i}$ определяется по формуле

$$I_{НОМ, ВХ i} = \frac{I_{баз.i}}{k_{ПТТ,i}}, \quad (3)$$

где $I_{баз,i}$ – вторичный базисный ток i -й стороны защиты;

$k_{ПТТ,i}$ – коэффициент трансформации промежуточного ТТ; на этапе проектирования $k_{ПТТ,i}$ можно принять равным номинальному вторичному току ТТ соответствующего присоединения.

Если коэффициенты амплитудной коррекции не попадают в указанный диапазон (от 0,1 до 1), необходимо связаться с заводом-изготовителем для уточнения возможности изменения коэффициентов трансформации промежуточных ТТ. Если изменение коэффициентов трансформации промежуточных ТТ не помогло привести коэффициенты амплитудной коррекции в диапазон от 0,1 до 1, то необходимо рассмотреть возможность замены ТТ или использования промежуточных АТ.

1.5.23 Защита от потери возбуждения ($\Phi <$)

1.5.23.1 Защита от потери возбуждения предназначена для защиты генератора при потере возбуждения или недовозбуждении генератора, когда возникают опасные условия по напряжению с потерей устойчивости и переходе в асинхронный режим. Работа защиты зависит от допустимости/недопустимости перевода генератора в асинхронный режим (данная информация приводится в руководстве по эксплуатации и/или технических условиях на конкретный генератор).

1.5.23.2 Измерительные органы защиты подключаются к трехфазной группе аналоговых входов тока – I_g , подключенных к ТТ со стороны выводов генератора, и трехфазной группе аналоговых входов напряжения – U , подключенному к ТН со стороны выводов генератора.

1.5.23.3 Защита выполняется на основе органа Z и подключается к измерительным трансформаторам, установленным в цепи генератора, и включается на междуфазное напряжение и соответствующую разность фазных токов. Защита вводится в работу при включении генератора в сеть.

1.5.23.4 Защита содержит два канала срабатывания: основной и дополнительный:

1) срабатывание защиты по основному каналу обеспечивается при попадании годографа сопротивления на зажимах генератора в область срабатывания органа Z . По основному каналу защита действует через выдержку времени (0,5 - 1,0) с;

2) срабатывание защиты по дополнительному каналу обеспечивается при потере возбуждения и асинхронном ходе, при котором годограф сопротивления существенно изменяется и может кратковременно выйти из области срабатывания органа Z и защита по основному каналу не успевает набрать выдержку времени. Срабатывание дополнительного канала происходит, если интервал времени нахождения годографа сопротивления вне зоны срабатывания органа Z меньше времени t_B , а в области срабатывания органа Z – более времени срабатывания t_{CP} .

Инв. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 83
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

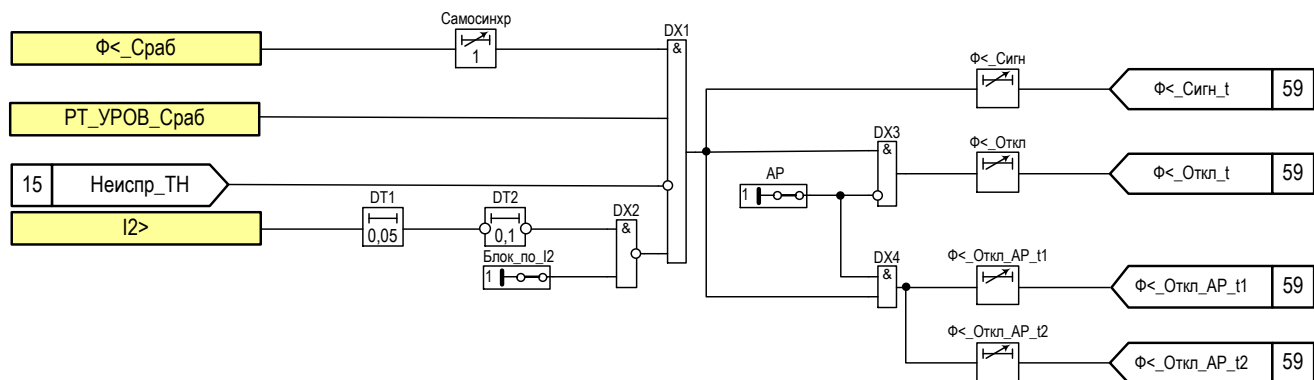


Рисунок 48 - Фрагмент функциональной схемы защиты от потери возбуждения

Таблица 60 – Основные характеристики ИО «Ф<»

Наименование параметра	Диапазон уставк	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Сопротивление срабатывания на угле $\varphi_{МЧ}$, Ом	0,1 - 300	0,01	30
Сопротивление смещения на угле $\varphi_{МЧ}$, Ом	-80 - 300	0,01	-1,2
Угол максимальной чувствительности (F_i мч), градус	0 - 359,9	0,1	270
Коэффициент возврата ($K_{воз.}$)	1 - 1,5	0,01	1,03
Коэффициент возврата органа сопротивления	0,5 - 1,0	0,01	0.95
Ток 10 %-ной погрешности работы на угле максимальной чувствительности, А, не более	$0,1 \cdot I_{НОМ}$		
Максимальное значение тока точной работы $I_{Т.Р.}$ в диапазоне рабочих температур, о.е., не более	0,15		
Погрешности: - погрешность изменения угла максимальной чувствительности в рабочем диапазоне температур при токе равном $3 \cdot I_{Т.Р.}$ по отношению к его значениям при нормальной температуре, %, не более - дополнительная погрешность сопротивления срабатывания в диапазоне рабочих температур при токе равном $3 \cdot I_{Т.Р.}$ по отношению к его значениям при нормальной температуре, %, не более - дополнительная погрешность сопротивления срабатывания защиты относительно значения, измеренного при номинальной частоте, в расширенном диапазоне частот, %, не более: от 3 до 47 Гц от 53 до 80 Гц	± 5 ± 5 7 10		

Таблица 61 – Программные накладки защиты от потери возбуждения

Имя	Название	Состояние
Блок_по_I2	Блокировка по $I2 > 1$ на момент вкл.	1 - не предусмотрена
		0 – предусмотрена
АР	Асинхронный режим	1 - допустим
		0 – не допустим

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

Петрова 20.06.19

008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Таблица 62 – Выдержки времени защиты от потери возбуждения

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Самосинхр	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	1	0,2 - 100
DT1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	0,05	0 - 10
DT2	Регулируемая выдержка времени на возврат	0,1	0 - 10
Ф<_Сигн	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	0,5	0,2 - 100
Ф<_Откл	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	0,5	0,2 - 100
Ф<_Откл_АР_t1	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	0,5	0,2 - 100
Ф<_Откл_АР_t2	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	30	0,2 - 100

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

1.5.23.5 На рисунке 50 показаны возможные изменения годографа сопротивления на выводах генератора в различных режимах в комплексной плоскости сопротивлений. В случае частичной потери возбуждения (кривая 2) годограф сопротивления может кратковременно выходить из области срабатывания (ограниченной кругом). Для обеспечения срабатывания в указанном режиме в защите используется специальный интегратор.

1.5.23.6 Свойства защиты:

- круговая характеристика срабатывания основной функции, смещенная в III и IV квадрант комплексной плоскости сопротивлений;
- отстроена от внешних КЗ на землю;
- отстроена от апериодической составляющей и высших гармоник;
- фазовая коррекция.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

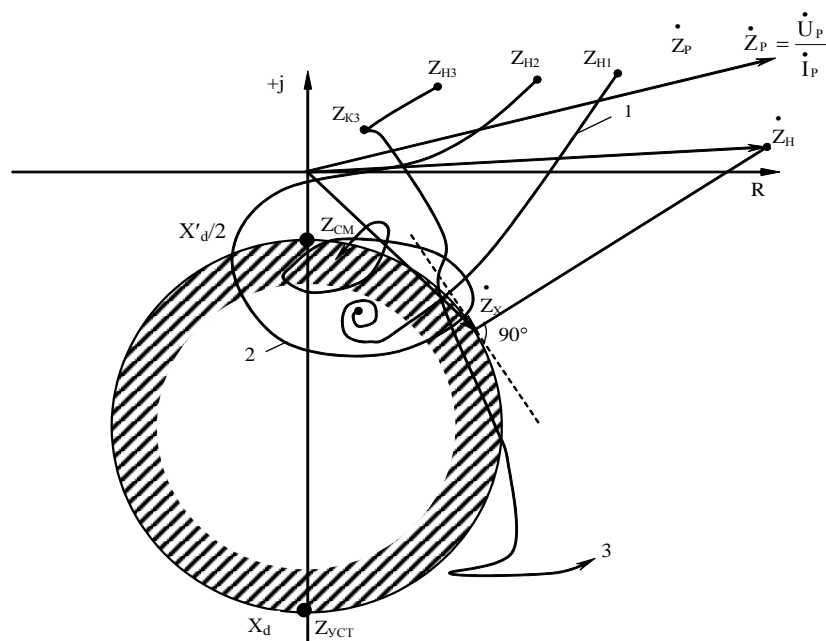


Рисунок 49 - Характеристика срабатывания защиты от потери возбуждения

На рисунке 49 приняты следующие обозначения:

$Z_{уст}$ – уставка по сопротивлению срабатывания основной функции на угле максимальной чувствительности 270° ;

$Z_{см}$ – уставка по сопротивлению смещения основной функции на угле максимальной чувствительности;

X_d – синхронное реактивное сопротивление генератора;

X'_d – переходное реактивное сопротивление генератора;

\dot{Z}_P – вектор измеряемого полного сопротивления генератора;

Поведение годографа сопротивления на выводах генератора в различных режимах:

1 – при полной потере возбуждения;

2 – при частичной потере возбуждения;

3 – при возникновении КЗ и последующих синхронных качаниях.

1.5.24 Защита от асинхронного режима (Φ_z)

1.5.24.1 Защита от асинхронного режима без потери возбуждения (Φ_z) предназначена для ликвидации асинхронного режима генератора, не сопровождающегося потерей возбуждения. Асинхронный режим характеризуется большими колебаниями активной и реактивной мощности, что может привести к развитию крупных аварий.

Функция защиты используется на генераторах ГТЭС: в нормальном режиме (СВ отключен) по схеме одиночного блока Г-Т и в ремонтном режиме (СВ-включен) – по схеме укрупненного блока Г-Т. ИО « Φ_z1 » вводится в работы при отключенном положении секционного выключателя.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.24.2 Принцип действия защиты основан на контроле комплексного сопротивления в месте подключения измерительных ТТ и ТН и имеет специальные характеристики срабатывания.

В асинхронном режиме (АР) в каждой точке энергосистемы изменяется напряжение и ток, соответственно изменяется и их отношение (сопротивление). Это позволяет преждевременно выявить АР и не допустить развитие крупных аварий.

В устойчивом АР годограф сопротивлений периодически перемещается по окружности. Одному циклу АР*) соответствует полный проворот годографа сопротивления на комплексной плоскости сопротивлений. Защита подсчитывает число проворотов и воздействует на отключение при достижении заданного количества проворотов.

1.5.24.3 ИО «Фз1» и «Фз2» реализованы одинаково [12]. Структурная схема ИО приведена на рисунке 53. ИО включает в себя следующие пусковые органы:

- орган минимального сопротивления Z1;
- орган минимального сопротивления Z2;
- фазочувствительный орган W.

Органы Z1 и Z2 вычисляют сопротивление контура между фазами по формуле

$$Z_{\text{фф}} = \frac{U_{\text{ф1}} - U_{\text{ф2}}}{I_{\text{ф1}} - I_{\text{ф2}}} \quad (35)$$

где $U_{\text{ф1}}, U_{\text{ф2}}$ – фазные напряжения;

$U_{\text{фф}}$ – линейное напряжение;

$I_{\text{ф1}}, I_{\text{ф2}}$ – фазные токи.

1.5.24.4 Характеристика срабатывания органа Z1 имеет форму круга и задается уставками по углу максимальной чувствительности ($Fi_{\text{мч1}}$), сопротивлению срабатывания ($Z1_{\text{ср}}$) и сопротивлению смещения ($Z1_{\text{см}}$) на угле $Fi_{\text{мч1}}$ (см. рисунок 50 ,а). Уставка $Fi_{\text{мч1}}$ задает направление характеристик срабатывания органа Z1. Уставка $Z1_{\text{ср}}$ задает диаметр характеристики срабатывания, проходящей через начало координат, а уставка $Z1_{\text{см}}$ увеличивает его (при $Z1_{\text{см}} > 0$) или уменьшает (при $Z1_{\text{см}} < 0$) на величину $|Z1_{\text{см}}|$. Аналогично задается характеристика срабатывания органа Z2 (см. рисунок 50 ,б).

* Под циклом АР понимается проворот относительного угла между ЭДС несинхронно работающих генераторов на 360 градусов (согласно ГОСТ 55105-2012).

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19		
		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Лист
					87

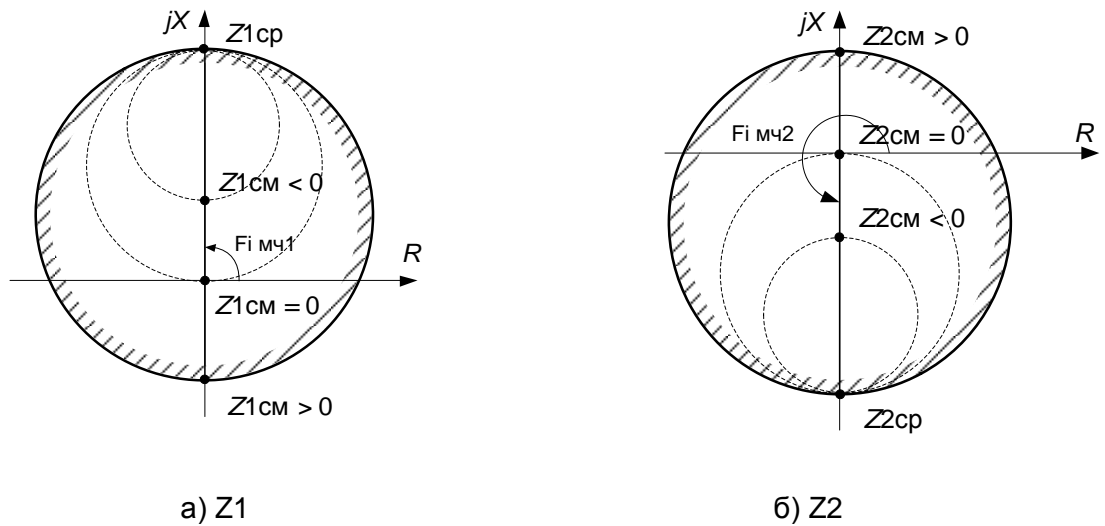


Рисунок 50 – Характеристика срабатывания органов минимального сопротивления

1.5.24.5 Фазочувствительный орган W контролирует фазу (Fi) сопротивления, вычисленного по формуле (35), и срабатывает при выполнении следующего условия

$$W_{Fi} - 90^\circ < Fi < W_{Fi} + 90^\circ, \quad (36)$$

где W_{Fi} – уставка, определяющая направление работы органа W .

1.5.24.6 Характеристика срабатывания органа W на комплексной плоскости сопротивлений имеет вид прямой, проходящей через начало координат (см. рисунок 51).

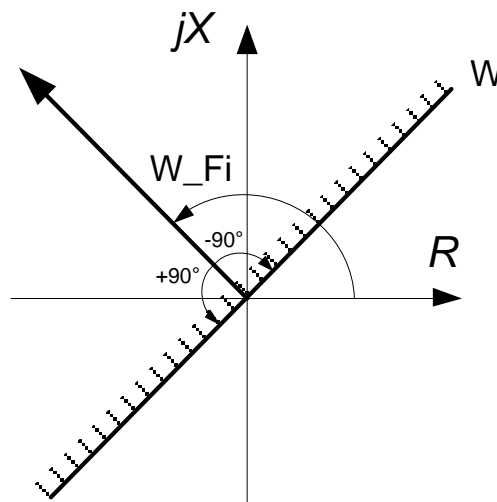


Рисунок 51 – Характеристика срабатывания фазочувствительного органа W

1.5.24.7 Совместное расположение характеристик срабатывания пусковых органов $Z1$, $Z2$ и W на комплексной плоскости сопротивлений приведено на рисунке 52.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

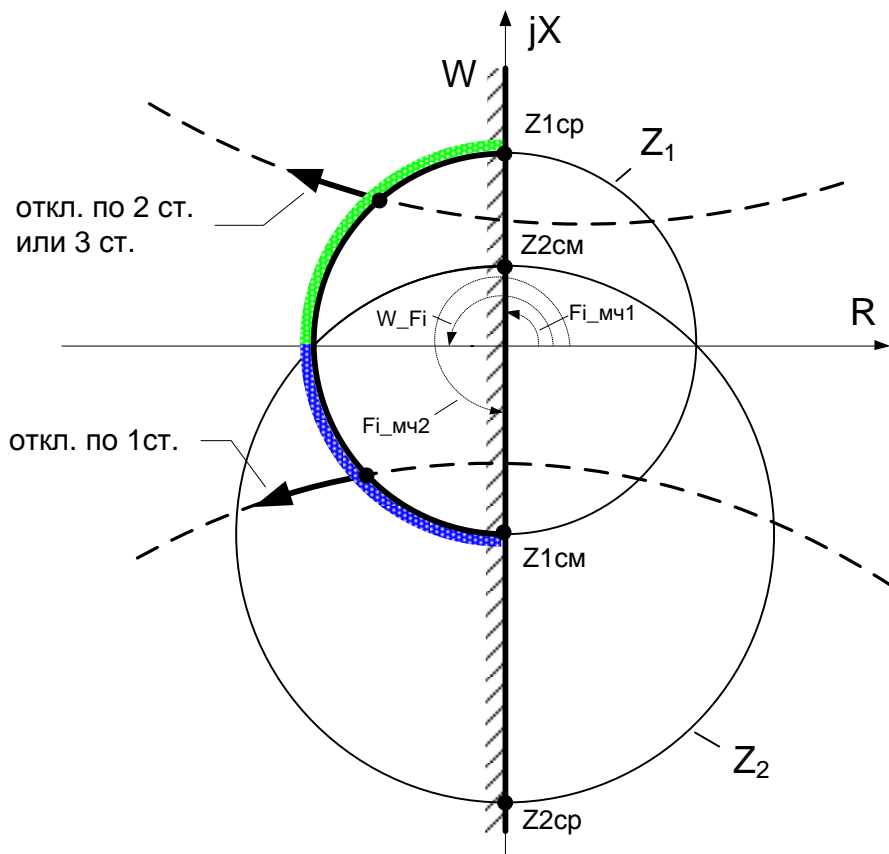


Рисунок 52 – Характеристики срабатывания пусковых органов ИО «Фз»

1.5.24.8 Характеристика срабатывания органа Z1 определяет зону контроля электрического центра качаний (ЭЦК). Характеристика срабатывания Z2 разделяет эту зону на два участка:

- с ЭЦК в блоке генератор-трансформатор (1 ступень);
- с ЭЦК в линии связи с системой (2 и 3 ступени).

1.5.24.9 Фазочувствительный орган W срабатывает при расхождении угла между ЭДС генератора и системы более чем на 180° .

1.5.24.10 Функционально-логическая схема ИО «Фз» приведена на рисунке 53.

1.5.24.11 Измерительный орган Фз выявляет ЭЦК в блоке Г-Т и эквивалентной системе и выдает управляющие воздействия на отключение при достижении заданного количества проворотов, определяемых счетчиками СТ1, СТ2, СТ3. Счетчики СТ1, СТ2 и СТ3 сбрасываются, если время от момента выхода годографа сопротивления из области органа Z1 до момента входа в область органа Z1 оказалось менее выдержки времени $T_{\text{Воз}}$ (см. рисунок 53).

1.5.24.12 При ЭЦК в блоке Г-Т формируется отключающий сигнал первой ступени (1 ст.). Отключающий сигнал 1 ст. формируется через выдержку времени $T1 = 0,02$ с после выхода годографа сопротивления из характеристики срабатывания органа Z1 (DX5) при условии, что до выхода годограф сопротивления был в области ограниченной характеристиками органов Z1, Z2 и W (DX3). Факт срабатывания органов Z1, Z2 и W до выхода из области Z1 запоминается триггером DS1 и сбрасывается при возврате фазочувствительного органа W (см. рисунок 53).

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19			Лист
			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

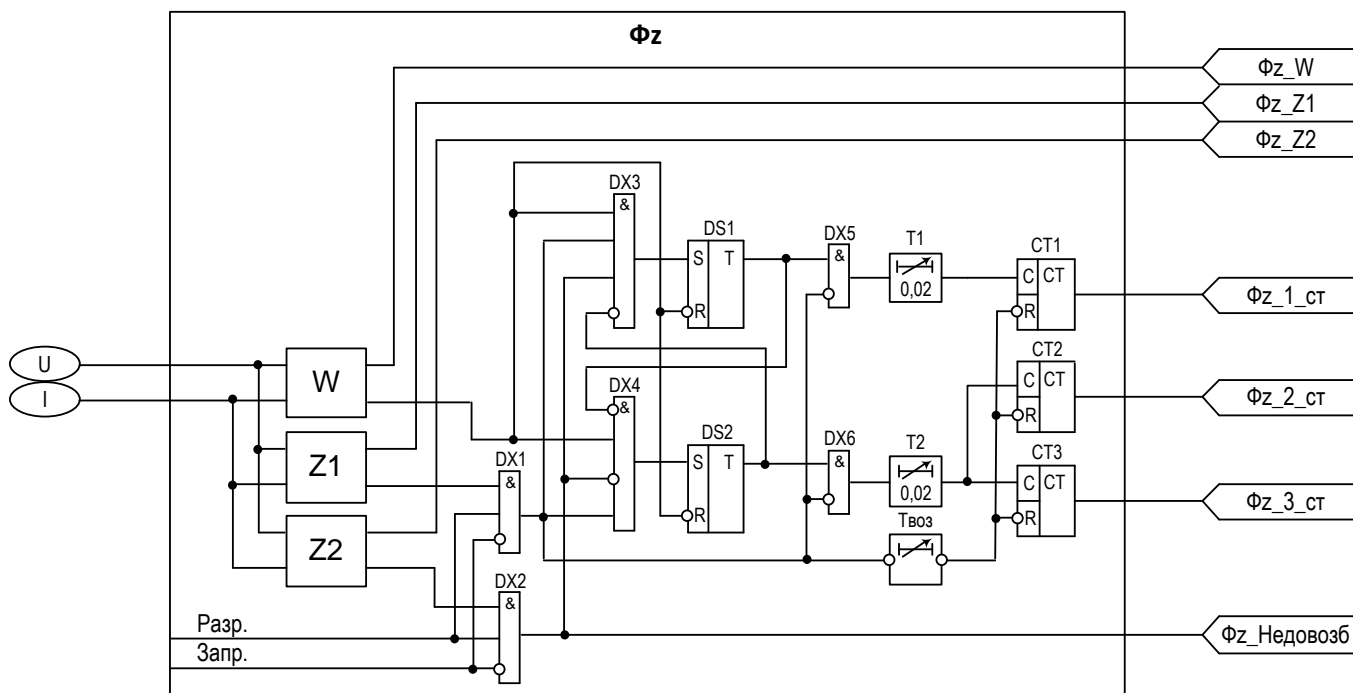


Рисунок 53 – Функционально-логическая схема ИО «Фз»

1.5.24.13 При ЭЦК в системе формируется сигнал срабатывания второй и третьей ступеней (2 ст. и 3 ст.)^{*}. Сигнал срабатывания 2 ст. и 3 ст. формируется соответственно через выдержки времени $T2 = 0,02$ с и $T3 = 0,02$ с после выхода годографа сопротивления из характеристики срабатывания органа Z1 (DX6) при условии, что до выхода годограф сопротивления был в области ограниченной характеристиками органов Z1 и W и не входил в область органа Z2 (DX4). Факт срабатывания органов Z1, W и несрабатывания органа Z2 до выхода из области Z1 запоминается триггером DS2 и сбрасывается при отпадании фазочувствительного органа W (см. рисунок 53).

1.5.24.14 При срабатывании органа Z2 измерительный орган Фз выдает сигнал о недовозбуждении генератора.

1.5.24.15 Сигналы о срабатывании ИО «Фз» передаются в дополнительную логику защиты. Функционально-логическая схема защиты от асинхронного режима без потери возбуждения приведена на рисунке 55.

1.5.24.16 Защита вводится в работу при появлении на входе ИО «Фz1» и «Фz2» соответствующего сигнала «Разрешение» и отсутствии сигнализации о неисправности ТН (см. рисунок 54). Сигнал «Разрешение» формируется при срабатывании ИО «РТ УРОВ», контролирующего наличие тока в генераторе, при условии отсутствия сигнала о включении генератора способом самосинхронизации (от сигнала РПО_t, см. 1.5.19). ИО «Фz1» вводится в работу при отключенном положении СВ, а ИО «Фz2» при включенном положении секционного выключателя.

^{*} Данные сигналы предназначены лишь для регистрации, так как данное устройство выполняет функции защиты, а не противоаварийной автоматики.

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

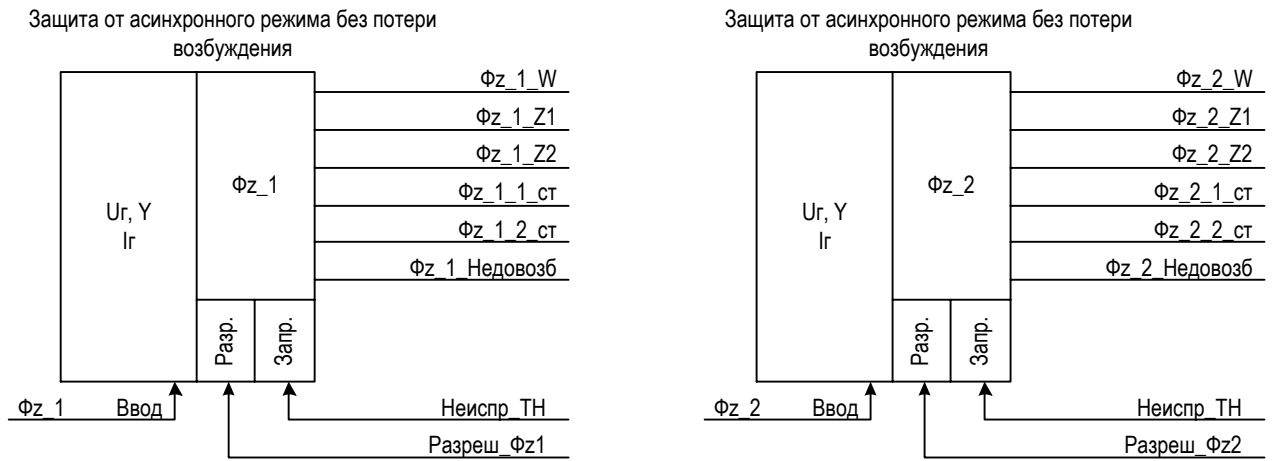


Рисунок 54 – Обозначение ИО «Фз»

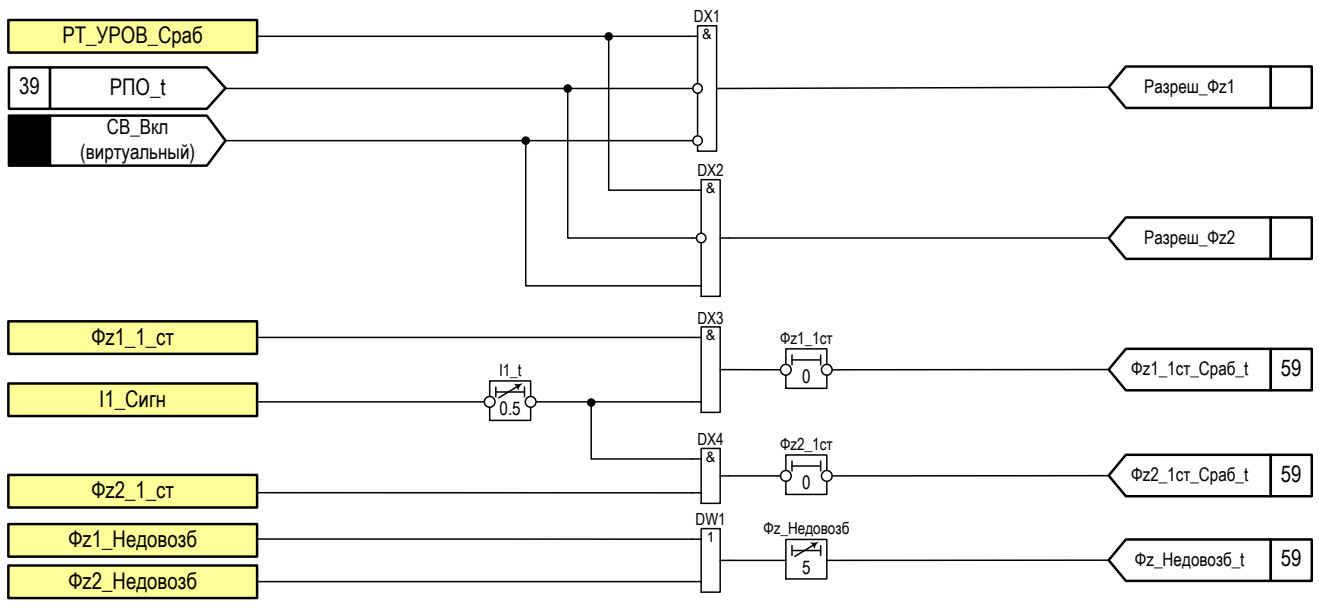


Рисунок 55 – Фрагмент функциональной схемы защиты «Фз»

1.5.24.17 Воздействия первой ступеней выполнены с пуском от сигнала срабатывания сигнального органа защиты от симметричных перегрузок (I1_Сигн). Асинхронный режим сопровождается колебаниями токов. Для исключения блокировки защиты при снижении токов предусмотрен подхват сигнала I1_Сигн на время I1_t, которое должно приниматься не менее максимального для защиты периода AP.

1.5.24.18 Для исключения излишней сигнализации о недовозбуждении генератора в переходных режимах предусмотрена выдержка времени Недовозб_t.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19
		Взам. инв. №	
Инв. № дубл.		Подп. дата	
		Инв. № дубл.	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 63 – Основные характеристики ИО «Фз»

Наименование параметра	Диапазон уставк	Шаг уставки	Значение по умолчанию
Угол максимальной чувствительности ИО Z1 – Fi мч1, градус	0 - 359,9	0,1	80
Сопротивление срабатывания ИО Z1 на угле Fi мч1 – Z1ср, Ом	0,1 - 300	0,01	4,69
Сопротивление смещения ИО Z1 на угле Fi мч1 – Z1см, Ом	-80 - 300	0,01	3,59
Коэффициент возврата ИО Z1 – K воз1	1 - 1,5	0,01	1,05
Угол максимальной чувствительности ИО Z2 – Fi мч2, градус	0 - 359,9	0,1	270
Сопротивление срабатывания ИО Z2 на угле Fi мч2 – Z2ср, Ом	0,1 - 300	0,01	38,21
Сопротивление смещения ИО Z2 на угле Fi мч2 – Z2см, Ом	-80 - 300	0,01	1,69
Коэффициент возврата ИО Z2 – K воз2	1 - 1,5	0,01	1,05
Уставка фазочувствительного органа – W_Fi, градус	0 - 359,9	0,1	180
Выдержка времени срабатывания первой ступени – T1, с	0,01 - 0,02	0,001	0,02
Выдержка времени срабатывания второй ступени – T2, с	0,01 - 0,02	0,001	0,02
Выдержка времени на возврат ступеней – Tвоз, с	0,5 - 5	0,1	0,5
Счетчик циклов проворота 1 ступени – N Сч 1 ст	1 - 5	1	1
Счетчик циклов проворота 2 ступени – N Сч 2 ст	1 - 5	1	5
Счетчик циклов проворота 3 ступени – N Сч 3 ст	1 - 8	1	8
Ток 10 %-ной погрешности работы на угле максимальной чувствительности, А, не более	0,1 · I _{НОМ.ДАТ}		
Максимальное значение тока точной работы I _{Т.Р.} * в диапазоне рабочих температур, о.е, не более	0,15		
Погрешности: - погрешность изменения угла максимальной чувствительности в рабочем диапазоне температур при токе равном 3 · I _{Т.Р.} по отношению к его значениям при нормальной температуре, %, не более	± 5		
- дополнительная погрешность сопротивления срабатывания в диапазоне рабочих температур при токе равном 3 · I _{Т.Р.} по отношению к его значениям при нормальной температуре, %, не более	±5		
- дополнительная погрешность сопротивления срабатывания защиты относительно значения, измеренного при номинальной частоте, в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 47 Гц - от 53 до 80 Гц	7 10		

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

* I_{Т.Р.} – ток точной работы

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Таблица 64 – Выдержки времени

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Фz1_1ст	Выдержка времени на возврат	0	0 - 9999
Фz2_1ст	Выдержка времени на возврат	0	0 - 9999
I1_t	Выдержка времени на возврат от токового органа	1	0,2 - 100
Недовозб_t	Выдержка времени на сигнализацию о недовозбуждении	1	0 - 20

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

1.5.24.19 Расчет уставок

Внимание! Данный расчет является предварительным и требует уточнения на модели энергосистемы.

Расчет уставки Z_{CP} следует выполнять в первичных величинах. При расчете все сопротивления должны быть приведены к генераторному напряжению.

При вводе уставок в терминал первичное сопротивление срабатывания защиты должно быть приведено ко вторичному по формуле

$$Z_{CP(ВТ)} = Z_{CP(П)} \cdot \frac{k_{ТТ}}{k_{ТН}} \cdot \frac{1}{k_{СХ}}, \quad (37)$$

где $k_{СХ}$ – коэффициент схемы, принимаемый равным $\sqrt{3}$ при соединении ТТ в треугольник (либо при преобразовании токов в линейные величины внутри терминала «до» функции дистанционной защиты) и 1 – при соединении ТТ в звезду;

$k_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока (при расщеплении обмотки статора генератора должен приниматься реальный коэффициент трансформации ТТ);

$k_{ТН}$ – коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

1.5.24.19.1 При работе двух генераторов каждый со своим совместно с повышающим трансформатором (СВ отключен), объединённых на стороне ВН, вводится в работу ИО «Фz1». При работе укрепленного блока два генератора с одним трансформатором (СВ включен), вводится в работу ИО «Фz2».

1.5.24.19.2 Рекомендации по расчету уставок органа Z1

Сопротивление срабатывания рекомендуется принимать равным:

а) для единичных блоков Г-Т и для двух блоков Г-Т, объединенных на стороне ВН (для ИО «Фz1»):

$$Z1_{CP} = X_T + X_C, \quad (38)$$

где X_T – индуктивное сопротивление трансформатора, если шины генераторного напряжения соединены с трансформатором через токоограничивающий реактор, то его сопротивление

Имп. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист 93
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

должно быть учтено;

X_C – индуктивное эквивалентное сопротивление системы, относительно шин ВН.

б) для укрупненных блоков Г-Т, работающих по схеме два генератора трансформатор (для ИО «Фз2»):

$$Z1_{CP} = 2(X_T + X_C) \quad (39)$$

Сопротивление смещения рекомендуется принимать равным переходному сопротивлению генератора:

$$Z1_{CM} = X'_d, \quad (40)$$

где X'_d – переходное сопротивление рассматриваемого генератора.

Угол максимальной чувствительности – Φ_i мч1 рекомендуется принимать равным 90 электрических градусов.

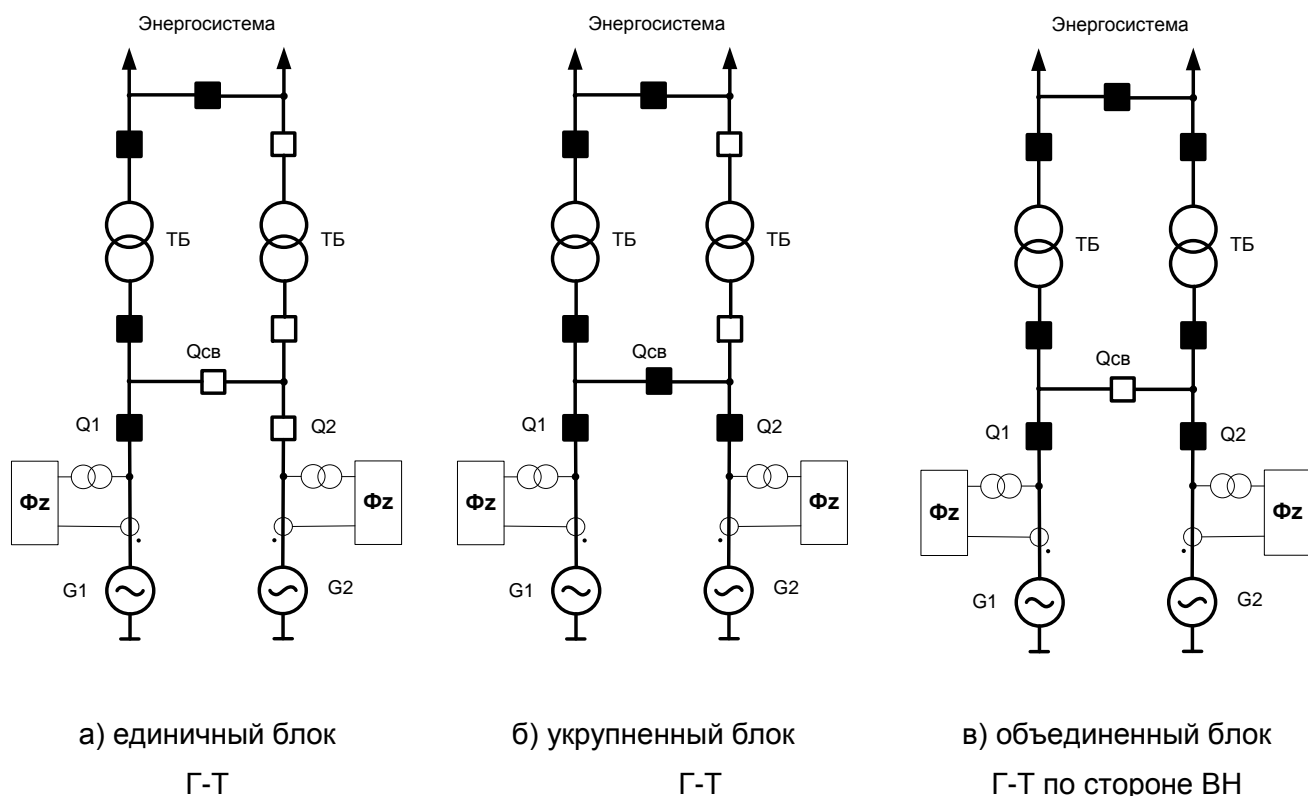


Рисунок 56 – Схемы энергоблоков Г-Т

1.5.24.19.3 Рекомендации по расчету уставок органа Z2

Сопротивление срабатывания рекомендуется принимать равным:

$$Z2_{CP} = 1,2 \cdot X_d, \quad (41)$$

где X_d – синхронное реактивное сопротивление рассматриваемого генератора.

Сопротивление смещения рекомендуется принимать равным:

а) для единичных блоков Г-Т и блоков Г-Т, объединенных на стороне ВН (для ИО «Фз1»):

$$Z2_{CM} = X_T, \quad (42)$$

б) для укрупненных блоков Г-Т, работающих по схеме два генератора трансформатор (для ИО «Фз2»):

– если ЭЦК в Т возможен только при выходе в АР обоих генераторов:

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$Z_{CM} = 2 X_T, \quad (43)$$

– если ЭЦК в Т возможен как при выходе в АР одного, так и обоих генераторов*:

$$Z_{CM} = \frac{X_T X_{dr2}}{X_{dr2} + X_T + X_C}, \quad (44)$$

где X_{dr2} – синхронное реактивное сопротивление генератора, соседнего к рассматриваемому.

Угол максимальной чувствительности – Φ_i мч2 рекомендуется принимать равным 270 градусов.

1.5.24.19.4 Уставка по углу максимальной чувствительности фазочувствительного органа W.

Уставку по углу максимальной чувствительности W_{Φ_i} фазочувствительного органа W рекомендуется принимать равной 180°.

1.5.24.19.5 Уставки счетчиков (Nсч1, Nсч2, Nсч3)

Уставку счетчика первой степени (Nсч1) рекомендуется принимать равной 1.** Уставки, по числу проворотов счетчика 2 ст. (Nсч2) и 3 ст. (Nсч3), не задействованы в данном типом исполнении терминала.

1.5.24.19.6 Выдержку времени на возврат $T_{воз}$.

Выдержку времени на возврат $T_{воз}$ рекомендуется выбирать по условию отстройки от максимально для контролируемого сечения периода АР:

$$T_{воз} = k_n T_{доп}, \quad (45)$$

где $k_n = 1,1$ – коэффициент надежности,

$T_{доп}$ – период допустимого скольжения в схеме, обуславливающей его максимальное значение [13, стр. 77].

1.5.24.19.7 Выдержка времени на возврат $I1_t$.

Выдержка времени $I1_t$ должна быть не менее выдержки времени $T_{воз}$. Выдержку рекомендуется принимать равной $I1_t = T_{воз}$.

1.5.24.19.8 Пример расчета и задания уставок дифференциальной защиты генератора

Таблица 65 – Расчетные параметры сети, требуемые для выполнения расчета

Параметр сети	Обозначение	Значение	Единица измерения
Индуктивное сопротивление трансформатора	X_T	0,319	Ом
Индуктивное эквивалентное сопротивление системы, относительно шин ВН	X_C	0,12	Ом
Переходное сопротивление рассматриваемого генератора	$X'd$	1,823	Ом
Синхронное реактивное сопротивление рассматриваемого генератора	X_d	14,47	Ом
Период допустимого скольжения в схеме, обуславливающей его максимальное значение	$T_{доп}$	0.5	с

* При выходе двух генераторов в АР функция Φ_z при заданных уставках охватывает только часть трансформатора $\frac{X_{dr2}}{2(X_{dr2} + X_T + X_C)} 100\%$.

** Уставка может быть взята больше 1, если АР допустим для генератора. В этом случае количество проворотов следует определять из расчета допустимости АР для генератора.

Инв. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Коэффициент приведения сопротивления к вторичным величинам:

$$120/63=1,9.$$

Расчет уставок для ИО «Фз1»:

$$Z1_{CP} = 0,319 + 0,12=0,439 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z1_{cp} = 0,439 \cdot 1,9=0,8341 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z1_{cp} = 0,834 \text{ Ом.}$

$$Z1_{CM} = 1,85 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z1_{cm} = 1,85 \cdot 1,9=3,5 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z1_{cm} = 3,5 \text{ Ом.}$

Принимаем $\text{Fi мч1} = 90$ электрических градусов.

$$Z2_{CP} = 1,2 \cdot 14,47=17,364 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z2_{cp} = 17,36 \cdot 1,9=32,99 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z2_{cp} = 33 \text{ Ом.}$

$$Z1_{CM} = 0,319 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z1_{cm} = 0,319 \cdot 1,9=0,606 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z2_{cm} = 0,6 \text{ Ом.}$

Принимаем $\text{Fi мч2} = 270$ электрических градусов.

Принимаем $N_{сч1}=1$ так как асинхронный режим не допустим.

Расчет уставок для ИО «Фз2»:

$$Z1_{CP} = 2 \cdot (0,319 + 0,12)=0,878 \text{ Ом}$$

Во вторичных величинах:

$$Z1_{cp} = 0,878 \cdot 1,9=1,668 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z1_{cp} = 1,67 \text{ Ом.}$

Принимаем $Z1_{cm} = 3,5 \text{ Ом,}$ соответствует Фз1.

Принимаем $\text{Fi мч1} = 90$ электрических градусов.

$$Z2_{CP} = 2 \cdot 14,47= 28.94 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z2_{cp} = 28.94 \cdot 1,9=54.986 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z2_{cp} = 55 \text{ Ом.}$

$$Z1_{CM} = 2 \cdot 0,319=0,638 \text{ Ом.}$$

Во вторичных величинах:

$$Z1_{cm} = 0,638 \cdot 1,9=1,2122 \text{ Ом.}$$

Принимаем $Z2_{cm} = 1,21 \text{ Ом.}$

Принимаем $\text{Fi мч2} = 270$ электрических градусов.

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Принимаем $N_{сч1}=1$ так как асинхронный режим не допустим.

$$T_{ВОЗ} = 1,1 \cdot 0,5 = 0,55 \text{ с.}$$

Выдержка времени на возврат $I1_t = T_{ВОЗ}$ принимаем равной 0,55 с.

1.5.25 Защита от симметричных перегрузок (I_1)

1.5.25.1 Перегрузка статора генератора может возникнуть в результате аварийного отключения параллельно работающих генерирующих источников, при самозапуске или пуске двигателей нагрузки, из-за работы форсировки возбуждения при понижении напряжения. Такая перегрузка является симметричным режимом. Длительное прохождение токов больше номинального приводит к перегреву и разрушению изоляции обмотки статора. При небольшой перегрузке допустимое время перегрузке достаточно велико и поэтому защита выполняется с действием на сигнал.[11].

1.5.25.2 Защита реагирует на относительный ток статора фазы с максимальным значением тока в трехфазном режиме (I^*).

1.5.25.3 Защита содержит следующие функциональные органы (см. рисунок 57):

- сигнальный орган ($I_{СИГН}$), срабатывающий с независимой выдержкой времени при увеличении тока I^* выше значения уставки срабатывания органа;
- пусковой орган ($I_{ПУСК}$), срабатывающий без выдержки времени при увеличении тока I^* выше значения уставки срабатывания органа и осуществляющий пуск интегрального органа;
- орган токовой отсечки ($I_{ОТС}$), срабатывающий с независимой выдержкой времени при увеличении тока I^* выше значения уставки срабатывания органа;
- интегральный орган (ИО), срабатывающий с зависимой от тока I^* выдержкой времени, заданной в табличной форме. Количество точек интергально-зависимой характеристики: от 3 до 9.

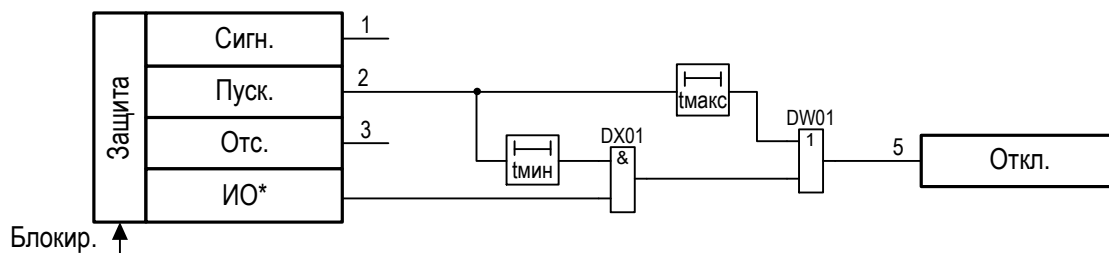


Рисунок 57 – Структурная схема защиты от симметричных перегрузок

1.5.25.4 В защите предусмотрено согласование вторичного номинального тока генератора с номинальным током защиты (I_N) в диапазоне их отношений от 0,5 до 1,0.

1.5.25.5 Интегральный орган защиты имитирует процесс охлаждения генератора после устранения перегрузки по экспоненциальному закону.

При этом промежуток времени, за который перегрев обмотки статора генератора снижается от максимально допустимой величины до 0,135 от этой величины, условно

Подп. дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата Петрова 20.06.19
Инв. № подл. 008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

называется временем "полного охлаждения" ($t_{охл}$) и регулируется в диапазоне от 10 до 999 с с шагом 1 с.

1.5.25.6 Выходные цепи действуют на отключение («I1_Откл_t1» и «I1_Откл_t2») и сигнализацию («I1_Сигн_t»). Функциональная схема защиты от перегрузки представлена на рисунке 58.

Таблица 66 - Характеристики ИО «I_p»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Ток срабатывания органов, о.е.: - I _{сигн} , I _{пуск} - I _{отс}	1,0 – 2,0 1,0 – 3,0	0,01 0,01
Коэффициент возврата органов I _{сигн} , I _{пуск} , I _{отс}	0,5 – 1,0	0,01
Параметры характеристики срабатывания: - координаты точки срабатывания характеристики: диапазон изменения времени срабатывания ($t_{ср}$), с диапазон изменения тока срабатывания I _i , о.е. - максимальное время срабатывания $t_{макс}$, с - минимальное время срабатывания $t_{мин}$, с	0,1 – 4000 0,1 – 3,0 200 – 4000 1,0 – 200	0,001 0,1 1 0,1
- количество точек характеристики	9	
Время охлаждения, с	10 – 2000	1
Конечная точка линейной характеристики, В	0,1 – 1,5	0,1
Коэффициент наклона линейной части	0,1 – 1,0	0,1
Сопротивление Потье, о.е.	0 – 0,5	0,1
Коэффициенты аппроксимации нелинейной части	0,0001...0,5	0,001
Коэффициент наклона характеристики K.3 при X _p =0	0,0001...0,6	0,001
Погрешности: - основная погрешность тока срабатывания органов I _{сигн} , I _{пуск} , I _{отс} (от значения уставки), %, не более - дополнительная погрешность тока срабатывания органов I _{сигн} , I _{пуск} , I _{отс} в рабочем диапазоне температур (относительно значений, измеренных при нормальной температуре), %, не более	±3 ±3	
- дополнительная погрешность тока срабатывания органов I _{сигн} , I _{пуск} , I _{отс} относительно значения, измеренного при номинальной частоте, в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 45 Гц - от 55 до 95 Гц	7 10	

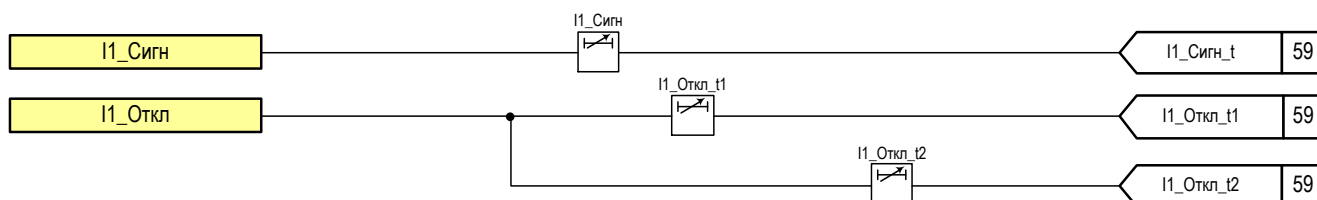


Рисунок 58 – Фрагмент функциональной схемы защиты от симметричной перегрузки

Инв. № подл. 008/Э7
 Подп. и дата Петрова 20.06.19
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. дата

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.26 Токовая защита обратной последовательности ($I_2 >$)

1.5.26.1 Токовая защита обратной последовательности предназначена для резервной защиты от внешних несимметричных повреждений и защиты генератора от несимметричных перегрузок. ТЗОП отстроена от апериодической составляющей и высших гармоник.

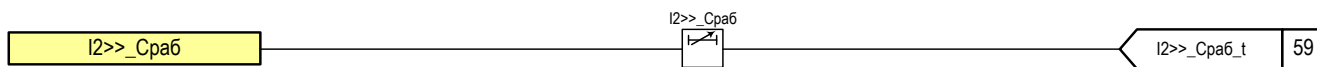


Рисунок 59 – фрагмент функциональной схемы токовой защиты обратной последовательности

Таблица 67 - Выдержки времени ТЗОП

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
I2>>_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание	0,5	0,2 - 100

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

1.5.27 Защита ротора от перегрузок (I_p)

Защита от перегрузок ротора генератора, включающая преобразователь тока ротора, реагирует на относительный ток ротора (I_p). Параметры защиты ротора генератора от перегрузок приведены в таблице 69.

Защита содержит следующие функциональные органы:

- преобразователь тока или преобразователь тока и напряжения статора в сигнал, пропорциональный току ротора (в дальнейшем именуемый «преобразователь тока ротора» (ПТР);

- сигнальный орган ($I_{\text{СИГН}}$), срабатывающий с независимой выдержкой времени при увеличении тока I_p выше значения уставки срабатывания органа;

- пусковой орган ($I_{\text{ПУСК}}$), срабатывающий без выдержки времени при увеличении тока I_p выше значения уставки органа и осуществляющий пуск интегрального органа;

- орган токовой отсечки ($I_{\text{ОТС}}$), срабатывающий с независимой выдержкой времени при увеличении тока I_p выше значения уставки срабатывания органа.

- интегральный орган (ИО), срабатывающий с зависимой от тока I_p^* выдержкой времени, заданной в табличной форме. Количество точек интегрально-зависимой характеристики: от 3 до 9.

Для обеспечения правильного измерения тока ротора как в симметричном, так и в несимметричном режиме работы системы возбуждения орган преобразователя тока выполняется трехфазным и его выходной сигнал пропорционален среднему значению суммы выпрямленных токов трех фаз (а также величине I_p).

В защите предусмотрено согласование вторичного номинального тока ротора генератора ($I_{N \text{ РОТ.}}$) с номинальным током защиты (I_N) в диапазоне их отношений от 0,5 до 1,05.

Выходные цепи действуют на отключение (« I_p _Откл_t1» и « I_p _Откл_t2») и сигнализацию (« I_p _Сигн_t»). Функциональная схема защиты от перегрузки представлена на рисунке 60.

Инв. № подл.	008/Э7
	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. дата

Петрова 20.06.19

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Таблица 68 – Выдержки времени защита ротора от перегрузок

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Ip_Сигн	Регулируемая выдержка времени на срабатывание сигнализации	0,5	0,2 - 100
Ip_Откл_t1	Регулируемая выдержка времени на отключение	0,5	0,2 - 100
Ip_Откл_t2	Регулируемый элемент задержки на отключение	1	0,2 - 100

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

Таблица 69 - Характеристики ИО «I_p»

Наименование параметра	Значение	
	Уставка	Шаг уставки
Ток срабатывания сигнального органа, I _{СИГН} , о.е.	1,0 – 2,0	0,01
Ток срабатывания пускового органа, I _{ПУСК} , о.е.	1,0 – 2,0	0,01
Ток срабатывания органа отсечки, I _{ОТС} , о.е.	1,0 – 3,0	0,01
Минимальное время срабатывания, T _{мин} , с	1,0 – 200,0	0,1
Максимальное время срабатывания, T _{макс} , с	200,0 – 4000,0	1,00
Время охлаждения, T _{охл} , с	10,00 – 3000,0	1,00
Коэффициент возврата сигнального органа, K _{воз. сигн.}	0,5 – 1,00	0,01
Коэффициент возврата пускового органа, K _{воз. пуск.}	0,5 – 1,00	0,01
Коэффициент возврата органа отсечки, K _{воз. отс.}	0,5 – 1,00	0,01
Сопротивление Потье, X _p , о.е.	0 – 0,5	0,1
Погрешности: - основная погрешность тока срабатывания органов I _{СИГН} , I _{ПУСК} , I _{ОТС} (от значения уставки) в рабочем диапазоне входных токов на частоте f _{НОМ} , %, не более	± 5	
- дополнительная погрешность тока срабатывания органов I _{СИГН} , I _{ПУСК} , I _{ОТС} относительно значения, измеренного при номинальной частоте, в расширенном диапазоне частот, %, не более: - от 3 до 47 Гц - от 53 до 80 Гц	± 7 ± 10	

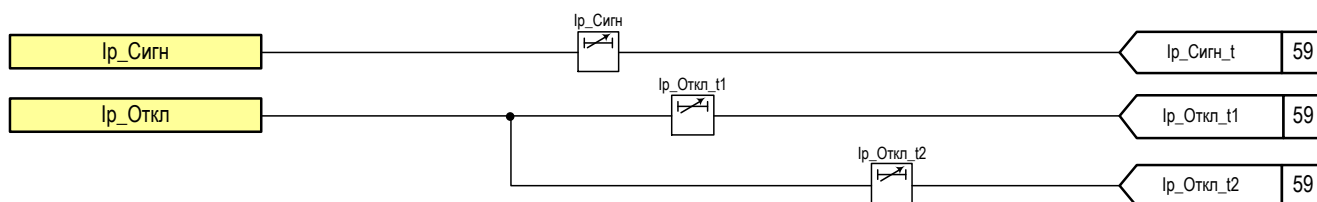


Рисунок 60 – Фрагмент функциональной схемы защиты ротора от перегрузок

Характеристики преобразователя тока ротора

Преобразователь предназначен для моделирования тока ротора по току и напряжению статора генератора и подключается на фазные токи и линейные напряжения на выводах генератора.

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

Петрова 20.06.19

008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист
100

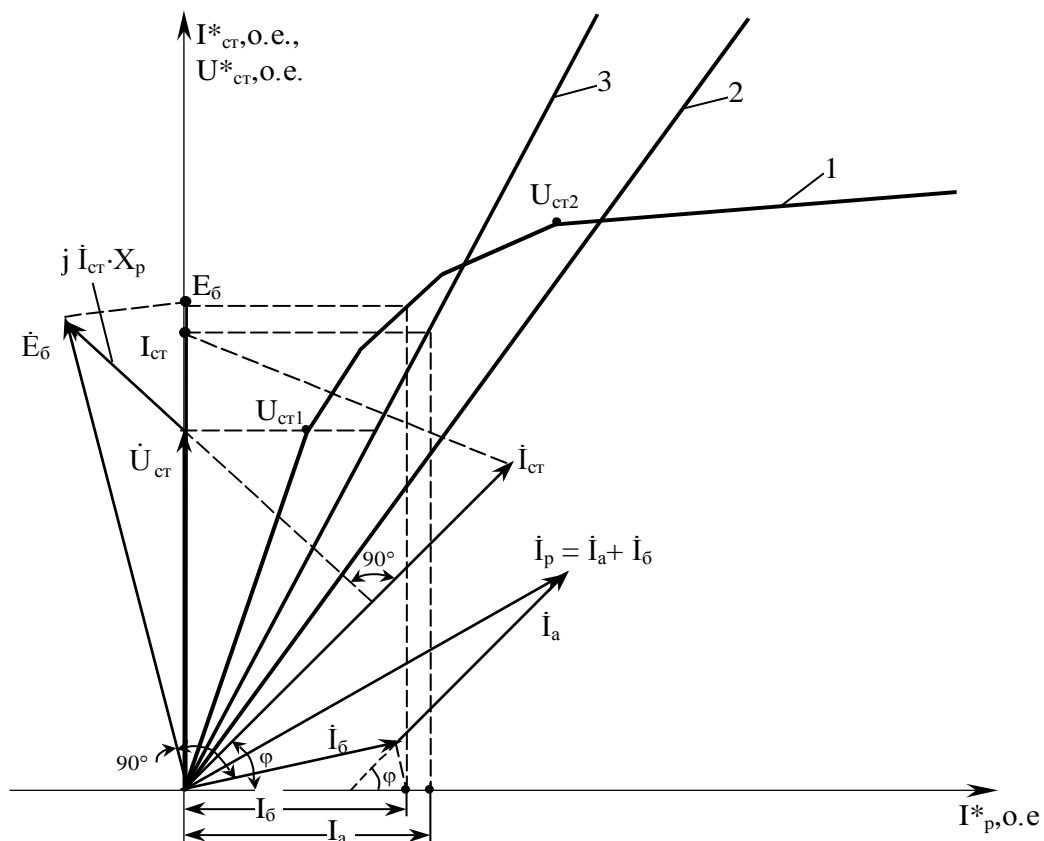


Рисунок 61 - Векторная диаграмма Потье синхронного генератора

- 1- кусочно-аппроксимированная характеристика холостого хода генератора;
- 2- характеристика короткого замыкания генератора;
- 3- характеристика короткого замыкания генератора без учета составляющей $j \cdot I_{ст} X_p$.

В преобразователе предусмотрено согласование вторичного номинального тока генератора ($I_{N ГЕН}$) с номинальным током преобразователя в диапазоне их отношений от 0,5 до 1,0.

По принципу работы ПТР моделирует ток ротора в соответствии с векторной диаграммой Потье (рисунок 61), т.е. сигнал на выходе ПТР образуется из величин тока и напряжения статора генератора после преобразования.

Регулировочный диапазон преобразователя обеспечивает возможность его использования на генераторах с параметрами X_d и X'_d , регулируемые в диапазоне от 1,7 до 3,0 с шагом 0,1 и от 0,15 до 0,5 с шагом 0,01, соответственно.

Свойства преобразователя:

- отстроен от апериодической составляющей и высших гармоник;
- относительное значение тока ротора в симметричных режимах.

1.5.28 Защита обратной мощности (Робр)

1.5.28.1 Данная защита предотвращает повреждение блока турбина – генератор при прекращении подачи энергоносителя к турбине. В этом случае генератор переходит в

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

двигательный режим с подачей к турбине вращающего момента, что может привести к повреждению лопаток турбины. Поэтому необходимо своевременное отключение генератора от сети при выявлении данного режима [11].

1.5.28.2 Для отстройки от неправильных действий в режимах синхронизации или качаний защита функционирует с выдержкой времени на отключение. Обратная мощность на которую должна реагировать защита зависит от типа турбины [11]. Уставка срабатывания по мощности задается во вторичных значениях $(0,01-1) \cdot P_n$.

1.5.28.3 Защита от обратной мощности срабатывает, если активная мощность поступает от шин к генератору, в течение времени срабатывания, заданного уставкой.

1.5.28.4 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.

1.5.28.5 Защита от обратной мощности срабатывает при появлении сигнала от ИО «Робр_Сраб». Время срабатывания защиты обратной мощности определяется выдержкой времени «Робр_Сраб».

Защита имеет регулируемый характеристический угол, коррекция фазовых погрешностей измерительных ТТ и ТН и нечувствительна к апериодической составляющей и высшим гармоникам в напряжении и токе.

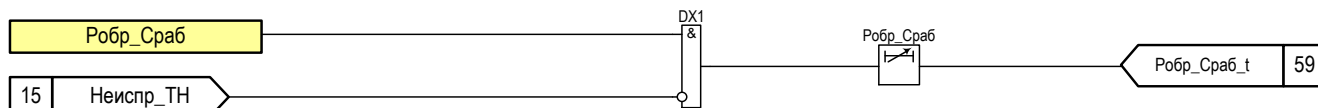


Рисунок 62 - Фрагмент функциональной схемы защиты обратной мощности

Таблица 70 – Выдержки времени защиты обратной мощности

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
Робр_Сраб	Регулируемая выдержка времени на срабатывание защиты обратной мощности	4	0,2-100
* Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с.			

1.5.29 Защита от изменения частоты (F)

1.5.29.1 Многоступенчатые защиты от понижения/повышения частоты обеспечивают функционирование генератора в допустимом рабочем диапазоне частот. Понижение частоты возникает при дефиците активной мощности в сети или неправильной работе регулирующих частоту (число оборотов генератора) систем. Повышение частоты является, в основном следствием неселективных отключений, приводящих к превышению генерируемой мощностью мощности, потребляемой в сети [11].

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.5.29.2 Защита от изменения частоты срабатывает, если частота меньше/больше частоты срабатывания, заданной уставками.

1.5.29.3 Защита от изменения частоты имеет 2 ступени по повышению и 2 ступени по понижению частоты: «F_F<_1ст», «F_F>_1ст» и «F_F<_2ст», «F_F>_2ст». Срабатывание защиты от изменения частоты происходит с выдержками времени для каждой ступени.

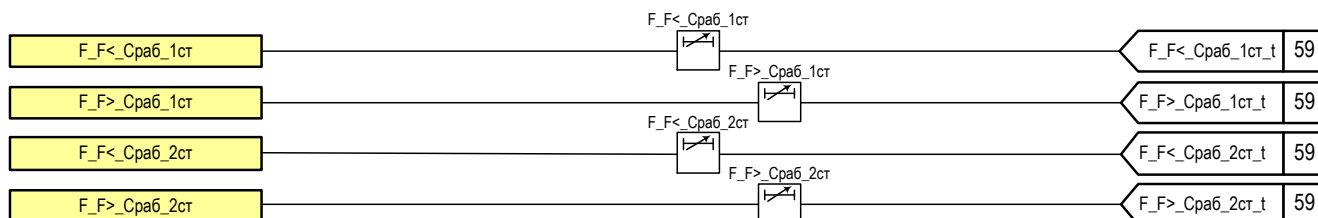


Рисунок 63 – Фрагмент функциональной схемы защиты частоты

Таблица 71 – Выдержки времени

Имя	Название	Уставка	
		Значение по умолчанию, с	Рекомендованный диапазон*, с
F_F<_Сраб_1ст	Регулируемая выдержка времени на задержку срабатывания	1	0,2 - 100
F_F<_Сраб_2ст	Регулируемая выдержка времени на задержку срабатывания	0,5	0,2 - 100
F_F>_Сраб_1ст	Регулируемая выдержка времени на задержку срабатывания	1	0,2 - 100
F_F>_Сраб_2ст	Регулируемая выдержка времени на задержку срабатывания	0,5	0,2 - 100

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

1.5.30 Ресурс выключателя

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

1.5.30.2 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.

1.5.30.3 Контроль состояния выключателя осуществляется путем расчета коммутационного и механического ресурса. Механический ресурс характеризуется числом циклов «включение – произвольная пауза – отключение», выполняемых без тока в главной

Инв. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		103

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

$$R_{ост} < R_{доп} \quad (46)$$

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

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

1.5.30.4 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 72, 73). Значение токов и допустимое количество соответствующих коммутации берутся из документации завода производителя выключателя (по соответствующим экспериментальным кривым).

Таблица 72 – 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 73 – 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	$I_{вкл,j}$	$n_{доп,вкл,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$	$n_{вкл,нач,j}(I_{вкл,j})$

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

– «Положение выключателя «Включен»» (от момента замыкания главных контактов до момента фиксации включенного положения выключателя терминалом);

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

- «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)).

1.5.30.6 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.

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

Остаточный ресурс для каждой фазы выключателя определяется по выражению

$$R_{OCT} = R_{НАЧ} - \sum R_{ОТКЛ,i} - \sum R_{ВКЛ,i}, \% \quad (47)$$

$$R_{ОТКЛ,i} = \frac{1}{N_{откл.доп.i}} \cdot 100, \% \quad (48)$$

$$R_{ВКЛ,i} = \frac{1}{N_{вкл.доп.i}} \cdot 100, \% \quad (49)$$

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.

1.5.30.7 Текущее значение остаточного ресурса можно просмотреть в соответствующих пункт меню терминала и программы мониторинга (АРМ-релейщика). Для дискретной

Инв. № подл.	008/ЭТ	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

сигнализации об остаточном ресурсе предусмотрены 4 ступени с уставками 75; 50; 25; 0 % (значения по умолчанию и могут быть скорректированы при необходимости).

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

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

1.5.31 Матрица отключений

1.5.31.1 В функциональной схеме терминала предусмотрена матрица отключений – редактируемый программный элемент «ИЛИ».

1.5.31.2 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.

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

Инв. № подл.	008/ЭТ				Лист
	4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19				106
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					
Подп. дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

1.6.2 На передней плите терминала расположены органы индикации в виде светодиодов и символьного дисплея, кнопки управления и Ethernet порт (RJ-45) для подключения ПК (см. 1.2.20).

1.6.3 На задней плите терминала расположены клеммные соединители для присоединения внешних цепей, один разъем с двумя портами RS-485 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 измерения, 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 предприятия-изготовителя и в соответствии с приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ требованиями.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ				Лист
											4
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 постоянного (переменного) 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.

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

2.3.3 Меню «Текущие величины» -> «Измерения защит» позволяет отобразить на дисплее значения уставок, текущие значения аналоговых входов защиты, выходов защиты, а 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.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата		
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						110

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. Рекомендуется периодически сравнивать показания токов и напряжений с другими приборами,

Инв. № подл.	008/ЭТ
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		111

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.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

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 74.

Таблица 74 - 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
	Вид металлолома по ГОСТ Р 54564-2011
	М 5
	Возможность демонтажа деталей и узлов при списании изделия
	Частично
ЭКРА 217(А) 0101	0,1929

Инв. № подл.	008/ЭТ
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

113

Приложение А

(обязательное)

Карта заказа ЭКРА 217(А) 0101

(терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации генератора
мощностью до 12 МВт)

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

Место установки	Место для ввода текста.
Тип защищаемого объекта	Место для ввода текста.
Номинальное напряжение	Место для ввода текста. (кВ)
Количество терминалов	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 0101 – 61 (типовое)	<input type="checkbox"/> E1 – 110	<input type="checkbox"/> УХЛ3.1 (типовое исполнение)
	<input type="checkbox"/> E2 – 220	<input type="checkbox"/> УХЛ3.1 (до минус 40 °С, без дисплея)
<input type="checkbox"/> АЭС ЭКРА 217А 0101 – 61	<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)	
	RS-485*	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

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

Подп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Инв. № подл.	008/Э7

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

4. Параметры защищаемого объекта

4.1. Данные для реализации защиты от замыканий на землю

Режим заземления нейтрали сети*	<input type="checkbox"/> изолированный <input type="checkbox"/> резистивный <input type="checkbox"/> компенсированный
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 (типовой) диапазон измерения: от 0,001 до 0,5 А <input type="checkbox"/> 0,6 А диапазон измерения: от 0,003 до 1,6 А
Номинал аналоговых входов (напряжения)	100 В*
Функции защит (типовой набор)	Дифференциальная защита генератора. Трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений. Комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка). Контроль исправности вторичных цепей ТТ. Контроль исправности вторичных цепей ТН. Защита от потери возбуждения (с возможностью блокировки от качаний). Токовая защита от несимметричной перегрузки. Защита от асинхронного режима без потери возбуждения. Защита ротора от перегрузок. Защита от несимметричного режима. Защита от изменения частоты. Защита от однофазных замыканий на землю. Защита от двойных замыканий на землю. Защита минимального напряжения. Защита от повышения напряжения. Защита от дуговых замыканий. Логическая защита шин. Устройство резервирования отказа выключателя с контролем тока.
Функции управления выключателем (типовой набор)	Автоматика управления выключателем. Отключение от внешних цепей.
Функции сигнализации (типовой набор)	Учет механического и коммутационного ресурса выключателя.

* Возможна работа в расширенном диапазоне напряжений переменного тока частотой 50 Гц с верхними пределами действующих значений 264 В.

Инв. № подл.	008/Э7
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	Петрова 20.06.19

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

115

6. Дополнительное оборудование для организации локальной сети

Наименование		Количество
<input type="checkbox"/>	Промышленный кабель для интерфейса RS-485 сечением 0,76 мм ² (1 витая пара, катушка 305 м), м	
<input type="checkbox"/>	Промышленный кабель для передачи данных Industrial Ethernet**, (катушка 305 м), м	
<input type="checkbox"/>	марка кабеля FTP***	
<input type="checkbox"/>	марка кабеля SFTP****	
<input type="checkbox"/>	Персональный компьютер для сбора информации, шт.	
<input type="checkbox"/>	Адаптер RS-485 для встраивания в компьютер, шт.	
<input type="checkbox"/>	Портативный персональный компьютер (Notebook), шт.	

* Для прокладки вне помещения, в условиях сильных электромагнитных полей и при большой длине кабеля.
 ** Выбирается при организации локальной сети по интерфейсу Ethernet.
 *** Для прокладки внутри помещения в условиях обычных электромагнитных полей и небольшой длине кабеля.
 **** Для прокладки внутри помещения в условиях повышенных электромагнитных полей или при большой длине кабеля.

Внимание! При необходимости подключения устройства к ЛС и АСУ ТП с использованием оптического кабеля необходимо использовать медиа конвертер. Тип и параметры медиа конвертера, оптического кабеля связи для ЛС и АСУ ТП, а так же параметры дополнительного оборудования для организации ЛС указываются в разделе «Дополнительные требования».

7. Комплект деталей и присоединений

<input type="checkbox"/>	стандартный (ЭКРА.305651.021)
<input type="checkbox"/>	с уменьшенной монтажной глубиной на 50 мм (ЭКРА.687432.001)
<input type="checkbox"/>	для выносного монтажа ячеек КСО (ЭКРА.301241.189 Каркас)

8. Дополнительные требования

Заказчик. Предприятие: _____
 Заполнил: _____ (ФИО, должность) _____ (подпись) _____ (дата)

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 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).

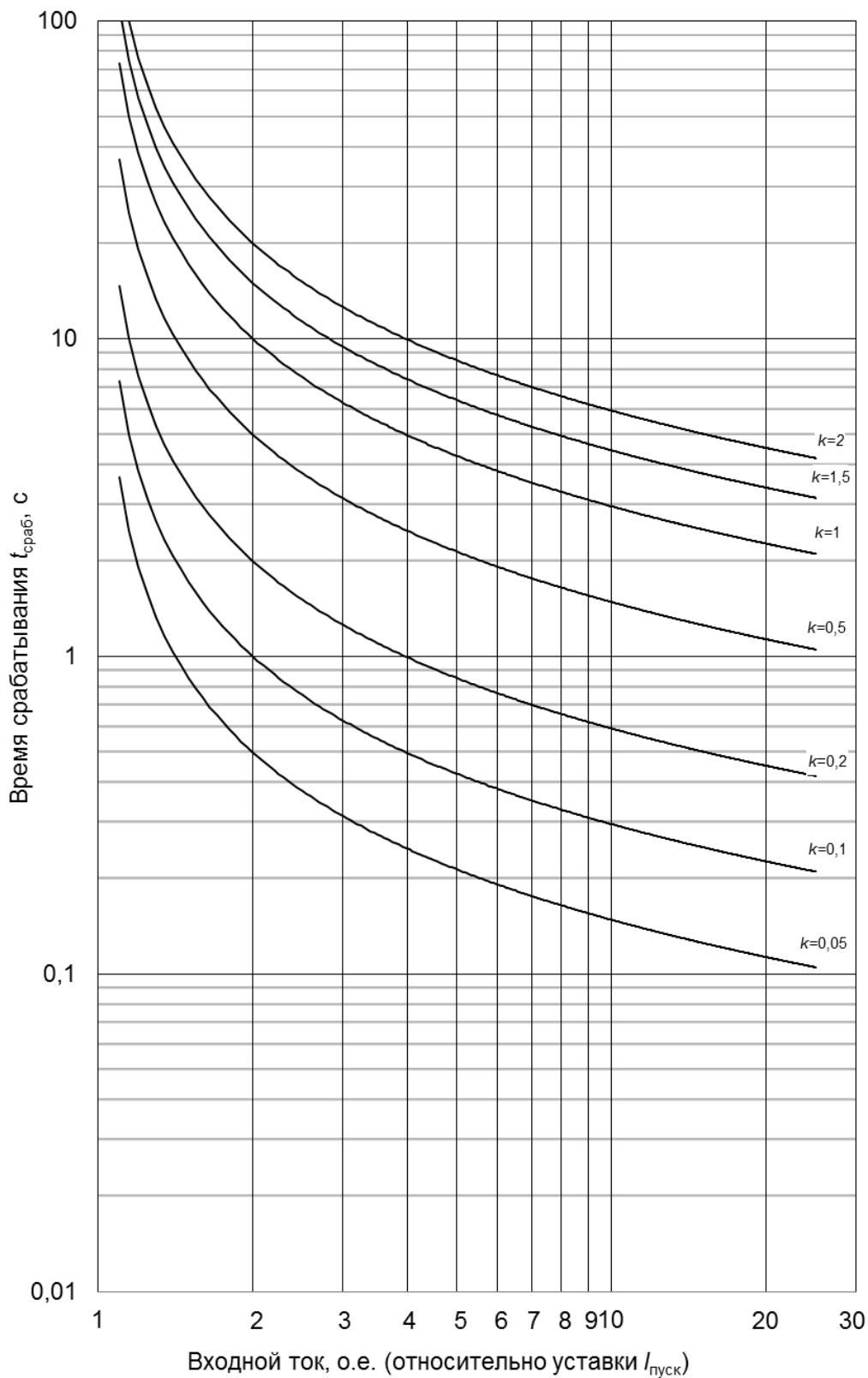


Рисунок Б.1 – Нормально инверсная МЭК

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

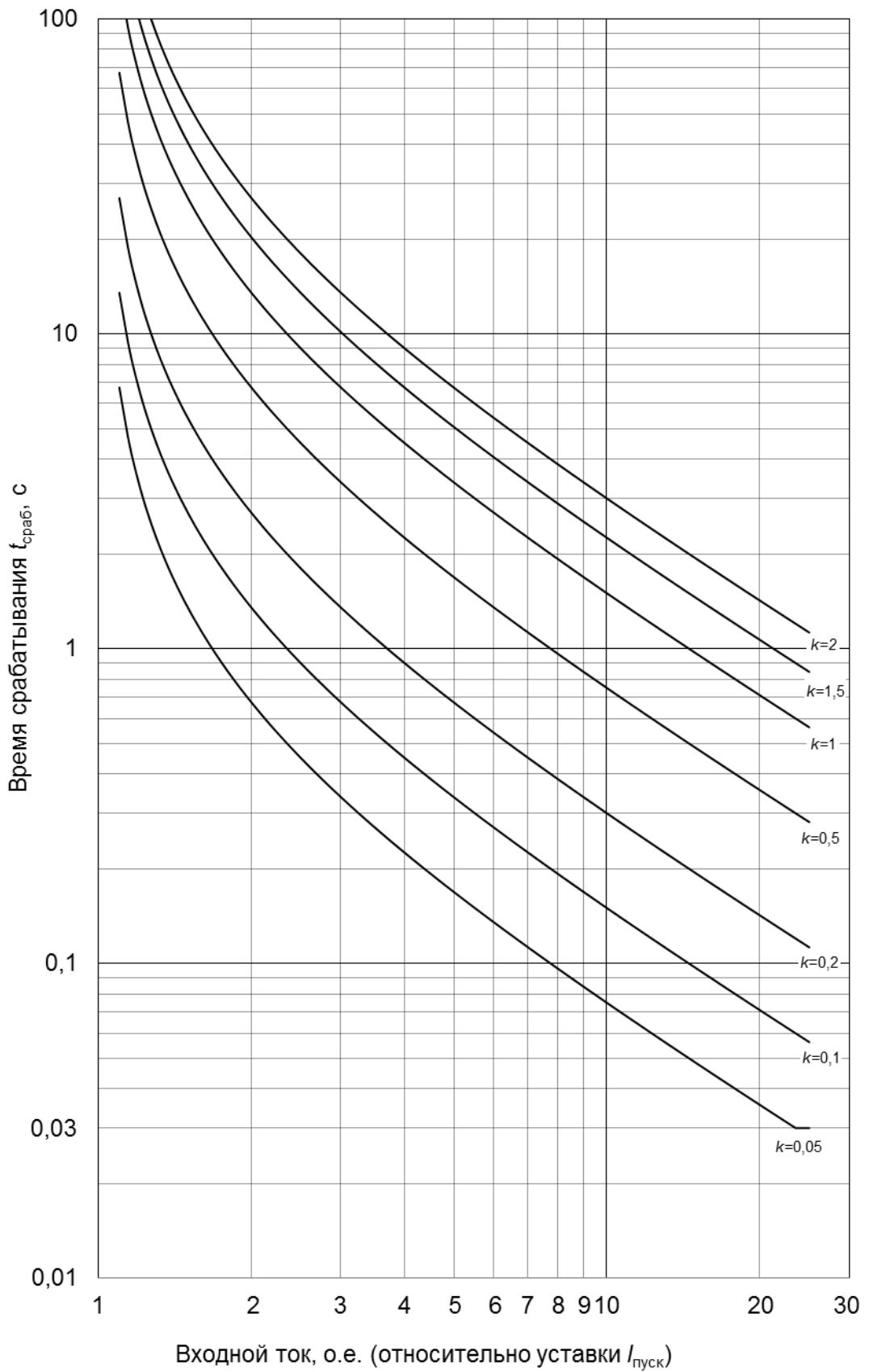
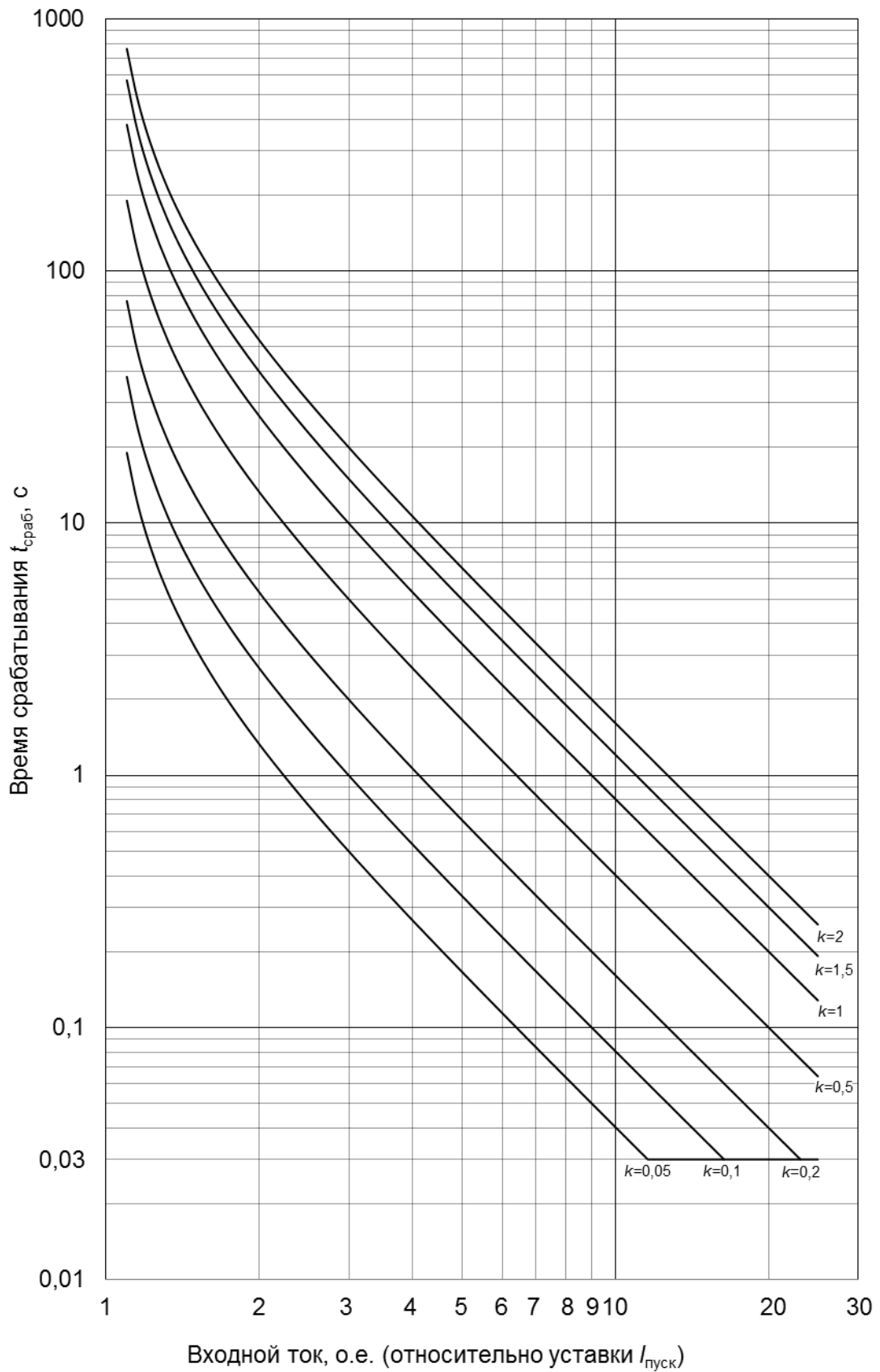


Рисунок Б.2 – Сильно инверсная МЭК

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

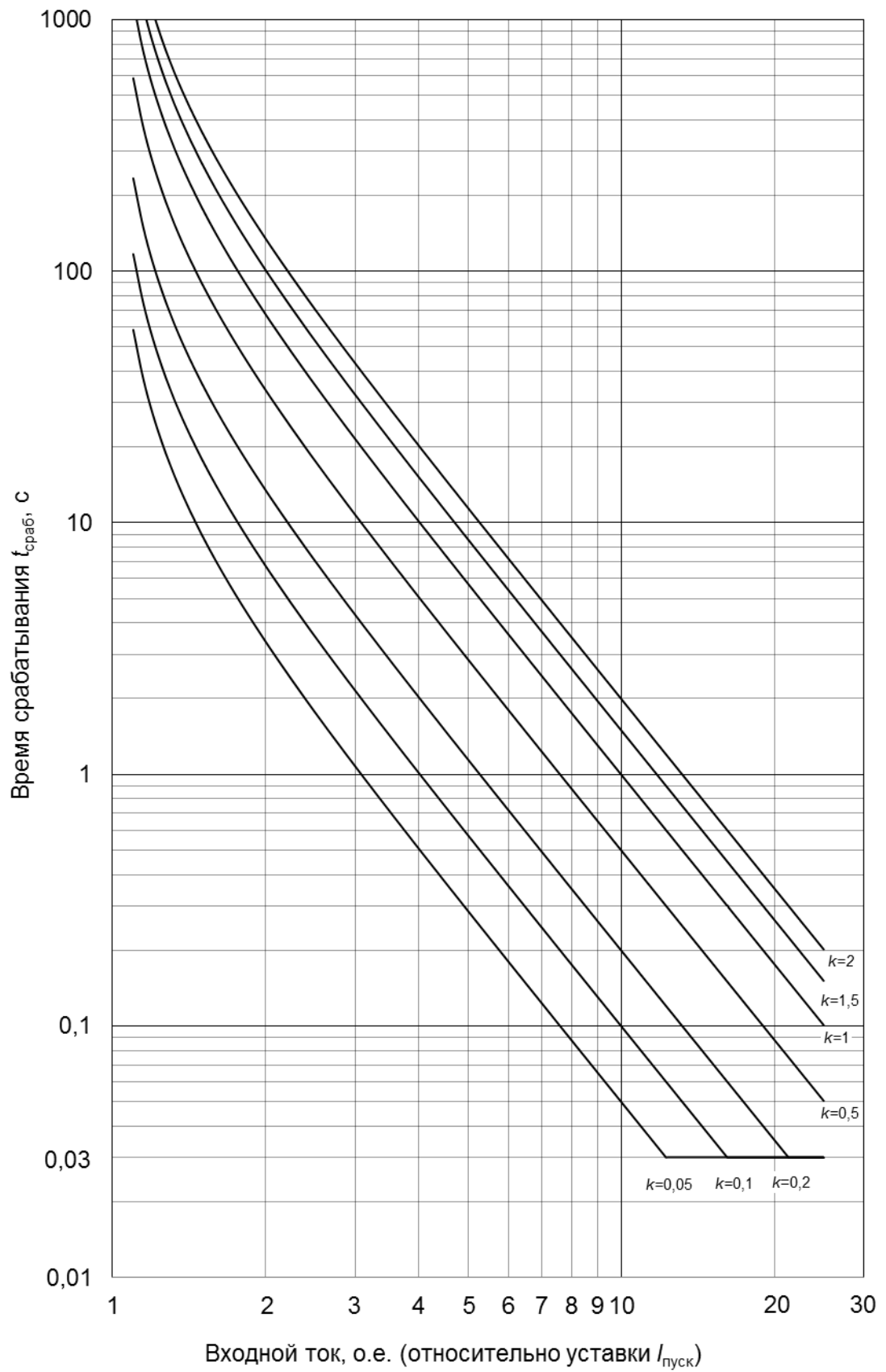
ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ



Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

120

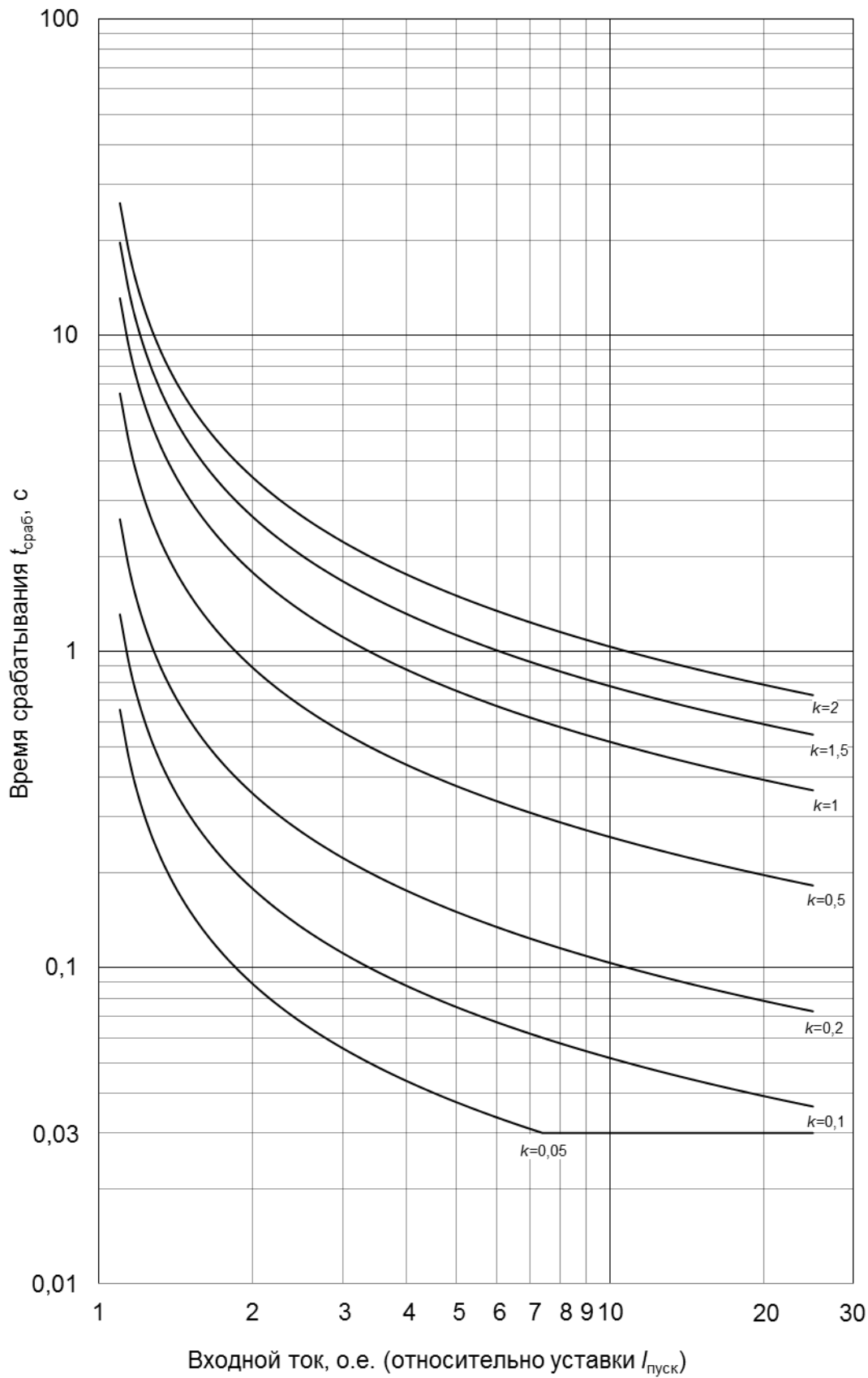


Рисунок Б.5 – Быстро инверсная МЭК

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

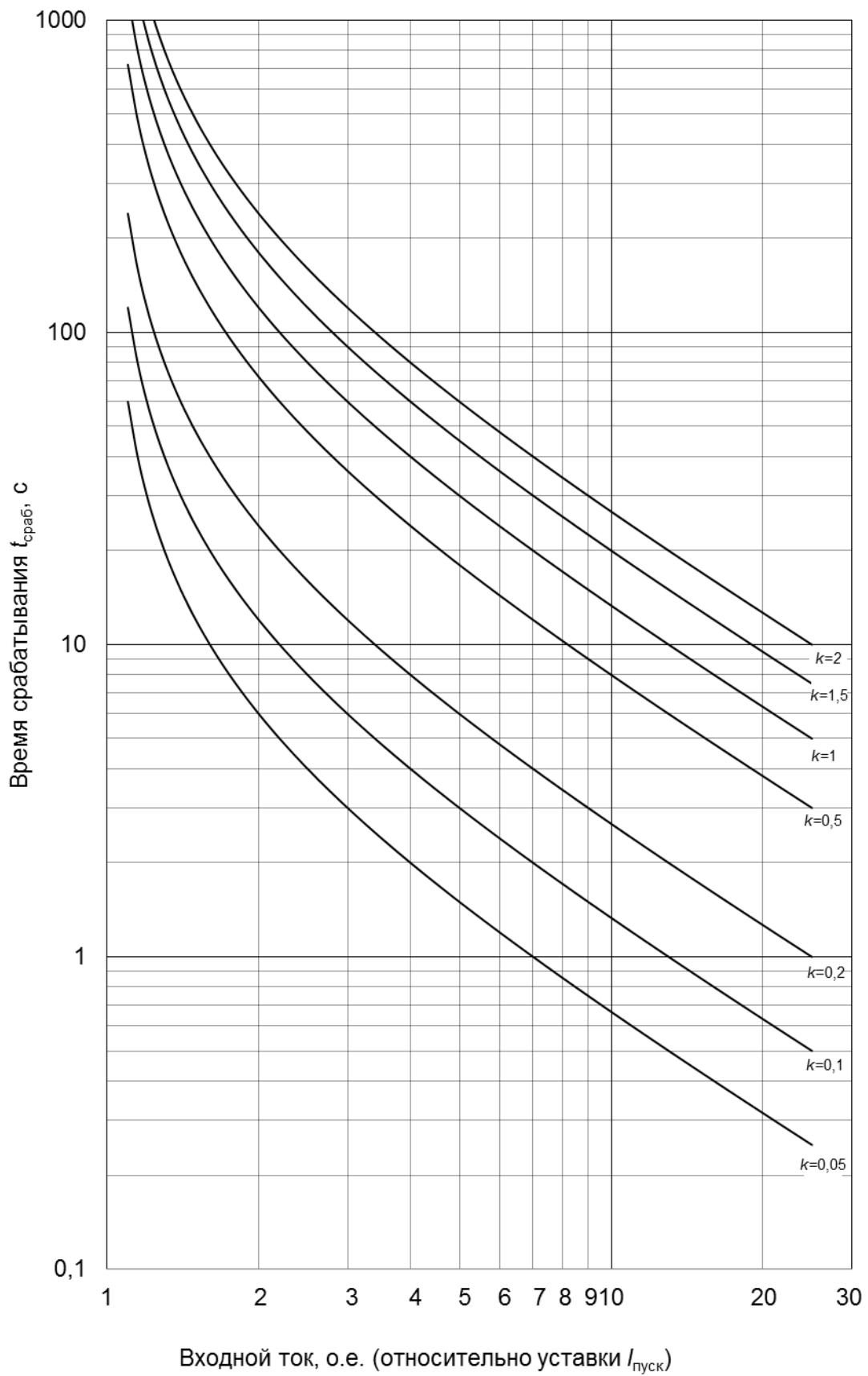
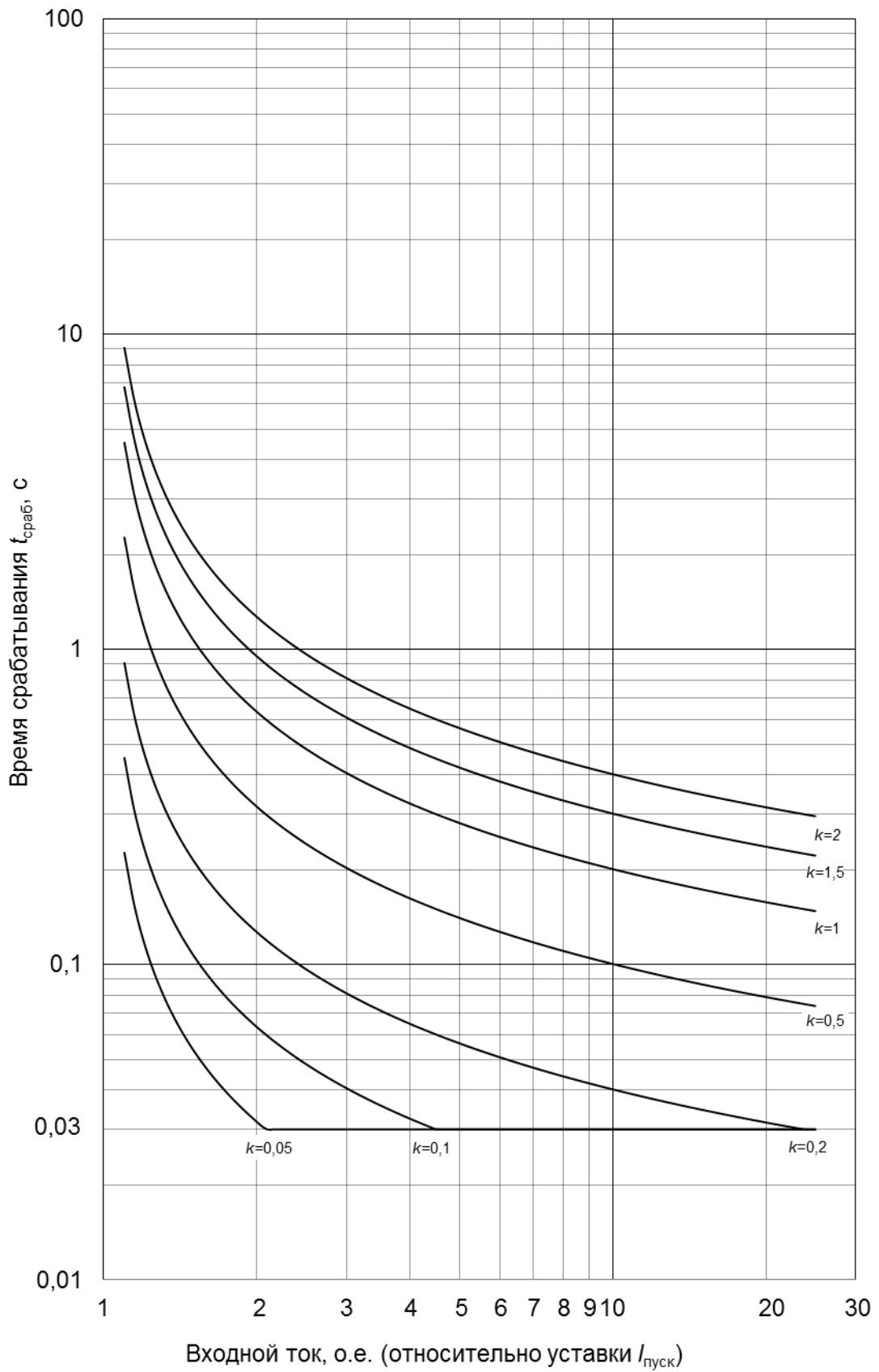


Рисунок Б.6 – Длительно инверсная МЭК

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ



Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

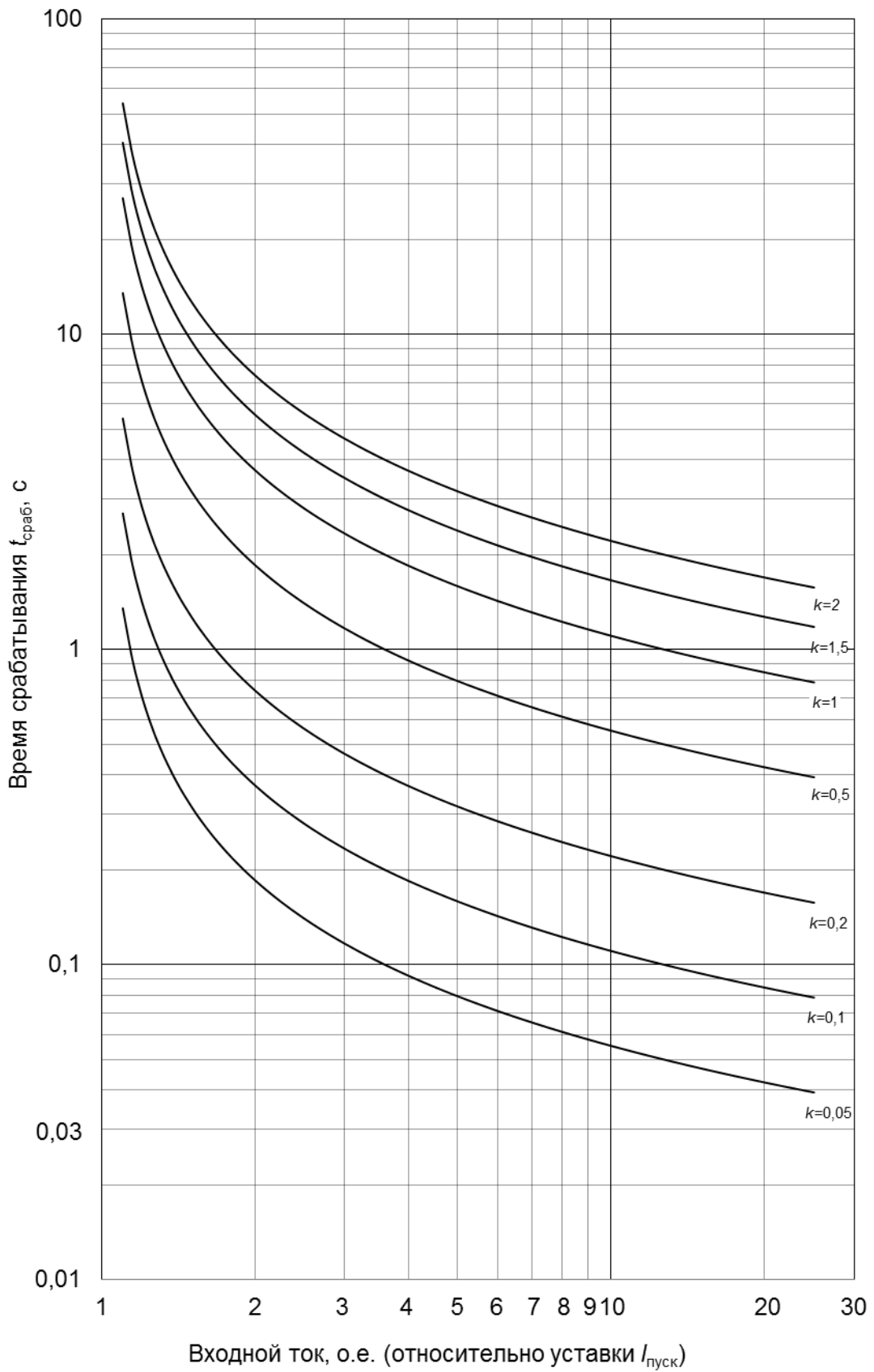


Рисунок Б.8 – Умеренно инверсная ANSI

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

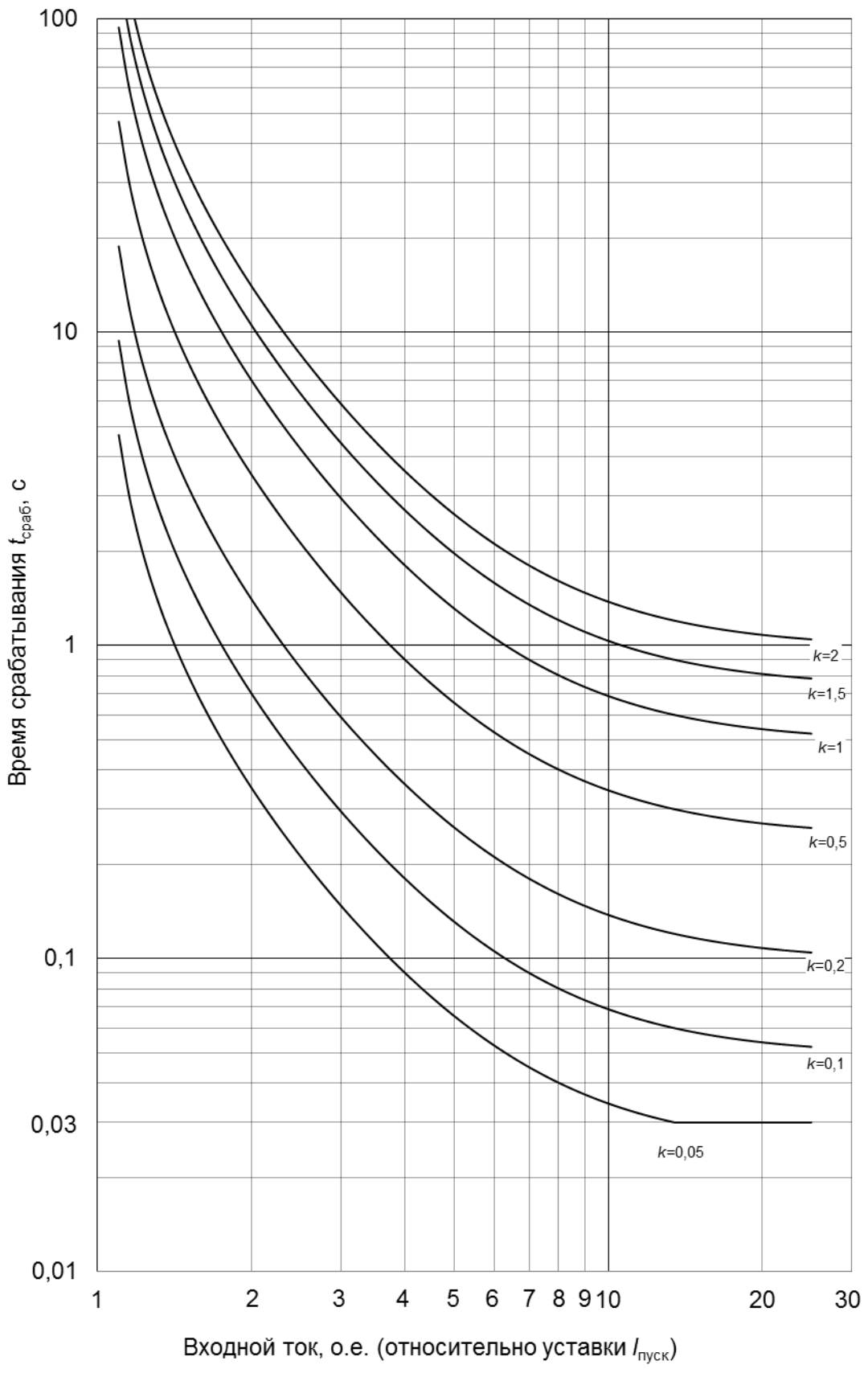
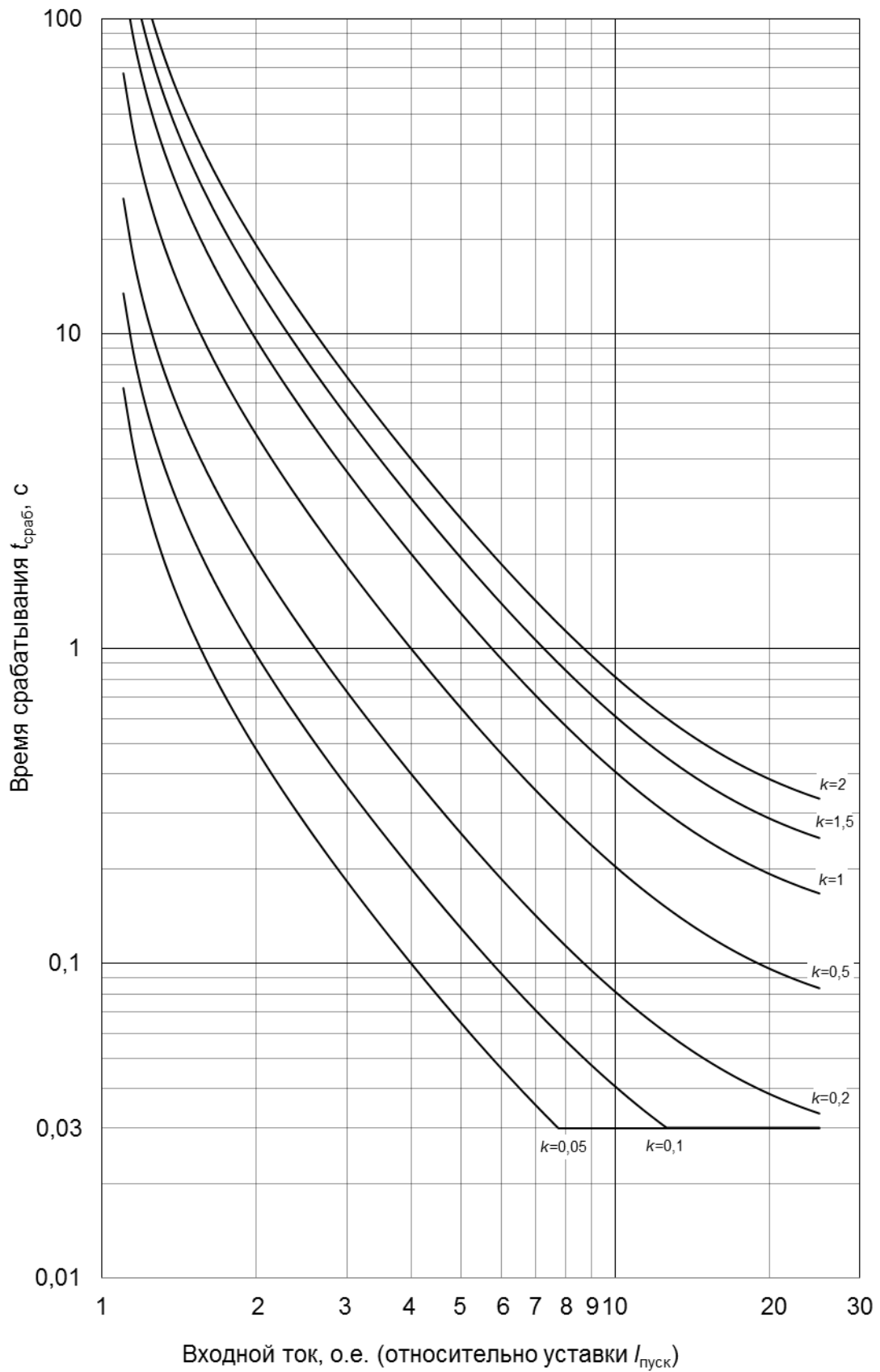


Рисунок Б.9 – Сильно инверсная ANSI

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ



Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

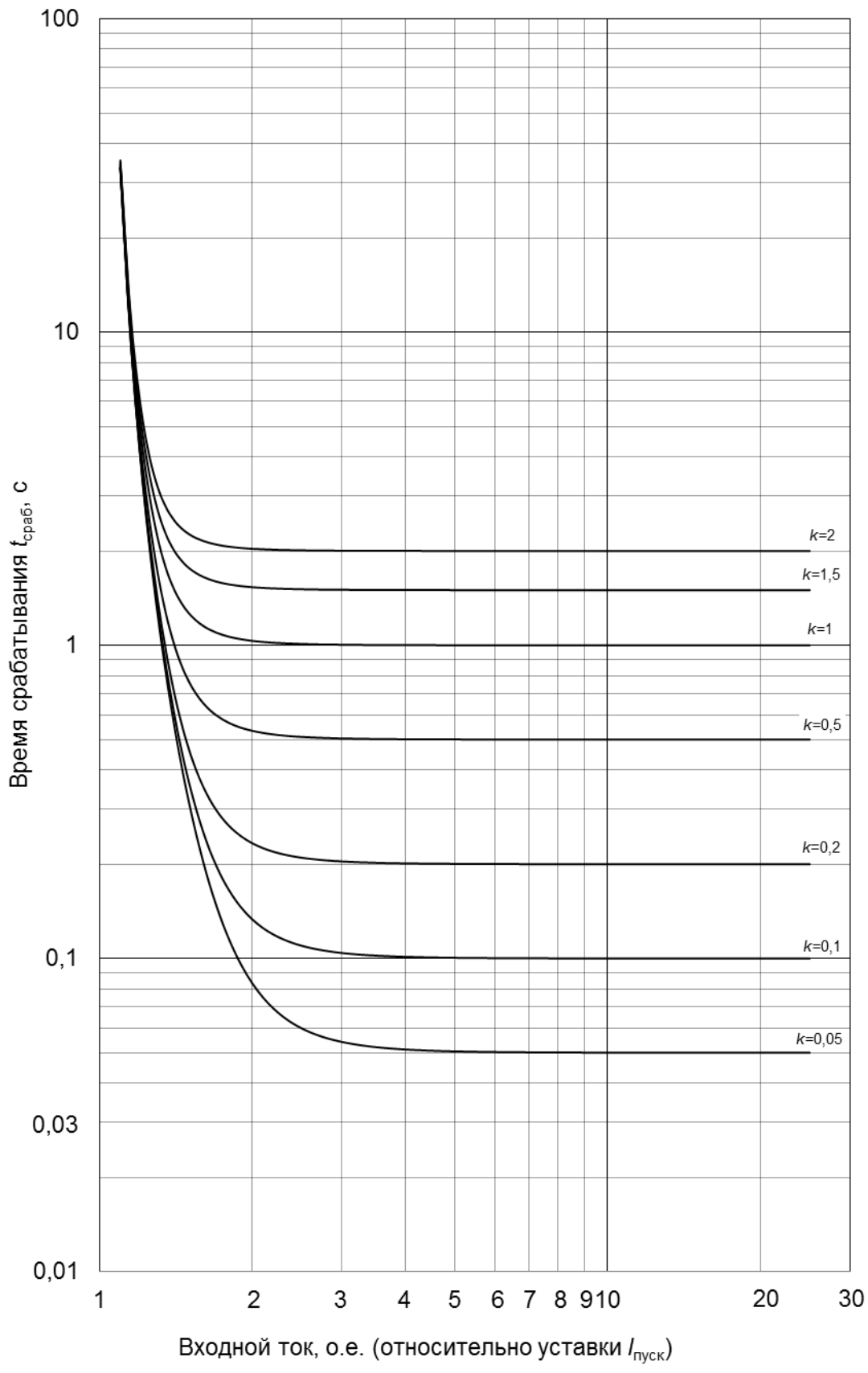


Рисунок Б.11 – Крутая (типа реле РТВ-I)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

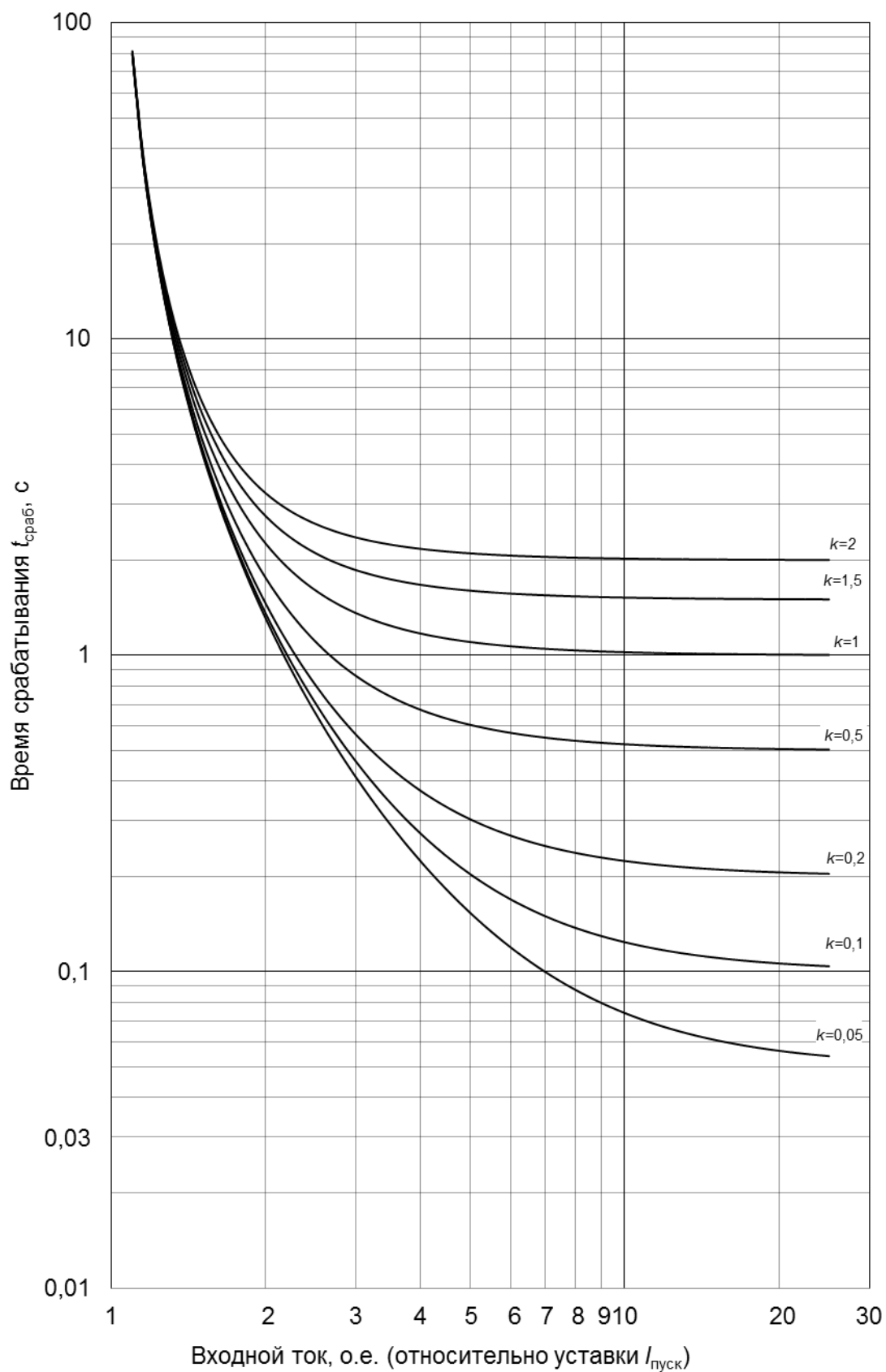


Рисунок Б.12 – Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80)

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

128

Б.2 Характеристические кривые зависимых выдержек времени на возврат

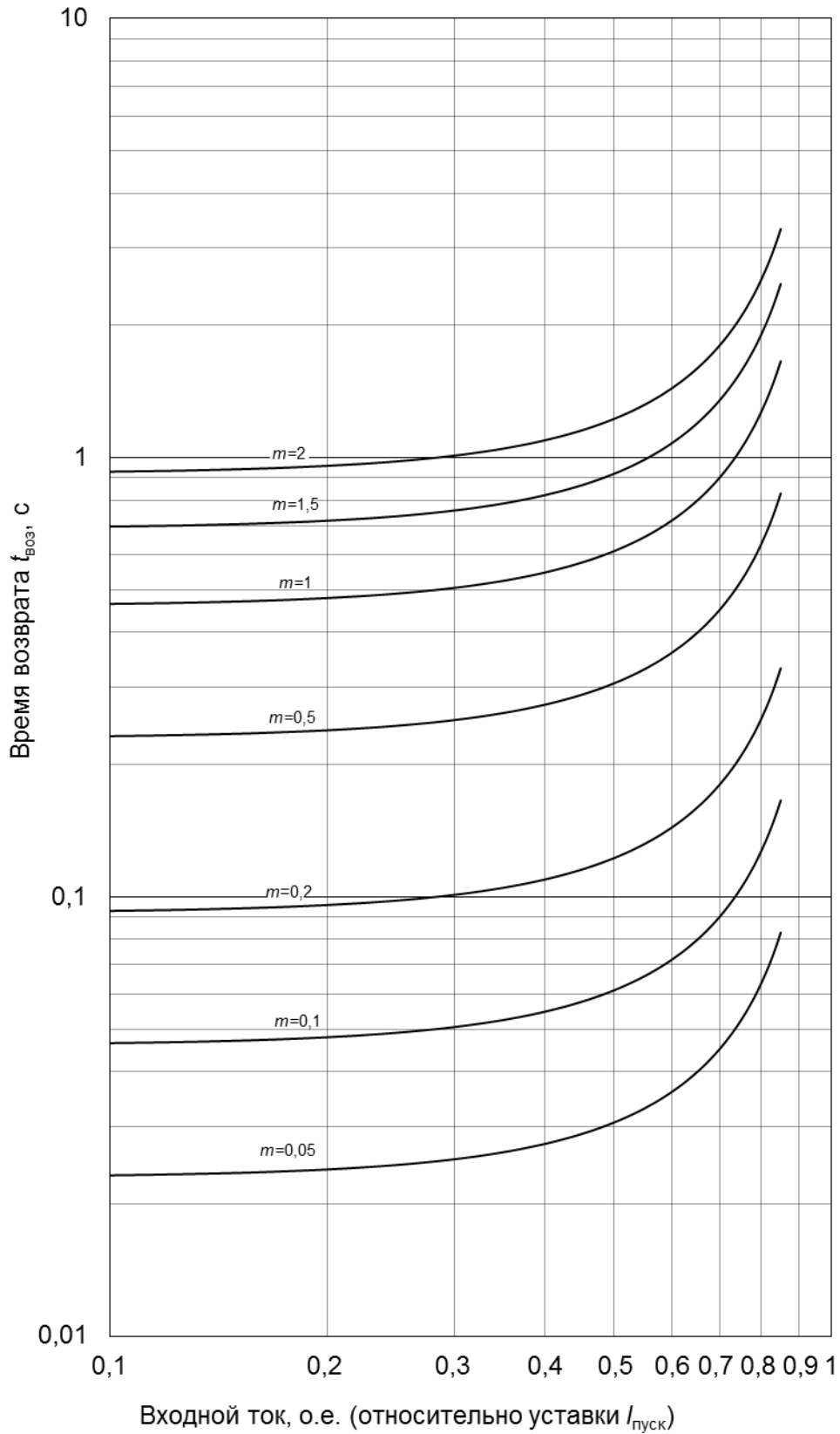


Рисунок Б.13- Нормально инверсная ANSI

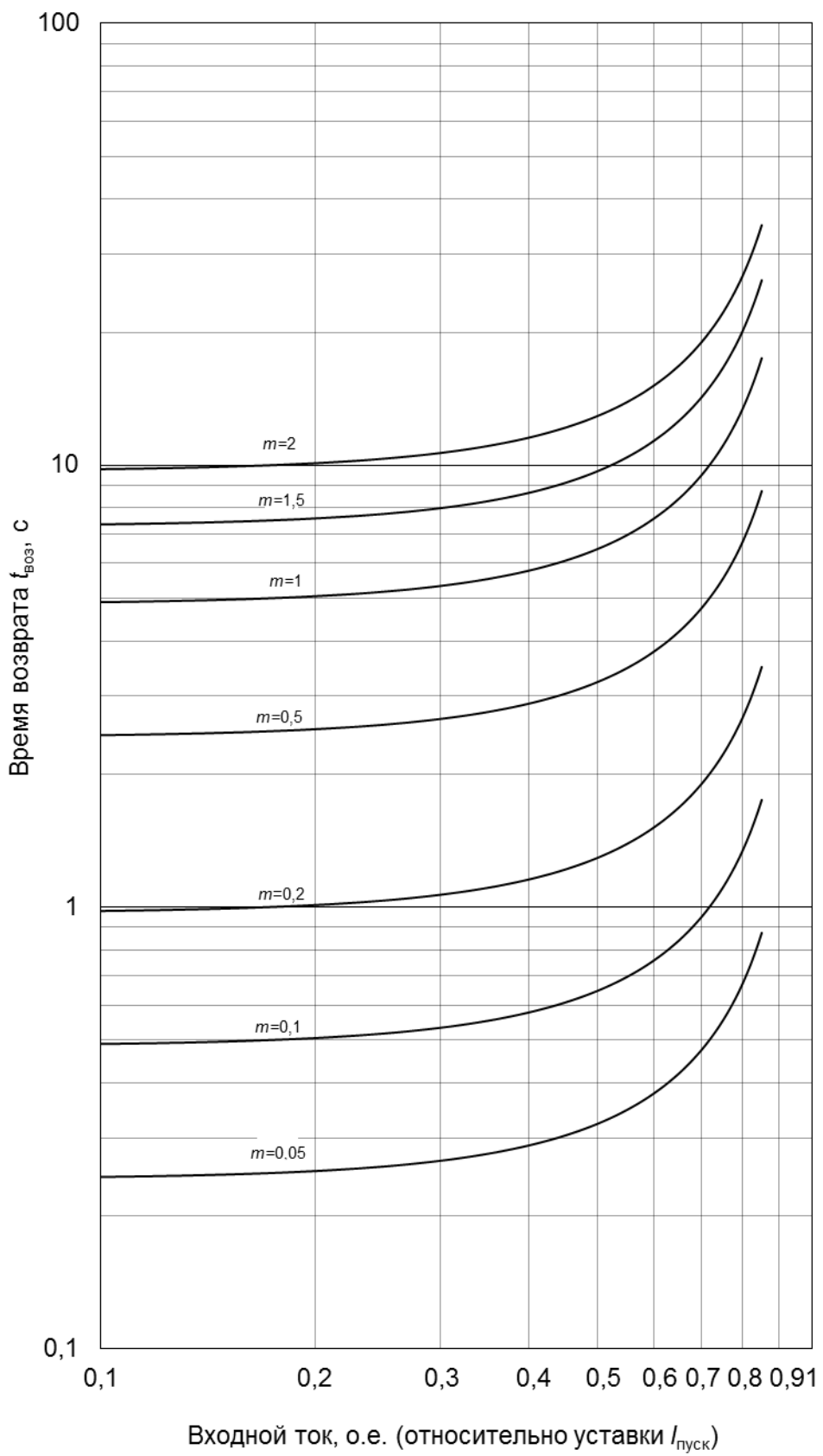
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

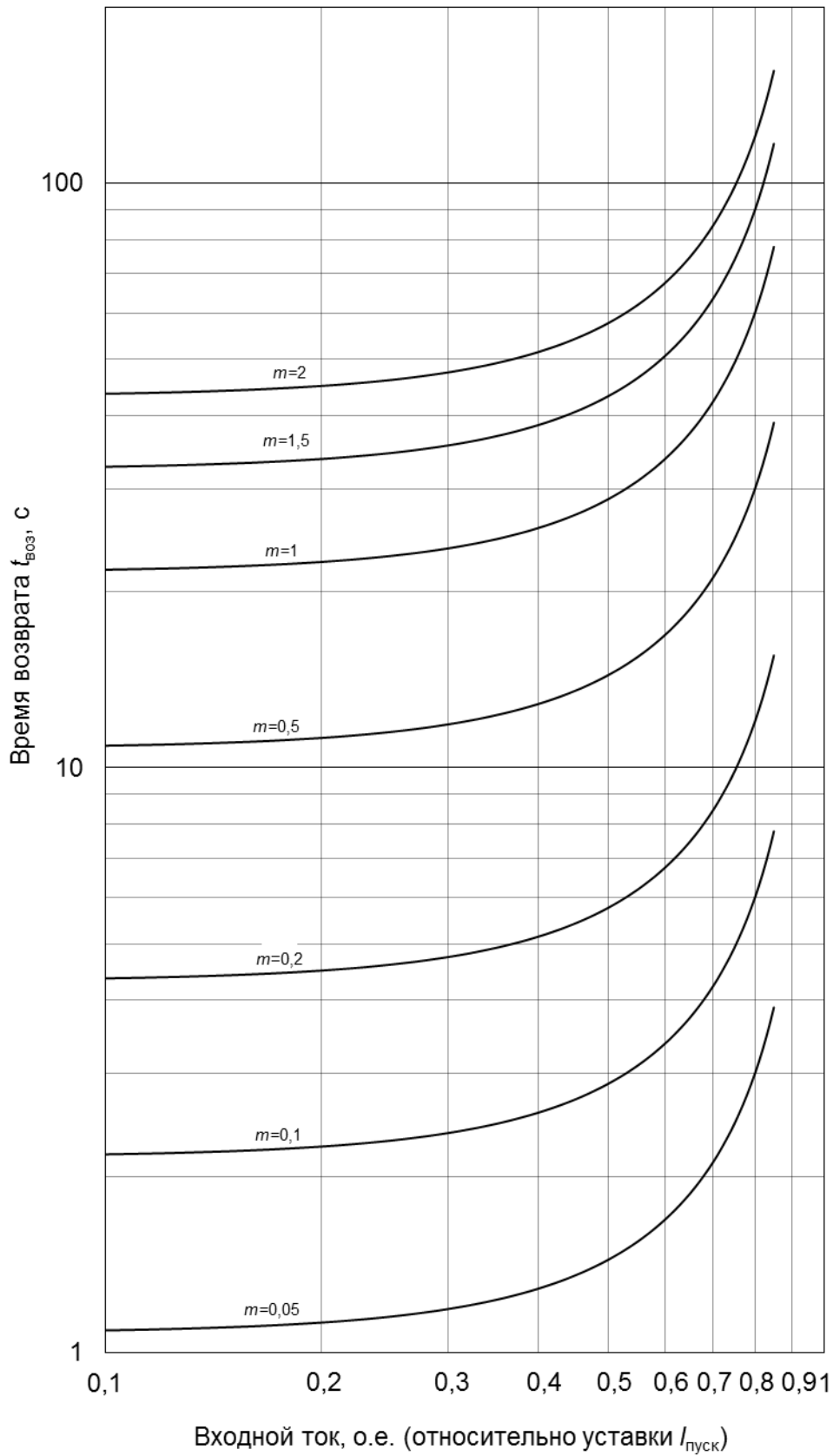
129



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

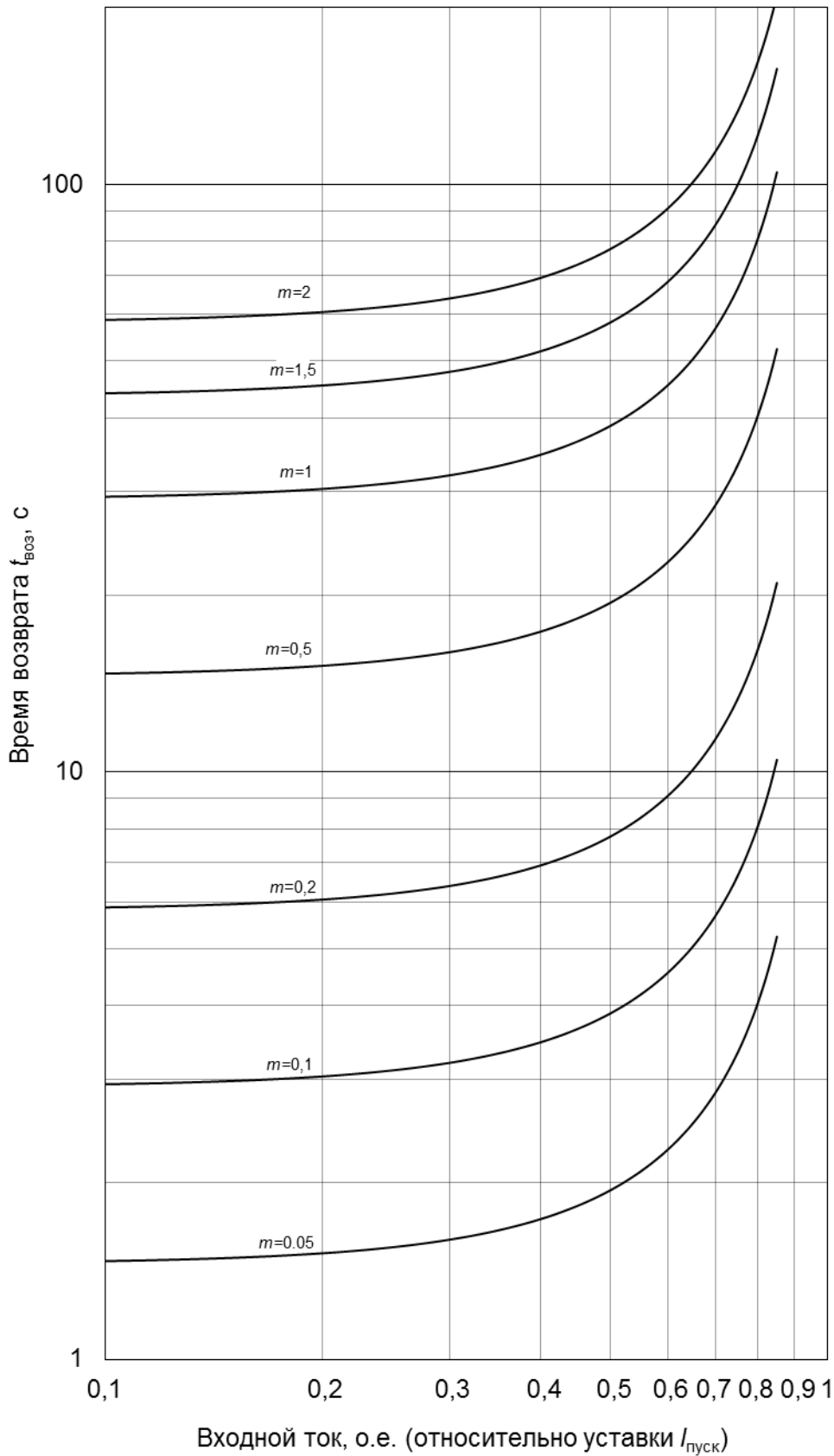


Рисунок Б.16 – Чрезвычайно инверсная ANSi

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Приложение В

(справочное)

Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А)

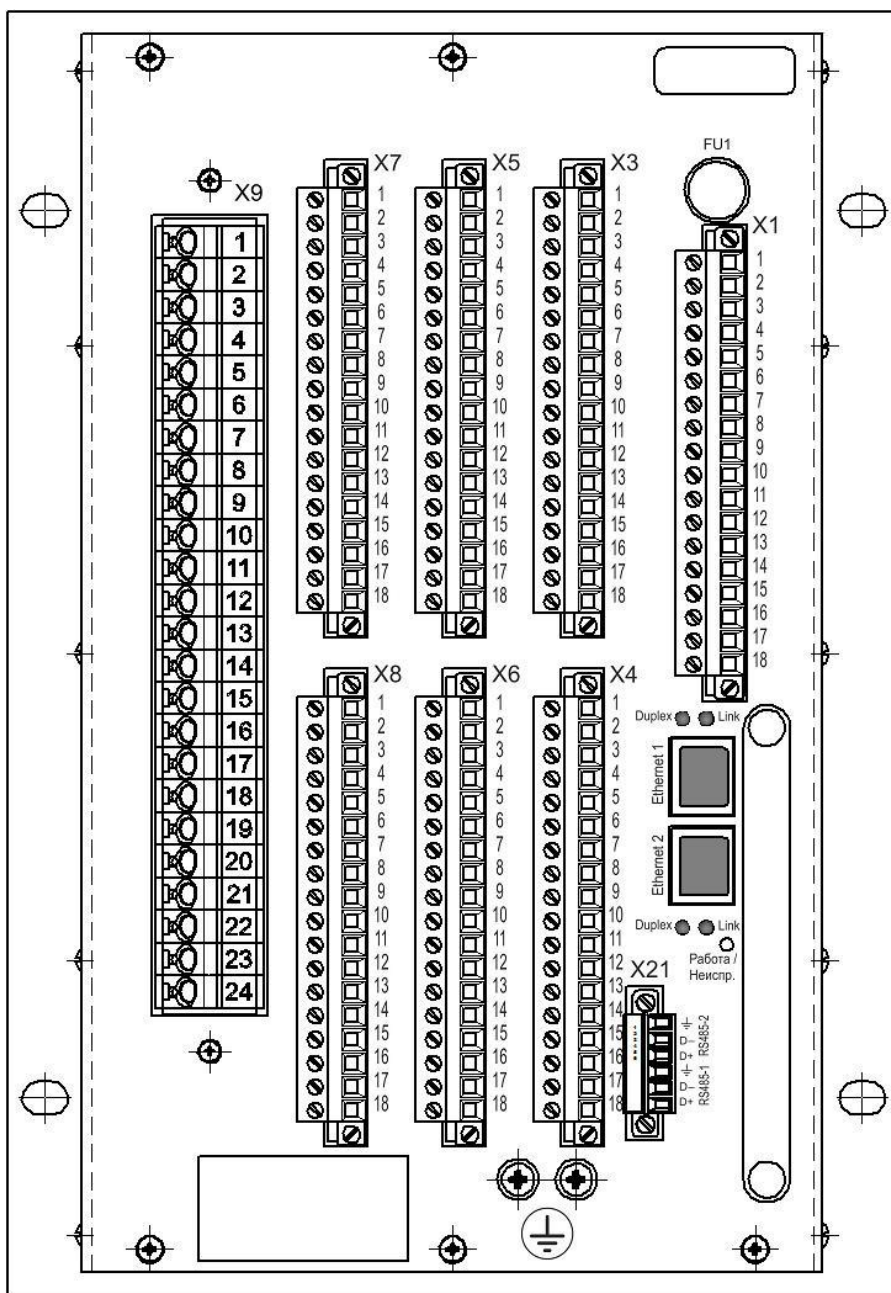


Рисунок В.1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата
008/Э7	Петрова 20.06.19			

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

Лист

133

Перечень принятых сокращений и обозначений

1 Принятые сокращения

АР	Асинхронный режим
АРМ	Автоматизированное рабочее место
АСДУ	Автоматизированная система диспетчерского управления
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
АУВ	Автоматика управления выключателем
АХ	Асинхронный ход
ВВВ	Выдержки времени на возврат
ВВС	Выдержки времени на срабатывание
ВН	Высшее напряжение
Г-Т	Генератор - трансформатор
ГТЭС	Газотурбинная электростанция
ДЗ	Дифференциальная защита
ДО	Дифференциальная отсечка
ИО	Измерительный орган
КЗ	Короткое замыкание
КИН	Контроль исправности цепей напряжения
КНН	Контроль наличия напряжения
КОН	Контроль отсутствия напряжения
КРУ	Комплектное распределительное устройство
НН	Низшее напряжение
ОПУ	Оперативный пункт управления
ПК	Персональный компьютер
ПО	Пусковой орган
ПпН	Пуск по напряжению
ПСИ	Приемо-сдаточные испытания
ПТЭ	Правила технической эксплуатации
ПТР	Преобразователь тока ротора
РЗиА	Релейная защита и автоматика
РКВ	Реле команды «Включить»
РКНН	Реле контроля наличия напряжения
РКО	Реле команды «Отключить»
РКОН	Реле контроля отсутствия напряжения
РН	Реле напряжения

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

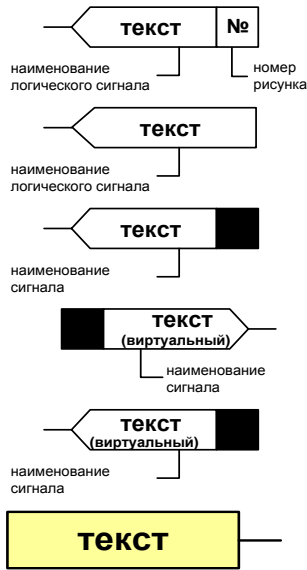
РНМ	Реле направления мощности
РПВ	Реле положения «Включено»
РПО	Реле положения «Отключено»
РТ	Реле тока
РФК	Реле фиксации команды
СВ	Секционный выключатель
СП	Схема подключения
ТЗНП	Токовая защита нулевой последовательности
ТН	Измерительный трансформатор напряжения
ТОНП	Токовая отсечка нулевой последовательности
ТТ	Измерительный трансформатор тока
ТТНП	Измерительный трансформатор тока нулевой последовательности
УРОВ	Устройство резервирования отказа выключателя
ФК	Фиксация команд
ФРП	Феррорезонансные процессы
ФС	Функциональная схема
ЦВ	Цепь включения
ЦО	Цепь отключения
ЦУ	Цепь управления
ШП	Шины питания
ЭДС	Электродвижущая сила
ЭС	Электроэнергетическая система
ЭЦК	Электронный центр качаний
ANSI	Американский Национальный Институт Стандартов
IEC	Международная электротехническая комиссия, МЭК

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ

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

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. дата	
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19	ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

Список используемой литературы

1. ОРТ.135.006 ТИ «Трансформаторы напряжения трехфазной антирезонансной группы НАЛИ-СЭЩ-6(10)».
2. 1ГТ.769.060 РЭ «Трехфазные группы 3хЗНОЛП.06»
3. ОРТ.135.006 ТИ «Трансформаторы напряжения трехфазной антирезонансной группы НАЛИ-СЭЩ-6(10)».
4. ПУЭ, Издание 7, 2013 г
5. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита, Москва, Энергоатомиздат, 2007
6. ООО НПП "ЭКРА", Техническое описание., : Измерительный орган тока с зависимой и независимой выдержкой времени – 3I_t, : 2014.
7. Н.В. Чернобровов, Релейная защита. Учебное пособие
8. В.А. Андреев, Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов, 4-е изд. перераб. и доп. – Москва, Высш. шк., 2006
9. РД 34.20.501-95, Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей российской федерации, Утверждено 24.08.2015.
10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, Утверждено приказом Министерства энергетики РФ 13.01.2003 N6
11. Шабад М.А. Защита генераторов малой и средней мощности – Москва, «Энергия», 1973
12. ЭКРА.656116.360 Цифровые защиты генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор электростанций// Техническое описание.- Чебоксары: [б.н.], 2010 г.
13. Гоник Я.Е. Иглицкий Е.С. Автоматика ликвидации асинхронного режима. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 112 с

Инв. № подл.	008/Э7	Подп. и дата	Петрова 20.06.19	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата						
4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19			ЭКРА.656122.036/217 0101 РЭ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								
							Лист					
							137					

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)			Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых					
1		все			140	ЭКРА.717 - 2017	Петрова	20.04.17
2		1,2,4,6,140			140	ЭКРА.2612-2017	Петрова	14.12.17
3	1, 4, 140				140	ЭКРА.510-2019	Петрова	20.03.19
4		все		139-140	138	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19

Инв. № подл.	008/Э7
Подп. и дата	Петрова 20.06.19
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. дата	

4	Зам.	ЭКРА.1198-2019	Петрова	20.06.19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата