



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

27.12.31.000

**ТЕРМИНАЛ ЗАЩИТ, АВТОМАТИКИ, УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ И
СИГНАЛИЗАЦИИ КАБЕЛЬНОЙ ИЛИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ, ЛИНИИ К ТСН
ЭКРА 217(А) 0301**

Руководство по эксплуатации
ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

EAC

| | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. 007/Э7 | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|

Авторские права на данную документацию принадлежат ООО НПП «ЭКРА». Снятие копий или перепечатка только по согласованию с разработчиком.


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

Код (пароль), вводимый при операциях

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

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

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

Метрологическая экспертиза проведена «19» 07 2019

 О.Г. Селиванова

| | |
|--------------|--------------------|
| Инд. № подл. | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|-----------|----------------|---|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | Разраб. | Кузнецова |  | 19.07.19 |
| | Пров. | Воробьев |  | 19.07.19 |
| | Н. контр. | Курочкина |  | 19.07.19 |
| | Утв. | Пашковский |  | 19.07.19 |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации кабельной или воздушной линии, линии к ТСН
 ЭКРА 217(А) 0301
 Руководство по эксплуатации

| | | |
|-----|------|--------|
| Лит | Лист | Листов |
| А | 2 | 124 |

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 | 17 |
| 1.5 | Характеристики защит и функций | 19 |
| 1.6 | Состав терминала и конструктивное выполнение | 92 |
| 1.7 | Средства измерений, инструмент и принадлежности | 92 |
| 1.8 | Маркировка и пломбирование | 92 |
| 1.9 | Упаковка | 92 |
| 2 | Использование по назначению | 93 |
| 2.1 | Эксплуатационные ограничения | 93 |
| 2.2 | Подготовка терминала к использованию | 93 |
| 2.3 | Работа с терминалом | 93 |
| 2.4 | Возможные неисправности и методы их устранения | 94 |
| 3 | Техническое обслуживание терминала | 95 |
| 3.1 | Общие указания | 95 |
| 3.2 | Меры безопасности | 95 |
| 3.3 | Рекомендации по техническому обслуживанию терминала | 95 |
| 3.4 | Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе | 95 |
| 4 | Транспортирование, хранение и утилизация | 97 |
| 4.1 | Требования к условиям хранения, транспортирования | 97 |
| 4.2 | Способ утилизации | 97 |
| | Приложение А (обязательное) Карта заказа ЭКРА 217(А) 0301 (терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации кабельной или воздушной линии, линии к ТСН) | 98 |
| | Приложение Б (справочное) Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А) | 101 |
| | Приложение В (справочное) Характеристические кривые зависимых выдержек времени | 102 |
| | Перечень принятых сокращений и обозначений | 118 |
| | Список литературы | 120 |

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|----------------|--------------------|----------|-----------------------------|------------|--|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 | | | Подп. дата | | |
| Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | | | | | | |
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | 3 |

Настоящим руководством по эксплуатации (далее – РЭ) следует руководствоваться при изучении, монтаже и эксплуатации цифровых микропроцессорных устройств защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации кабельной или воздушной линии, линии к ТСН ЭКРА 217(А) 0301 (далее - терминалы) совместно со следующими схемами:

- схема электрическая подключения ЭКРА.656122.036/217 0301 Э5;
- схема электрическая функциональная ЭКРА.656122.036/217 0301 Э2;
- бланк уставок ЭКРА.656122.036/217 0301 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 RECVIEWER для просмотра и анализа осциллограмм (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора | диск, сайт* |
| ЭКРА.00006-07 34 01 | «Программа АРМ-релейщика (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора | диск, сайт* |
| ЭКРА.00007-07 34 01 | «Программа Сервер связи (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора | диск, сайт* |
| ЭКРА.00019-01 34 01 | «Комплекс программ EKRASMS-SP Быстрый старт» Руководство оператора | бумага, диск, сайт* |
| ЭКРА.00039-01 34 01 | «Работа с гибкой логикой (комплекс программ EKRASMS-SP)» Руководство оператора | диск, сайт* |
| ЭКРА.650321.001 РЭ | «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» Руководство по эксплуатации | диск, сайт* |
| ЭКРА.650321.036 И | «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200, шкафы типов ШЭ111Х(А) и серии ШЭЭ 200» Инструкция по замене составных частей | диск, сайт* |
| ЭКРА.650320.001 И1 | «Терминалы серии ЭКРА 200, шкафы типов ШЭ111Х(А) и серии ШЭЭ 200» Инструкция по устранению неисправностей | диск, сайт* |

*Сайт предприятия www.ekra.ru.

| | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|----------|----------------|-----------|-----------------------------|--------------|------------|-----------|
| Инв. № подл. 007/Э7 | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | | | | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | |
| | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | | | | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | Лист 4 |

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. | 007/ЭТ | | | | Лист |
| | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 | | | | 5 |
| Взам. инв. № | | | | | |
| Инв. № дубл. | | | | | |
| Подп. дата | | | | | |
| ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |

1 Описание и работа

1.1 Назначение

1.1.1 Терминал ЭКРА 217(А) 0301 – унифицированное микропроцессорное устройство, применяемое в качестве комплексной системы защит, автоматизации, управления выключателем и сигнализации отходящей линии (кабельной или воздушной, к ТСН с номинальным напряжением сети от 6 до 35 кВ и мощностью до 6,3 МВ·А).

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 верификации* и валидации** терминалов приведена в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ.

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

1.2.6 Основные номинальные параметры терминала указаны в таблице 2.

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

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

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|-----------------------------|------|----------------|-----------|----------|------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | | | Лист |
| | | | | | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | 6 |
| 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 ЗОЗ3-1); - для нулевой последовательности (для ЗОЗ3-2) | 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 ЗОЗ3-1; - нулевой последовательности для реализации ЗОЗ3-2 | $(0,05 - 40,0) \cdot I_{НОМ}$ $(0,005 - 2,5) \cdot I_{НОМ}$ $(0,05 - 40,0) \cdot I_{НОМ}$ |
| Термическая стойкость входных цепей переменного тока: - 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, А | $5,0 \cdot I_{НОМ}$ $100,0 \cdot I_{НОМ}$ $10,0 \cdot I_{НОМ}$ 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 3Uo в течение 1 мин | 300 500 |
| Номинальная частота аналоговых сигналов переменного тока $f_{НОМ}$, Гц | 50 |
| Номинальное оперативное напряжение постоянного тока - $U_{ПИТ}$, В** | 220 или 110 |
| Номинальное оперативное напряжение переменного тока - $U_{ПИТ}$, В** | 220 |
| Количество аналоговых входов: - для подключения к вторичным цепям ТТ; - для подключения к вторичным цепям ТТНП; - для подключения к вторичным цепям ТТ, установленного в нейтрале ТСН на стороне 0,4 кВ; - для подключения к дополнительной обмотке ТН, собранной по схеме «звезда»; - для подключения к дополнительной обмотке ТН, собранной по схеме «разомкнутый треугольник»; - резерв для подключения цепей: тока; напряжения | 3 2*** 1 3 1 2 0 |
| Количество дискретных входов | 24 |
| Количество дискретных выходов | 24 |
| Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69** | УХЛ3.1 О4**** |

| | | | |
|--------------|--------|--------------------|------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Подп. дата |
| | | Кузнецова 19.07.19 | |
| Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | |
| | | Взам. инв. № | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

7

Продолжение таблицы 2

| Наименование параметра | Значение |
|---|---|
| Электрические интерфейсы, поддерживаемые терминалом, шт.: - RS-485; - Ethernet | 2 2 |
| Протоколы обмена, поддерживаемые терминалом | Modbus RTU Modbus TCP МЭК 60870-5-103 МЭК 60870-5-104 МЭК 61850-8-1** |
| Поддерживаемые протоколы программной синхронизации времени внутренних часов терминала | Modbus RTU Modbus TCP МЭК 60870-5-103 МЭК 60870-5-104 SNTP IRIG-B |
| Поддерживаемые электрические интерфейсы аппаратной синхронизации времени внутренних часов терминала | 1PPS IRIG-B |
| Средняя основная погрешность срабатывания всех выдержек времени на любой уставке не более $\pm 2\%$ от значения уставки или ± 20 мс в зависимости от того, какая из величин больше.***** | |
| <p>*Номинальный ток аналогового входа задается программно на заводе изготовителе, при эксплуатации данный параметр может быть изменен.</p> <p>**При размещении заказа на производство, требуемое значение указывается в карте заказа (см. приложение А).</p> <p>***Чувствительный и стандартный аналоговые входа, с возможностью выбора варианта подключения.</p> <p>****Номинальные значения климатических факторов внешней среды приведены в руководстве по эксплуатации «Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200» – ЭКРА.650321.001 РЭ.</p> <p>*****Без учета времени срабатывания выходного реле терминала, которое составляет не более 10 мс и времени обработки данных в терминале, которое составляет не более 20 мс.</p> | |

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

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

1.2.9 Характеристики необходимые для расчета уставок приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики необходимые для расчета уставок

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

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

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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 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 так же 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 Б

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.

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.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| | |
| Инв. № дубл. | |
| | |
| Подп. дата | |
| | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

1.2.29 Гарантии предприятия-изготовителя указываются в паспорте 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) 0301 выполняет следующие функции:

а) в части защит:

- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ);
- 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 замыканий на землю (ЗОЗЗ-2);
- защита стороны НН ТСН;
- защита от повышения напряжения (ЗПН);
- защита от минимального напряжения (ЗМН);
- контроль наличия (отсутствия) напряжения на шинах;
- газовая защита (ГЗ);
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- защита от дуговых замыканий (ЗДЗ);
- два дополнительных трехфазных реле тока;

б) в части автоматики управления:

- автоматическая частотная разгрузка (АЧР) и частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ);
- однократное и двукратное трехфазное автоматическое повторное включение (АПВ);
- автоматика управления выключателем (АУВ);
- определение места повреждения при междуфазных КЗ (ОМП);

в) в части измерения, осциллографирования, регистрации:

- измерение действующего значения напряжения по каждой фазе и линейные;
- измерение действующего значения тока в каждой фазе;
- измерение частоты сети;
- измерение активной мощности пофазно и суммарной;
- измерение реактивной мощности пофазно и суммарной;
- измерение полной мощности пофазно и суммарной;
- измерение коэффициента активной мощности пофазно и суммарного;
- индикация текущих величин;
- осциллографирование аварийных процессов в соответствии с требованиями, приведенными в руководстве ЭКРА.650321.001 РЭ;

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

- передача осциллограмм и событий с меткой времени по цифровым каналам связи;
- регистрация событий в нормальном и аварийном режимах;
- встроенные часы-календарь;
- синхронизация по времени (программная и программно-аппаратная, см. руководство ЭКРА.650321.001 РЭ);

г) в части связи с АСУ ТП:

- порты для связи с АСУ ТП (2 порта RS-485, 2 порта Ethernet);
- чтение/запись всех параметров нормального и аварийных режимов;
- программное обеспечение для конфигурирования и задания уставок устройства (комплекс программ EKRASMS-SP);

д) дополнительные возможности:

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

Подробное описание дополнительных возможностей приведено в ЭКРА.650321.001 РЭ.

1.2.32 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. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| 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 измерения 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) 0301, 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 для каждого из дискретных входов терминала доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRASMS-SP (см. соответствующие руководства ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01). |
|------------------|---|

1.3 Параметрирование аналоговых входов

1.3.1 Для 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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

напряжений, а также коэффициентов трансформации векторов доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRASMS-SP (см. соответствующее руководства ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01) в пункте «Уставки -> «Уставки векторов».

1.3.2 Пример задания параметров аналоговых входов тока

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные

| Параметр | Значение |
|--|-------------|
| Тип защищаемого объекта | Линия к ТСН |
| Номинальная мощность защищаемого объекта – $S_{ном.}$, кВ·А | 1000 |
| Номинальное линейное напряжение на вводах первичной обмотки – $U_{ном.лин.перв.}$, кВ | 6 |
| Схема и группа соединения обмоток ТТ | Y-0 |
| Номинальные параметры ТТ, $I_{ном.ТТперв.}$, А / $I_{ном.ТТвтор.}$, А | 600/5 |
| Номинальный коэффициент трансформации ТТНП – $k_{ТТНП}$ | 30/1 |
| Номинальные параметры ТТ, установленного в нейтрале ТСН со стороны низшего напряжения (если установлен), $I_{ном.ТТперв.}$, А / $I_{ном.ТТвтор.}$, А | 1500/5 |

1.3.2.1 Расчет и задание параметров аналоговых входов IY

Первичный номинальный фазный ток защищаемого объекта рассчитывается по формуле

$$I_{ном.фаз.перв} = \frac{S_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.лин.перв.}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 96,22 \text{ А.} \quad (1)$$

Номинальный коэффициент трансформации ТТ по ГОСТ 7746-2015 рассчитывается по формуле

$$k_{ТТ} = \frac{I_{ном.ТТперв.}}{I_{ном.ТТвтор.}} = \frac{600}{5} = 120. \quad (2)$$

Вторичный номинальный (базисный) ток рассчитывается по формуле

$$I_{ном.фаз.втор} = k_{сх} \cdot \frac{I_{ном.фаз.перв}}{k_{ТТ}} = 1 \cdot \frac{96,22}{120} = 0,802 \text{ А,} \quad (3)$$

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

В терминал необходимо ввести следующие параметры, задающие базовый ток. Для группы трехфазной токовой цепи (IY): номинальный (базисный) ток – 0,802 А; коэффициент трансформации – 120 (см. рисунок 1).

| | |
|--------------|--------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

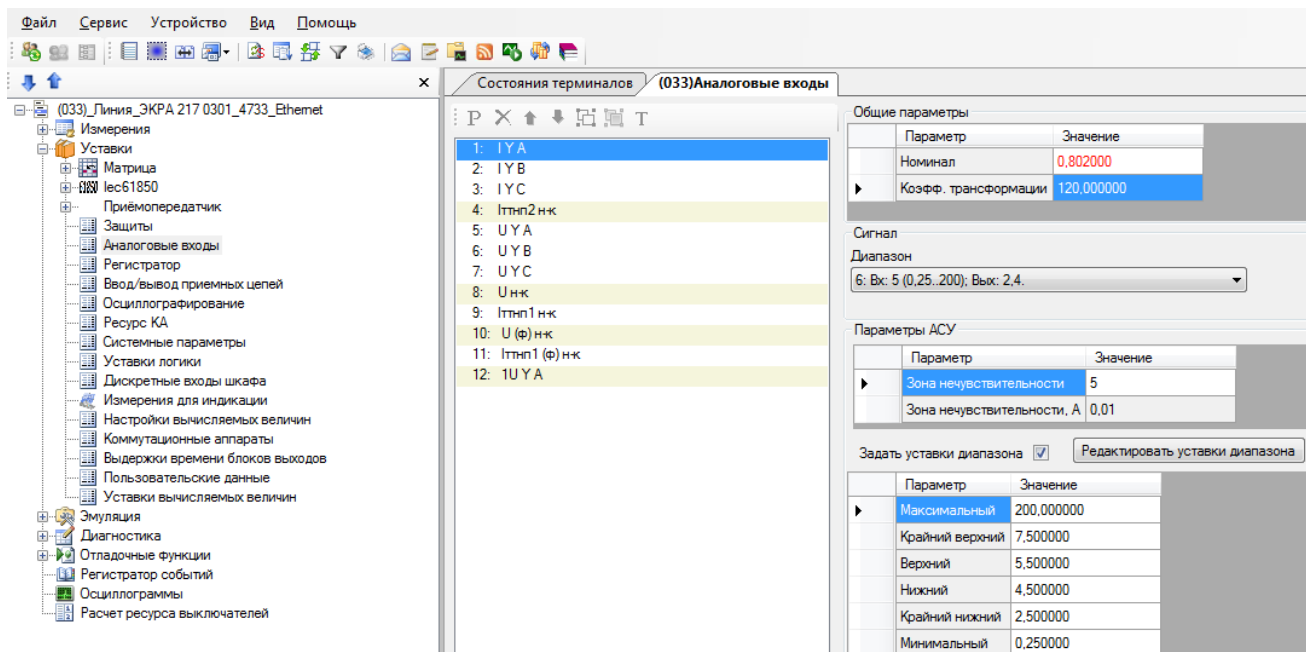


Рисунок 1 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной токовой цепи (IY)

1.3.2.2 Расчет и задание параметров аналогового входа $I_{\text{ТТНП1 н-к}}$ *

Аналоговый вход используется для реализации функции контроля исправности вторичных токовых цепей ТТ (КИТ, см. 1.5.10) и защиты от двойных замыканий на землю (ЗОЗЗ-2, см. 1.5.8).

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

$$I_{\text{ном.ттнп1.втор}} = \frac{I_{\text{ном.фаз.перв}}}{k_{\text{ТТНП}}} = \frac{96,22}{30} = 3,2 \text{ А.} \quad (4)$$

В терминал необходимо ввести следующие параметры: для входа $I_{\text{ТТНП1 н-к}}$: номинал – 3,2 А; фактический коэффициент трансформации (у ТТНП) – 30.

1.3.2.3 Расчет и задание параметров аналогового входа $I_{\text{ТТНП1 (ф) н-к}}$

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 $I_{\text{ТТНП1 (ф) н-к}}$ в терминал необходимо ввести следующие параметры: номинал 0,6 А (либо 0,2 А); фактический коэффициент трансформации (у ТТНП) – 30.

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

| | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист |
| | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |

1.3.3 Пример задания параметров аналоговых входов напряжения

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

Исходные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные [1]

| Параметр | Значение |
|--|--------------------|
| Тип ТН | НАЛИ-СЭЩ-6-1 У(Т)2 |
| Схема соединения обмоток | 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

$$k_{ТНосн} = \frac{U_{ном. перв.}}{U_{ном. втор. осн.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}} = 60. \quad (5)$$

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

$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном. фаз. перв.}}{U_{доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / 3} = 103,9. \quad (6)$$

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 2). Для цепи напряжения нулевой последовательности ($U_{н-к}$ и $U_{(ф)н-к}$): номинал цепи $100/3=33,33 В$; коэффициент трансформации – 103,9.

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

Исходные данные представлены в таблице 6.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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

$$k_{ТНосн} = \frac{U_{ном.перв.}}{U_{ном.втор.осн.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}} = 60. \quad (7)$$

Коэффициент трансформации дополнительной обмотки рассчитывается по формуле

$$k_{ТНдоп} = \frac{U_{ном.перв.}}{U_{доп.}} = \frac{6000 / \sqrt{3}}{100} = 34,64. \quad (8)$$

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 – 34,64.

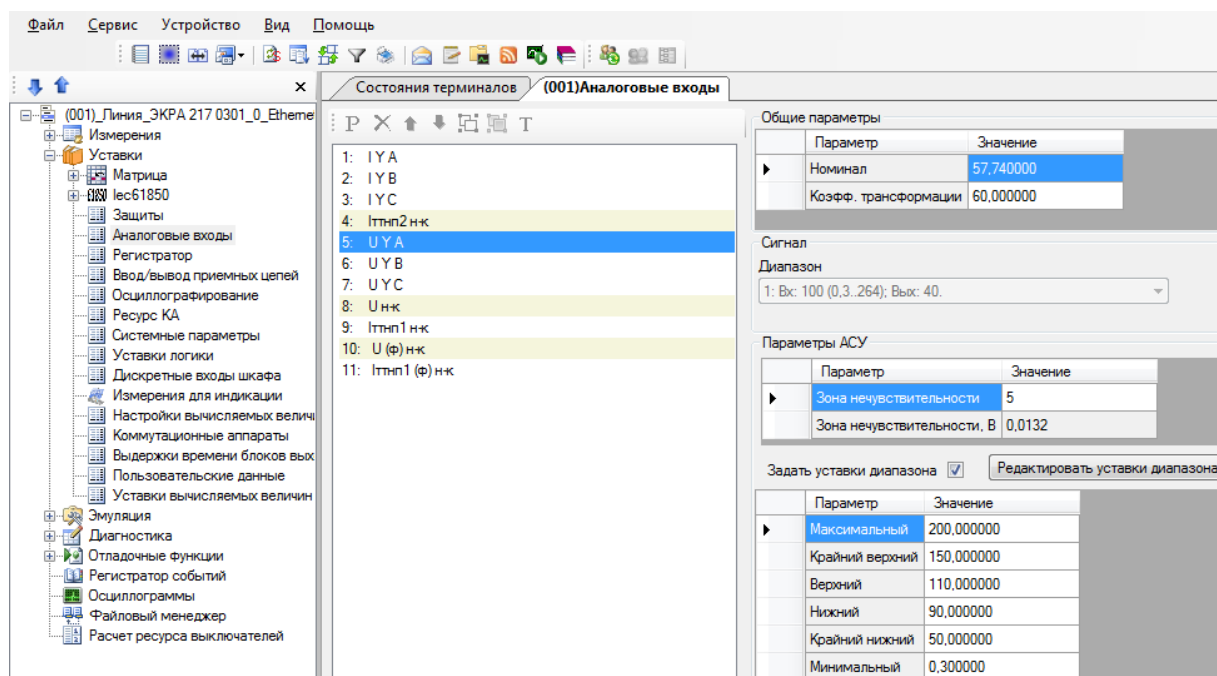


Рисунок 2 – Окно ПО АРМ-релейщика. Задание параметров аналоговых входов группы трехфазной цепи напряжения (UY)

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|---|------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист |
| | | | | | | | | | | | 16 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | |

1.4 Требования к трансформаторам тока

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

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

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

1.4.1 Общие рекомендации по выбору фазных ТТ

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

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

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

- 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

| | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист |
| | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

формой магнитопровода с равномерной намоткой вторичной обмотки по поверхности магнитопровода, а с не квадратной формой или прямоугольной.

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

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

| | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | 18 |

1.4.2.6 Токовые цепи от ТТНП в зависимости от уровня емкостного тока замыкания на землю на секции шин и коэффициента трансформации ($k_{\text{ТТНП}}$) кабельного ТТНП на защищаемом фидере, могут быть подключены к одному из двух аналоговых входов терминала для обеспечения работы измерительного органа защиты в необходимом диапазоне измерений аналогового датчика. Типовым является подключение токовых цепей от ТТНП к разъему Х9:23-24 аналоговых входов терминала с номиналом 0,6 А. В случае, если $k_{\text{ТТНП}}$ 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 МТЗ для воздушных и кабельных линий в сетях от 6 до 35 кВ и линий к трансформаторам до 6,3 МВ·А является основной защитой от междуфазных замыканий [4, раздел 3].

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 и/или иметь комбинированный пуск по напряжению.

Таблица 7 – Программные накладки МТЗ

| Имя | Название | Состояние |
|-------------------------|--|--|
| МТЗ-1_Авт_загр_уст | Автоматическое загрубление 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 |
| 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 |
| МТЗ-2_Пуск_по_напр | Пуск по напряжению МТЗ-2 | 1 - предусмотрен |
| | | 0 - не предусмотрен |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|---|------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|------|----|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист | 19 |
| | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 7

| Имя | Название | Состояние |
|-------------------------|--|---|
| MT3-3_Напр_при_Неисп_ТН | Действие направленной MT3-3 при неисправности ТН | 1 - Авт. переключение на ненаправленную работу 0 - Запрет работы |
| MT3-3_Конт_напр | Контроль направленности MT3-3 | 1 - предусмотрен 0 - не предусмотрен |
| MT3-3_Пуск_по_напр | Пуск по напряжению MT3-3 | 1 - предусмотрен 0 - не предусмотрен |

1.5.1.4 Воздействия каждой из ступеней MT3 могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.27). Основные параметры ИО (реле тока) каждой из ступеней приведены в 1.5.1.9, 1.5.1.10, соответственно. Функциональные схемы ступеней MT3 представлены на рисунках 3 - 5.

1.5.1.5 Особенность первой ступени защиты MT3 в том, что она имеет возможность автоматического заглубления уставки на момент включения выключателя. Автоматическое заглубление уставки вводится при любых включениях выключателя при наличии соответствующего положения программной накладки (см. таблицу 7).

| | |
|------------------|--|
| Внимание! | Для корректной работы MT3-1, в режиме «Автоматическое заглубление уставки», обязательным условием является превышение величины времени ввода заглубления (выдержка времени «РПО_t», см. 1.5.22) над задержкой на срабатывание (см. таблицу 8). |
|------------------|--|

Таблица 8 – Выдержки времени MT3-1

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

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

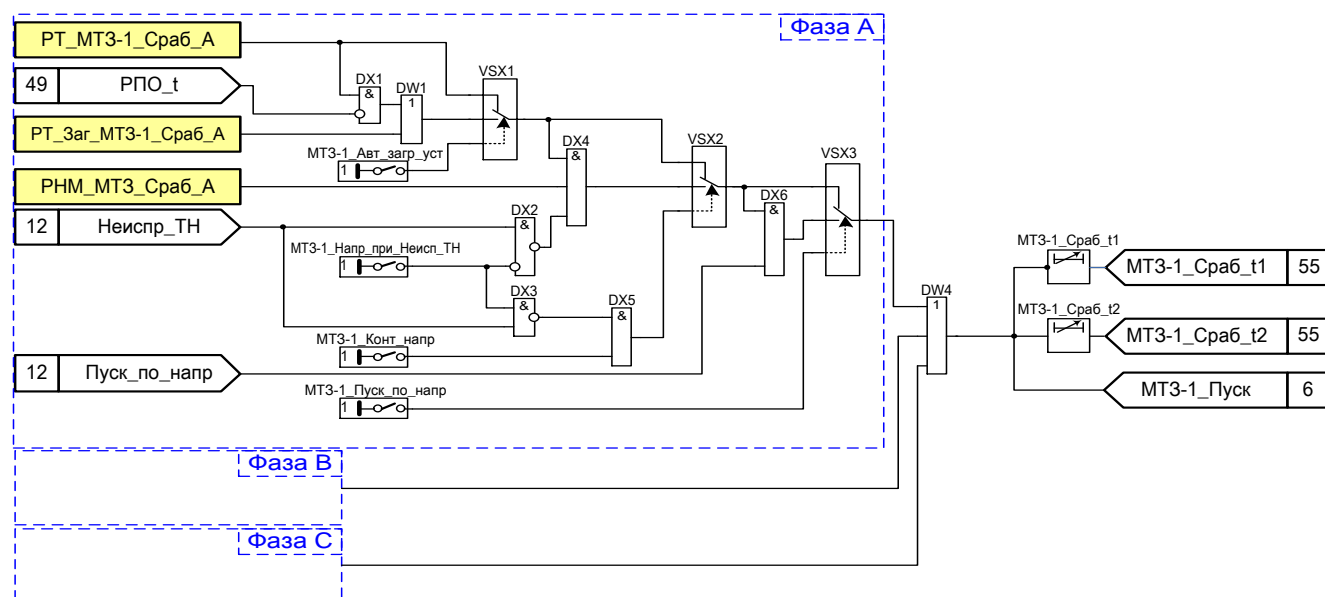


Рисунок 3 – Фрагмент функциональной схемы MT3-1

| | |
|--------------|--------------------|
| Имя | Подп. и дата |
| Инв. № дубл. | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.1.6 Вторая и третья ступени МТЗ могут быть выполнены как с зависимыми время-токовыми характеристиками срабатывания, так и с независимыми. Полный перечень характеристических кривых приведен в таблицах 14, 15, вид характеристических кривых приведен в приложении В, остальные параметры приведены в 1.5.1.10. Выдержки времени МТЗ-2 и МТЗ-3 приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Выдержки времени МТЗ-2 и 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.

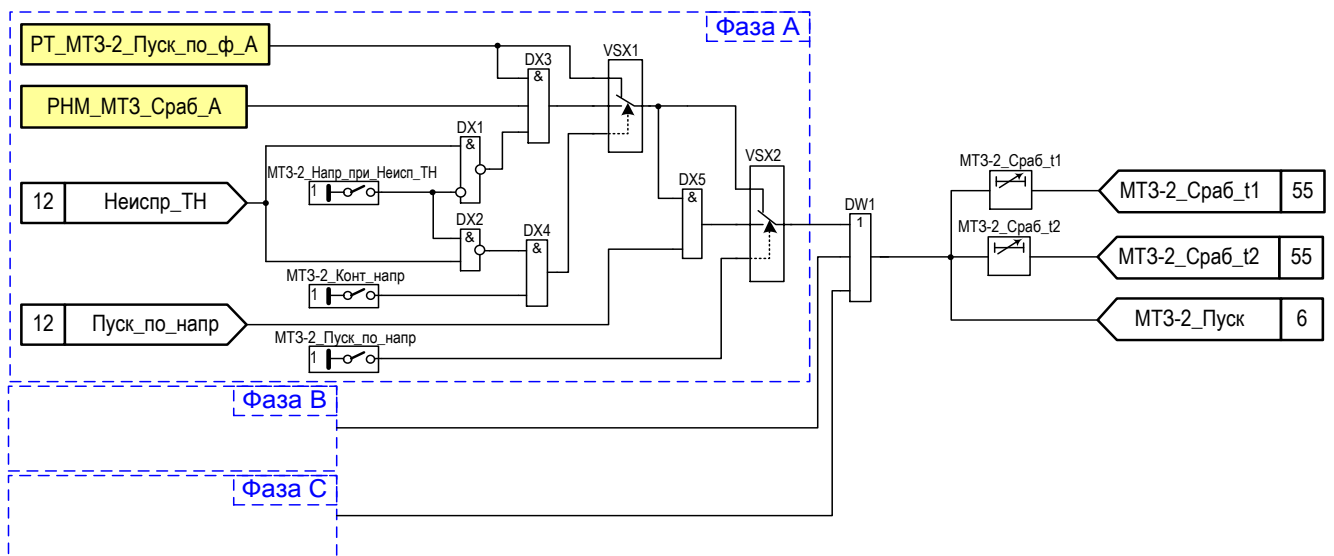


Рисунок 4 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-2

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 6.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

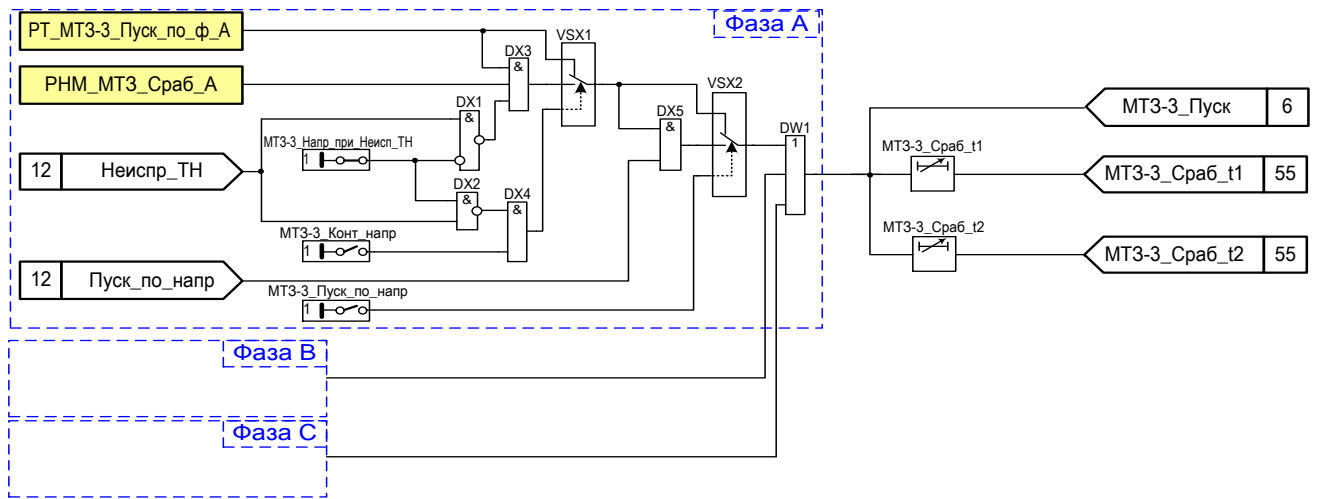


Рисунок 5 – Фрагмент функциональной схемы МТЗ-3

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. 1.5.22 над выдержкой времени – «Ускор_МТЗ» (см. таблицу 10).

Режим оперативного ускорения целесообразно использовать при выборе независимой время-токовой характеристики срабатывания.

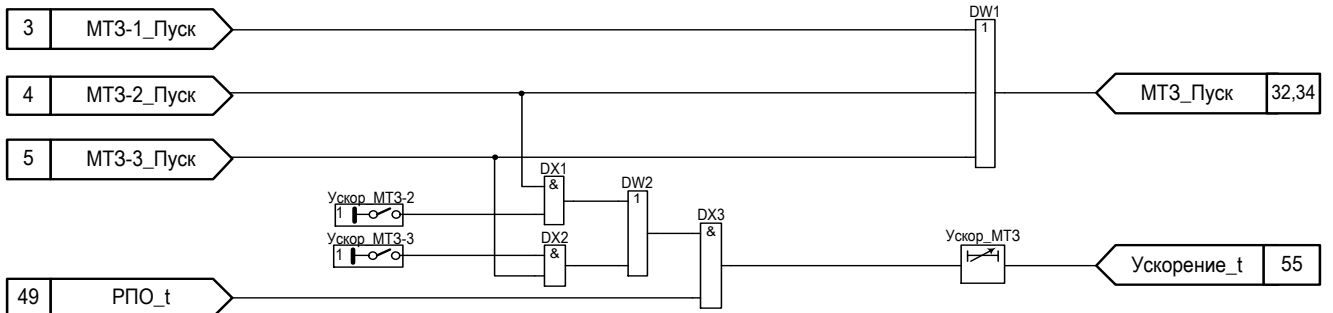


Рисунок 6 – Фрагмент функциональной схемы «Пуска МТЗ» и «Ускорения МТЗ»

Таблица 10 – Выдержки времени ускорения

| Имя | Название | Уставка | |
|-----------|---|--------------------------|----------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендуемый диапазон*, с |
| Ускор_МТЗ | Регулируемая выдержка времени на срабатывание МТЗ 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 МТЗ» и «Ускорения МТЗ»

| Имя | Название | Состояние |
|-------------|-----------------|----------------------|
| Ускор_МТЗ-2 | Ускорение МТЗ-2 | 1 - предусмотрено |
| | | 0 - не предусмотрено |
| Ускор_МТЗ-3 | Ускорение МТЗ-3 | 1 - предусмотрено |
| | | 0 - не предусмотрено |

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

| | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|--------------------|--------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| | | | | | | |

| | | | | |
|------|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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

1.5.1.9 Принцип действия ИО МТЗ-1

1.5.1.9.1 ИО «РТ МТЗ-1» и «РТ Заг МТЗ-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.

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 | $(0,05 - 40) \cdot I_{НОМ}^*$ | 0,001 |
| Коэффициент возврата | 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 [5]

1.5.1.10.1 ИО МТЗ-2, МТЗ-3 реализованы однотипно. Пример характеристики срабатывания зависимой время-токовой характеристики приведен на рисунке 8. Основные параметры приведены в таблице 13. Функционально-логическая схема ИО приведена на рисунке 7.

1.5.1.10.2 Измерительный орган МТЗ-2, МТЗ-3 представляет собой орган максимального действия. Расчет 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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инд. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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.

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). При превышении значения тока 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 8). 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 8).

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 8).

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

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. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

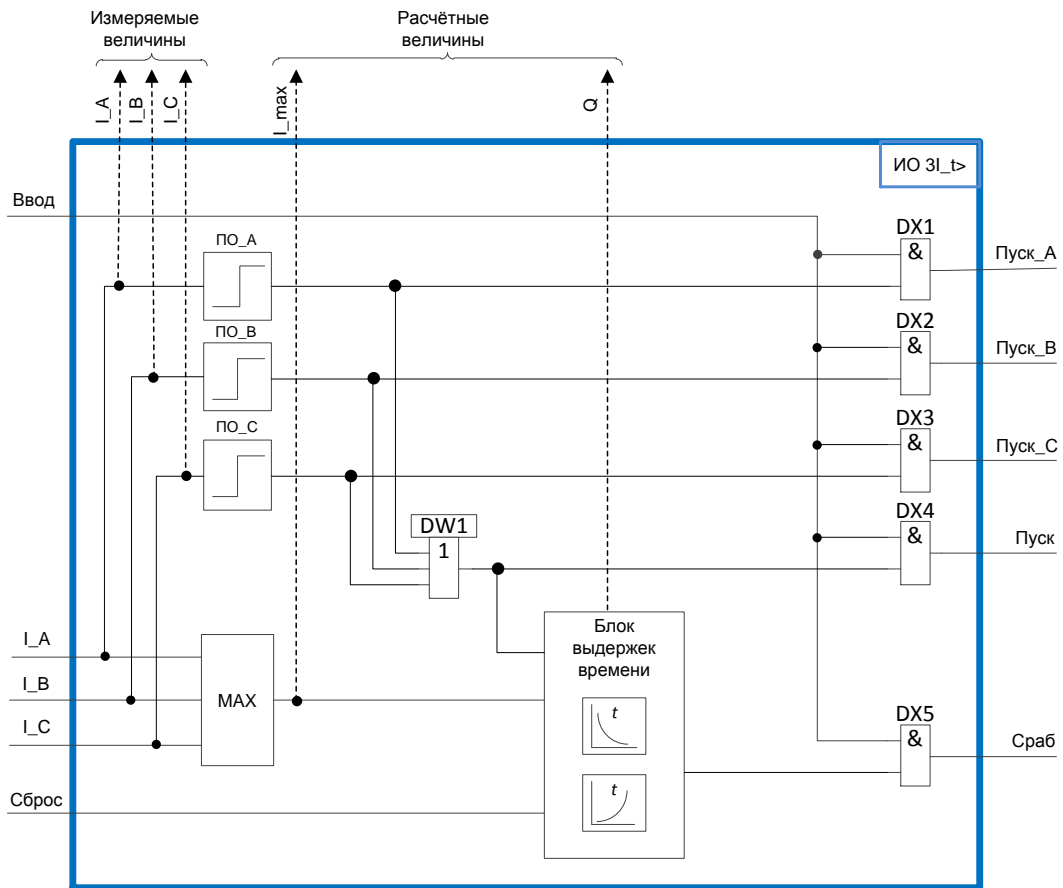


Рисунок 7 – Функционально-логическая схема ИО МТ3-2, МТ3-3

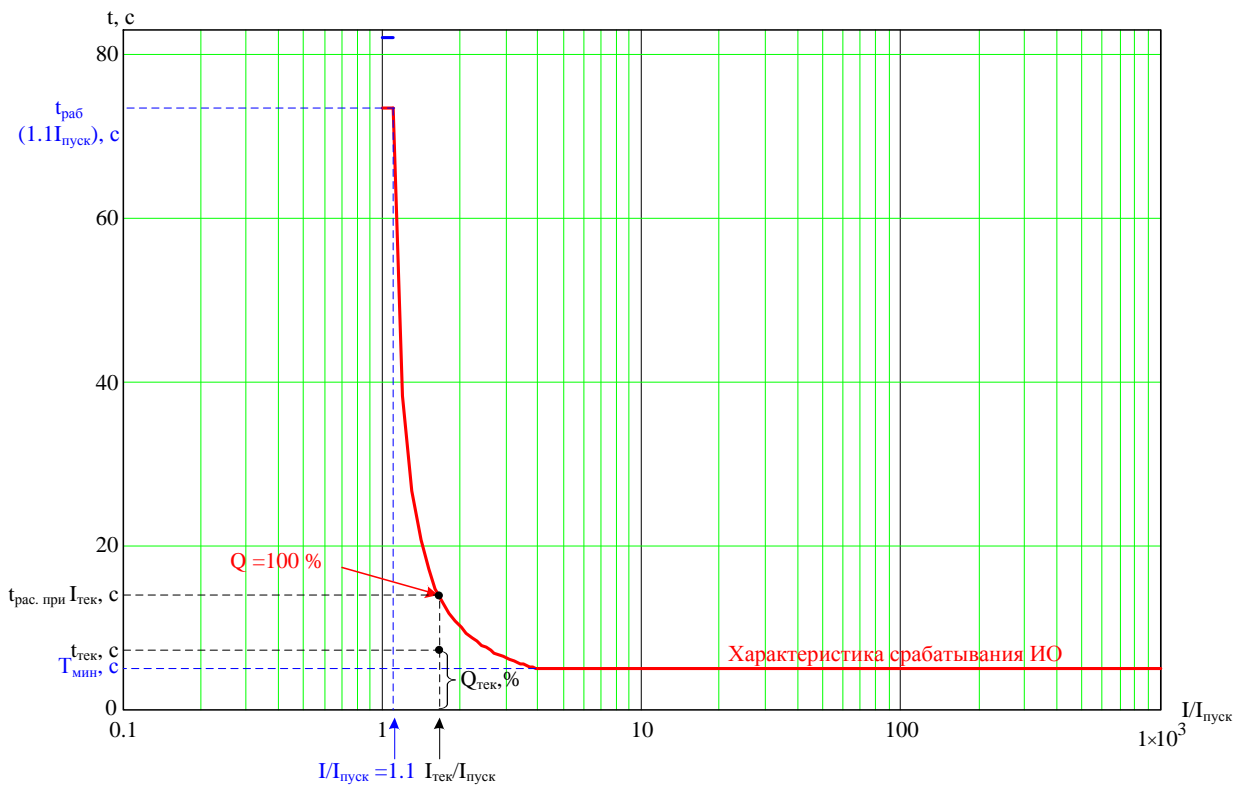


Рисунок 8 – Обобщенный пример характеристической кривой выдержки времени на срабатывание

| | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|----------------|------------|----------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | |
| | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |

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 | 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 | |
| Погрешность по времени срабатывания при использовании зависимой время-токовой характеристики срабатывания - в диапазоне тока (1 – 2) $I_{пуск}$ (пускового тока); - в диапазоне тока (2 – 20) $I_{пуск}$ (пускового тока) при кратности тока $I/I_{пуск}$: - от 1 до 2; - от 2 до 5, %, не более; - от 5 до 10, %, не более; - от 10 до 20, %, не более. | Не нормируется | |
| 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 | |
| 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 | Не нормируется | |
| | Не нормируется | |
| <p>*Уставка срабатывания «$I_{пуск}$» задается относительно базового тока - «$I_{баз}$». Базовый ток определяется как номинальный ток защищаемого объекта, приведенный к низшей стороне ТТ. Задание номинального тока защищаемого объекта и коэффициента трансформации измеренного ТТ доступно через дисплей терминала или комплекс программ EKRAMS-SP (см. соответствующее руководства ЭКРА.650321.001 РЭ и ЭКРА.00006-07 34 01) в пункте «Уставки векторов».</p> | | |

| | |
|--------------|--------------------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | | | |
|--------------|--------|----------|-------|----------------|-----------|----------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| 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) | $t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0086}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1} + 0,0185 \right)$ |
| 9 | Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse) | $t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{0,0515}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}}\right)^{0,02} - 1} + 0,114 \right)$ |

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Продолжение таблицы 14

| Тип ВВС | Наименование характеристической кривой | Описание |
|---------|---|---|
| 10 | Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse) | $t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{19,61}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} + 0,491 \right)$ |
| 11 | Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse) | $t_{сраб} = k \cdot \left(\frac{28,2}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} + 0,1217 \right)$ |
| 12 | Крутая (типа реле РТВ-I) | $t_{сраб} = \frac{1}{30 \cdot \left(\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1 \right)^3} + k$ |
| 13 | Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80) | $t_{сраб} = \frac{1}{20 \cdot \left(\frac{\frac{I}{I_{ПУСК}} - 1}{6} \right)^{1.8}} + k$ |
| 14 | Пользовательская кривая, задаваемая уравнением | $t_{сраб} = k \cdot \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} - C \right)^E - D} + B \right]$ |
| 15 | Пользовательская кривая, задаваемая по точкам | Количество точек от 6 до 9 (аппроксимация кубическими сплайнами) |

где $t_{сраб}$ – выдержка времени на срабатывание;
 $T_{сраб}$ – уставка, время срабатывания ИО с независимой от тока выдержкой;
 k – уставка, для регулирования характеристической кривой выдержки времени на срабатывание;
 I – измеренный ток;
 $I_{пуск}$ – уставка, пусковой ток;
 A, B, C, D, E – уставки, коэффициенты, определяющие пользовательскую характеристическую кривую выдержки времени на срабатывание.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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) | $t_{603} = m \cdot \left(\frac{0,46}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} \right)$ |
| 3 | Умеренно инверсная ANSI (ANSI Moderately Inverse) | $t_{603} = m \cdot \left(\frac{4,85}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} \right)$ |
| 4 | Сильно инверсная ANSI (ANSI Very Inverse) | $t_{603} = m \cdot \left(\frac{21,6}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} \right)$ |
| 5 | Чрезвычайно инверсная ANSI (ANSI Extremely Inverse) | $t_{603} = m \cdot \left(\frac{29,1}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} \right)$ |
| 6 | Пользовательская кривая, задаваемая уравнением | $t_{603} = m \cdot \left(\frac{F}{\left(\frac{I}{I_{ПУСК}} \right)^2 - 1} \right)$ |
| 7 | Пользовательская кривая, задаваемая постоянной остывания | $t_{603} = -R_{остыв} \cdot \ln \left(\frac{Q_{603}}{Q_{сраб}} \right)$ |

Где t_{603} – выдержка времени на возврат;

$T_{воз}$ – 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;

$R_{остыв}$ – уставка, постоянная времени остывания;

$Q_{воз}$ – уставка, уровень возврата блока выдержек времени;

$Q_{сраб}$ – уставка, уровень срабатывания блока выдержек времени.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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.

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 $\varphi_{MЧ}$ является биссектрисой угла задаваемого сектора (см. рисунок 9). За базовый вектор выбирается вектор соответствующего напряжения. Угол сдвига фаз тока относительно базового напряжения считается положительным при отстающем токе (по часовой стрелке, см. рисунок 9). [6, 7].

1.5.1.11.3 Положение вектора тока на векторной диаграмме определяется соотношением активного и реактивного сопротивлений линии от места включения РНМ до точки КЗ и активным переходным сопротивлением электрической дуги в месте повреждения. Эти соотношения могут изменяться. При этом вектор тока, поворачивается на тот или иной угол, не выходя за пределы зоны от 0 до 90 электрических градусов. Граница этой зоны определяется с одной стороны, положением вектора тока при чисто активном, а с другой стороны при чисто индуктивном сопротивлении (см. рисунок 9) [7]. 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 МТЗ» блокируется при малых значениях, подводимых к нему токов и/или напряжения, так как в этих предельных случаях ($I=0$ и/или $U=0$) нет условий для сравнения фаз двух величин. РНМ может срабатывать только при конечных значениях тока и напряжения, величина которых больше чем порог чувствительности. Минимальный порог чувствительности равен минимально допустимому значению диапазона уставок (см. таблицу 16). Уставки порогов чувствительности по току и напряжению являются регулируемыми и могут быть измерены при необходимости.

1.5.1.11.5 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.

| | | | | | |
|--------------|------------------------------------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | | | | Лист 30 |
| | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | | | | |
| | Взам. инв. № | | | | |
| | Инв. № дубл. | | | | |
| | Подп. дата | | | | |
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |

$$\dot{U}_{PHM_{BC}}(t) = \dot{U}_{BC}(t) + 0,2 \cdot \dot{U}_{BC}(t - 40 \text{ мс}), \quad (9)$$

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

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

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

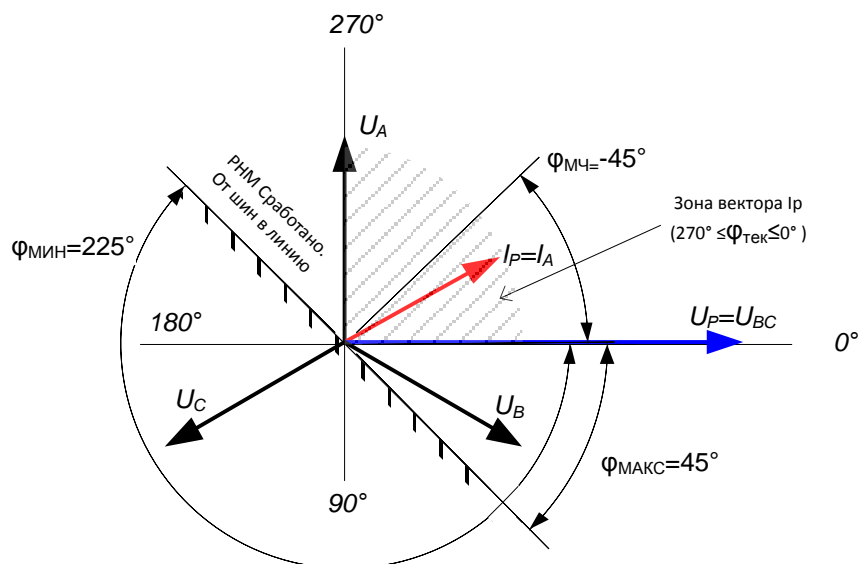


Рисунок 9 – Векторная диаграмма PHM. Пример для I_A и U_{BC}

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

1.5.1.11.7 Внешний вид окна «Измерения защит» для PHM МТЗ в ПО EKRASMS-SP представлен на рисунке 10.

Таблица 16 – Характеристики трехфазного ИО «PHM МТЗ»

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Продолжение таблицы 16

| Наименование параметра | Значение |
|---|----------|
| 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 |

Текущая защита: 5. PHM МТЗ

Для отображения текущего значения углов в качестве базового выбран вектор U_a. Положительное направление против часовой стрелки

Уставки

| Имя | Значение | Ед.изм. |
|-------------------|----------|---------|
| Сраб. | 0,5000 | А |
| Квоз. | 0,9500 | |
| Г _{мин} | 225,0000 | Град. |
| Г _{макс} | 45,0000 | Град. |
| U _{мин} | 3,0000 | В |
| Квоз. U | 0,9500 | |

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

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 МТЗ U Y AB | 99,9156 | 0,9991 | 30,0 |
| PHM МТЗ U Y BC | 99,8595 | 0,9985 | -89,9 |
| PHM МТЗ U Y CA | 99,9911 | 0,9998 | 150,1 |

Вычисляемые измерения

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

Логические входы

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

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

Рисунок 10 – Внешний вид окна «Измерения защит» для PHM МТЗ в ПО EKRASMS-SP

1.5.2 Дополнительные ИО «РТ»

1.5.2.1 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 реле имеет свою независимую выдержку времени на срабатывание. Сигнал срабатывания доступен в матрице отключения. Функциональная схема дополнительных реле тока приведена на рисунке 11. Выдержки времени реле тока приведены в таблице 17.

Инв. № подл. 007/ЭТ
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата Кузнецова 19.07.19
Подп. дата

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 17 - Выдержки времени реле тока

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

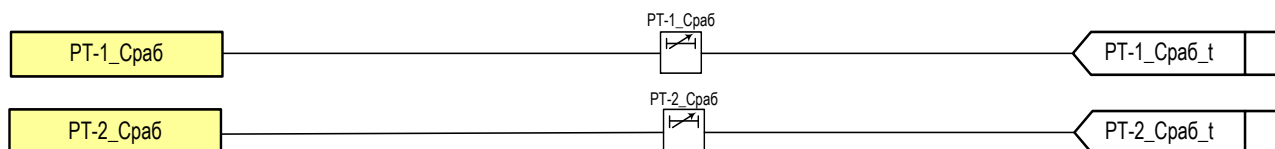


Рисунок 11 - Функциональная схема реле тока

1.5.3 Комбинированный пуск по напряжению (вольтметровая блокировка)

1.5.3.1 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 12. Выдержки времени и программные накладки контроля исправности ТН приведены в таблицах 18 и 19 соответственно.

1.5.3.2 Пуск по напряжению формируется:

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

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

1.5.4 Контроль исправности цепей напряжения

1.5.4.1 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 12)

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.4.2 Контроль наличия неисправности цепей напряжения осуществляется:

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

Таблица 18 – Выдержки времени контроля исправности ТН

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

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

Таблица 19 – Программные накладки контроля исправности ТН

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

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

1.5.4.4 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

$$\dot{U}_2 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B \cdot e^{-j120^\circ} + \dot{U}_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (10)$$

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Имп. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Имп. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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.

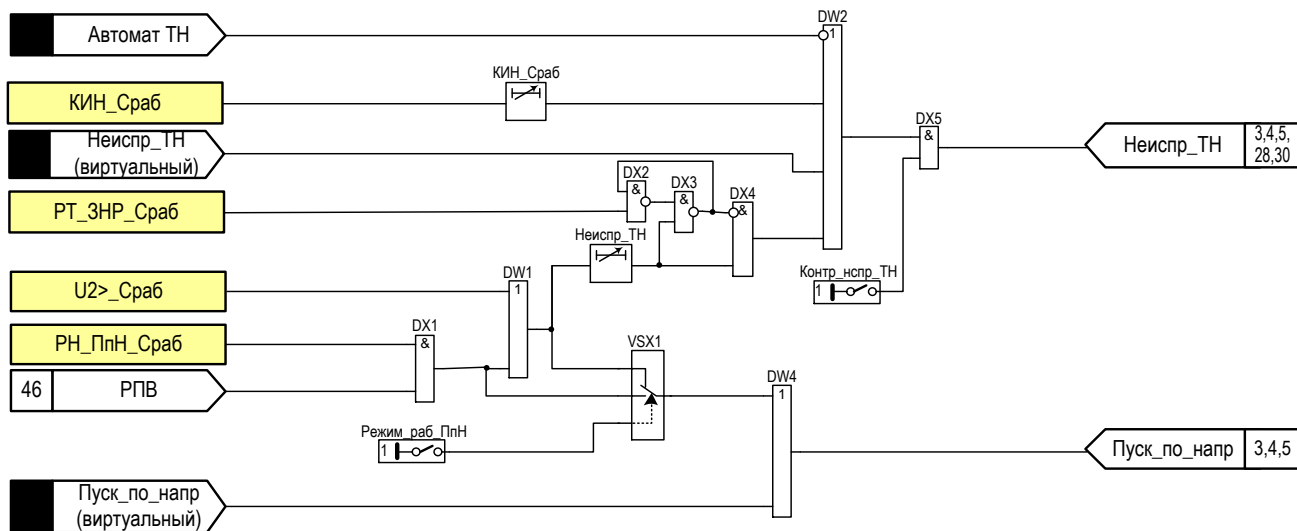


Рисунок 12 – Функциональная схема пуска по напряжению и контроля исправности цепей напряжения

1.5.4.5 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.

$$\bar{U}_{сраб.} = 3\bar{U}_{0рас.} - K_0 \cdot \bar{U}_{Н-к.} \quad (11)$$

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

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

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

| | |
|------------------------------------|--|
| Подп. дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | |
| Инв. № подл. 007/ЭТ | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 20 – Характеристики ИО «КИН»

| Наименование параметра | Диапазоны уставок | Шаг уставки | Значение по умолчанию |
|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Напряжение срабатывания, В | 1 - 100 | 0,01 | 15 |
| Коэффициент возврата | 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 | |

Таблица 21 – Характеристики ИО «U2»»

| Наименование параметра | Диапазоны уставок | Шаг уставки | Значение по умолчанию |
|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Напряжение срабатывания, В | 0,3 - 200 | 0,01 | 20 |
| Коэффициент возврата | 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 | |

Таблица 22 – Характеристики ИО минимального напряжения «РН_ПпН», «ЗМН», «РКОН»

| Наименование параметра | Диапазоны уставок | Шаг уставки | Значение по умолчанию |
|--|-------------------|-------------|-----------------------|
| Напряжение срабатывания, В | 3 – 200 | 0,01 | 40 |
| Коэффициент возврата | 1 – 1,5 | 0,01 | 1,15 |
| Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 по отношению к уставке срабатывания, мс, не более | | 30 | |
| Погрешности: | | | |
| – основная погрешность напряжения срабатывания, %, не более; | | 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 | |

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

36

1.5.5 Газовая защита

1.5.5.1 При использовании терминала для защиты линии к ТСН от 630 кВ-А предусматривается использование газовой защиты (ГЗ) с действием на отключение и/или только на сигнал [4, раздел 3], [7, раздел 5,]. Функциональная схема ГЗ приведена на рисунке 13. Выдержки времени ГЗ приведены в таблице 23. Сигналы «ГЗ Отключение» и «ГЗ Сигнализация» являются виртуальными (не имеющими привязки) и предварительно должны быть сконфигурированы на дискретный вход терминала.

1.5.5.2 В логической схеме ГЗ предусмотрена возможность действия на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла («ГЗ_Сигн») и отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла (ГЗ_Откл) [4, раздел 3].

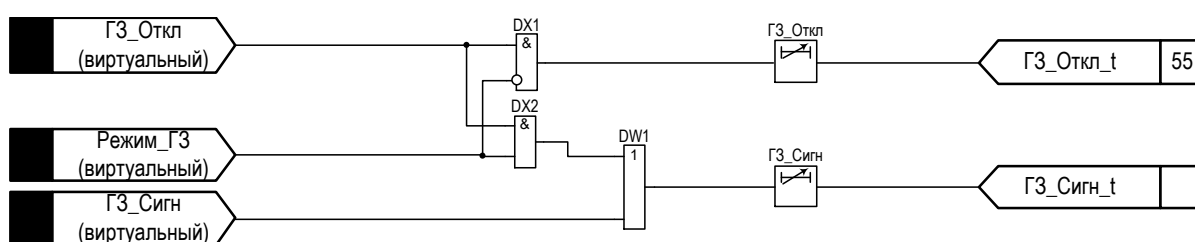


Рисунок 13 - Фрагмент функциональной схемы ГЗ

Таблица 23 – Выдержки времени ГЗ

| Имя | Название | Уставка | |
|---------|--|--------------------------|----------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендуемый диапазон*, с |
| ГЗ_Откл | Регулируемая выдержка времени на срабатывание ГЗ (с действием на отключение) | 0,35 | 0 – 1 |
| ГЗ_Сигн | Регулируемая выдержка времени на срабатывание ГЗ (с действием на сигнал) | 0,6 | 0 – 10 |

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

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 схемотехническими решениями в части подключения оборудования РЗА.

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Имп. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

- токовая ненаправленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю (ТЗНП) по основной гармонике промышленной частоты (3I₀) 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 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 (3I₀) с действием либо на отключение, либо на сигнал.

Для сетей с компенсированной нейтралью:

- защита от замыкания на землю с контролем высших гармонических составляющих (ВГ) в токе нулевой последовательности (3I₀) с действием либо на отключение, либо на сигнал;

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

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

Для сетей с любым видом заземления нейтрали в терминале предусмотрена:

- общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности (3U₀) промышленной частоты.

Функциональная схема реализации в терминале сигнализации и защиты от однофазного замыкания на землю для сети с изолированной и с компенсированной нейтралью приведена на рисунке 14. Программные накладки и выдержки времени ЗОЗЗ-1 приведены в таблицах 24 и 25 соответственно.

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

Таблица 24 – Программные накладки ЗОЗЗ-1

| Имя | Название | Состояние |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Контр_3U ₀ | Контроль напряжения 3U ₀ | 1 - предусмотрен |
| | | 0 - не предусмотрен |
| Контр_напр | Контроль направленности ЗОЗЗ-1 | 1 - предусмотрен |
| | | 0 - не предусмотрен |
| Работа_по_ВГ | Раб. ЗОЗЗ по высшим гарм. | 1 - предусмотрена |
| | | 0 - не предусмотрена |

| | | | | |
|--------|--------------------|----------------|--------------|------------|
| Имя | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| 007/ЭТ | Кузнецова 19.07.19 | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |

Продолжение таблицы 24

| Имя | Название | Состояние |
|----------------|---------------------------------|----------------------|
| Работа_по_Ракт | Раб. по актив. мощн. нул. посл. | 1 - предусмотрена |
| | | 0 - не предусмотрена |
| Работа_по_I25 | Раб. 3ОЗ3 по I25 | 1 - предусмотрена |
| | | 0 - не предусмотрена |
| Тип_сети | Тип сети | 1 - компенсированная |
| | | 0 - изолированная |

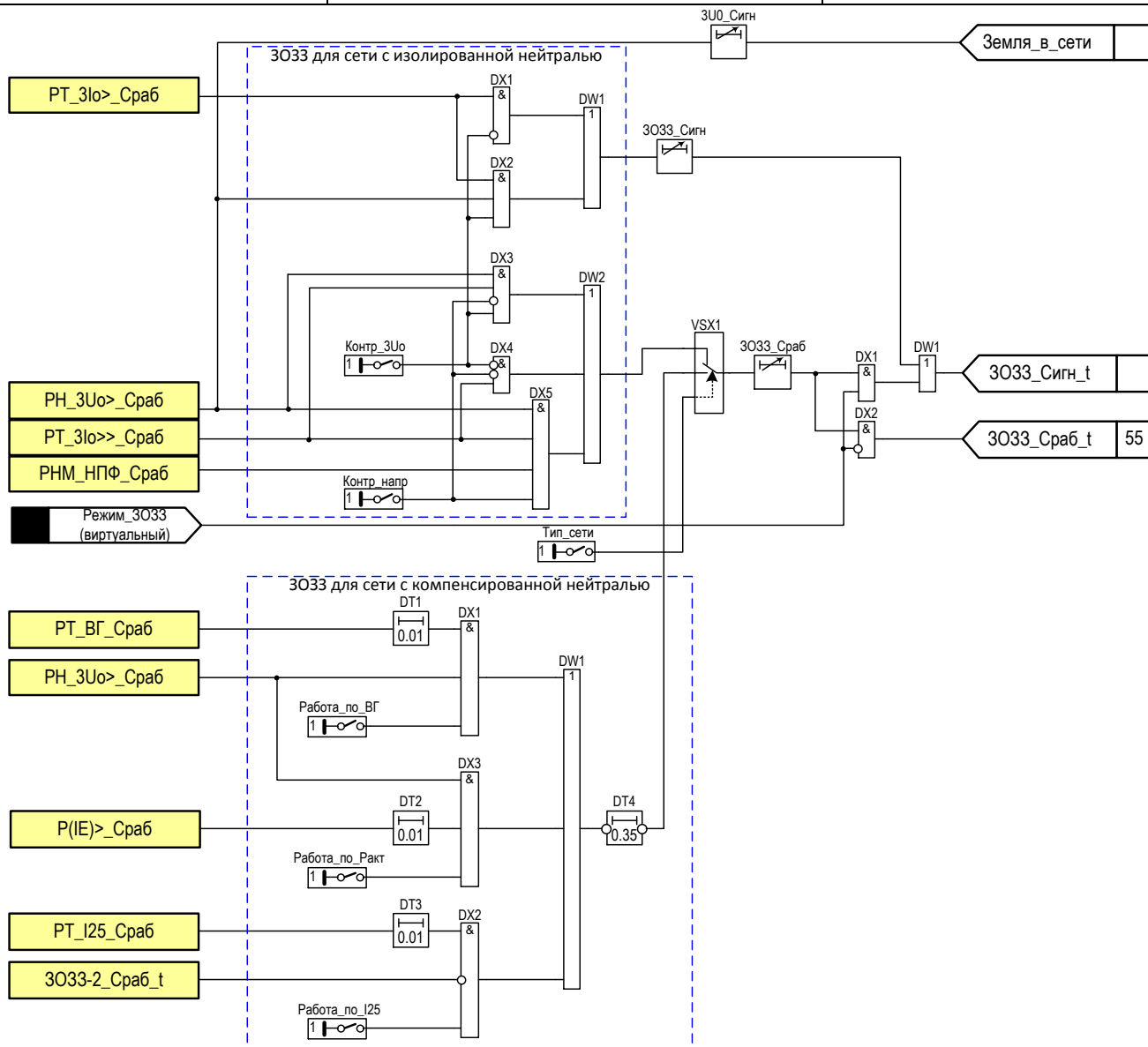


Рисунок 14 – Функциональная схема реализации в терминале сигнализации и защиты от однофазного замыкания на землю для сети с изолированной и компенсированной нейтралью

Таблица 25 – Выдержки времени 3ОЗ3-1

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| | 007/Э7 |
| Взам. инв. № | Кузнецова 19.07.19 |
| | Кузнецова 19.07.19 |
| Инв. № дубл. | Кузнецова 19.07.19 |
| | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| | Кузнецова 19.07.19 |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Продолжение таблицы 25

| Имя | Название | Уставка*, с |
|-----|--|-------------|
| DT1 | Технологически регулируемая выдержка времени на срабатывание | 0,01 |
| DT2 | Технологически регулируемая выдержка времени на срабатывание | 0,01 |
| DT3 | Технологически регулируемая выдержка времени на срабатывание | 0,01 |
| DT4 | Технологически регулируемая выдержка времени на возврат | 0,35 |

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

1.5.6.1 Общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ

Чувствительная к устойчивым и перемежающимся дуговым замыканиям на землю в любой точке гальванически связанной сети общая неселективная сигнализация возникновения ОЗЗ выполнена с использованием контроля величины напряжения нулевой последовательности промышленной частоты (3U₀).

1.5.6.1.1 Сигнализация о возникновении ОЗЗ формируется при появлении сигнала «Земля в сети» (по факту срабатывания ИО «3U₀>») и набору выдержки времени на срабатывание - «3U₀_Сигн». Выдержка времени «3U₀_Сигн» (см. таблицу 25) 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>» 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>» приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Характеристики ИО напряжения 3ОЗЗ – «3U₀>»

| Наименование параметра | Диапазоны уставок | Шаг уставки | Значение по умолчанию |
|--|-------------------|-------------|-----------------------|
| Напряжение срабатывания, В | 0,15 - 135 | 0,01 | 20 |
| Коэффициент возврата | 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 | | |

| | |
|--------------|---|
| Имя | Подп. и дата |
| Инд. № дубл. | Подп. дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Инд. № подл. | Взам. инв. № |
| 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 |
| 4 | Зам. ЭКРА.1444-2019 Кузнецова 19.07.19 |
| Изм | Лист |
| № докум. | Подп. |
| | Дата |

Продолжение таблицы 26

| 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 | 10 |
| -дополнительная погрешность напряжения срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более: | |
| - от 3 до 47 Гц; | 7 |
| - от 53 до 80 Гц | 10 |

1.5.6.1.3 Выбор уставки срабатывания ИО «3Uo» рекомендуется производить с учетом отстройки от составляющей напряжения небаланса в напряжении нулевой последовательности и максимально возможного в эксплуатации напряжения смещения нейтрали. Напряжение смещения нейтрали 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, раздел 5; 10, раздел 2].

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

Опыт эксплуатации показывает, что надежная отстройка от составляющей напряжения небаланса в напряжении нулевой последовательности достигается выбором значения уставки срабатывания ИО по напряжению 3Uo на уровне (15 - 20) В. В компенсированных сетях с протяженными участками воздушных линий, значение уставки по напряжению 3Uo целесообразно принять равным 40 В для отстройки от кратковременных максимальных значений напряжения смещения нейтрали в рабочем режиме по требованиям ПТЭ.

1.5.6.2 Токовая ненаправленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю (ТЗНП) по основной гармонике промышленной частоты (3I0)

1.5.6.2.1 ТЗНП предназначена для выявления однофазного замыкания на землю в сетях от 6 до 35 кВ с изолированной нейтралью, высокоомным или низкоомным резистивным заземлением нейтрали. Защита выполнена с контролем тока нулевой последовательности (3I0) промышленной частоты защищаемого присоединения (с одной воздействующей входной величиной).

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 27.

| | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | |

Таблица 27 – Характеристики ИО «РТ_3Iо>», «РТ_3Iо>>», «РТ_3Iо>>>», «РТ_3IоN>»

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

При выборе уставки срабатывания ТЗНП в сетях с изолированной нейтралью следует помнить, что по принципу действия такая защита реагирует на ток нулевой последовательности (3I_о) промышленной частоты. В связи с этим, уставка срабатывания у ТЗНП в сетях с изолированной нейтралью должна обязательно отстраиваться от влияния тока небаланса ТТНП в цепях защиты и случая возможного суммирования в цепях защиты тока небаланса (I_{нб}) и собственного емкостного тока защищаемого присоединения (I_{с.защ.пр}). Так как по своей природе ток небаланса (I_{нб}) имеет случайную фазу, а частота тока I_{нб} равна промышленной частоте, то влияние I_{нб} на защитные функции ТЗНП наиболее сильно проявляется на объектах с суммарным емкостным током замыкания (I_{сз} не более (1-2) А), то есть там, где расчетная уставка срабатывания защиты становится соизмерима с величиной I_{нб}. Большое влияние на величину тока небаланса оказывают и конструктивные особенности применяемого ТТНП. В сетях с резистивным заземлением нейтрали (в особенности при низкоомном заземлении) влиянием тока небаланса кабельного ТТНП при расчете уставок срабатывания ТЗНП можно пренебречь, так как активный ток (I_а), обеспечиваемый резистором в нейтрали сети при возникновении однофазного замыкания на землю, значительно больше ожидаемого тока небаланса ТТНП (I_а>>I_{нб}).

1.5.6.2.3 В ряде случаев для обеспечения чувствительности защиты от замыкания на землю к замыканиям на землю в любой точке гальванически связанной сети, токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП) выполняют с возможностью одновременного пуска по факту возникновения напряжения нулевой последовательности (3U_о), т.е с контролем 3U_о. Ввод или вывод режима пуска по 3U_о осуществляется путем задания состояния одноименной программной накладки «Контр_3U_о» (рисунок 14).

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

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|--------------------|--------------|--|--------------|--|------------|--|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | | Подп. дата | |
| | | | | | | | | | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

(C_{Σ}). При коэффициенте чувствительности, равном 1,5, допустимое значение ($C_{фид}/C_{\Sigma}$) составляет приблизительно 15 %.

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

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 ($k_{ч}=2$).

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

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

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.6.3.2 ТНЗНП применяют в том случае, когда не обеспечиваются условия применимости ТЗНП (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):

$$90^\circ < \varphi I_0 - (\varphi U_0 + 180^\circ) - \varphi_{мч} = \varphi_3 - \varphi_{мч} < +90^\circ;$$

- обратное направление (ОЗЗ «за спиной»):

$$90^\circ > \varphi I_0 - (\varphi U_0 + 180^\circ) = \varphi_3 - \varphi_{мч} > +90^\circ;$$

где φ_3 – угол между подведенными к защите первичным напряжением ($3U_0$) и током ($3I_0$) нулевой последовательности; $\varphi_{мч}$ – угол характеристики срабатывания (угол максимальной чувствительности).

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

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 $\varphi_{мч}$ для обеспечения наиболее высокой устойчивости срабатываний при внутренних ОЗЗ принимают равным 90° .

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

$$3I_{0пов} > I_{0с.з.min};$$

$$3U_0 > U_{0с.з};$$

$$0^\circ < \varphi_3 = \varphi U_0 - \varphi I_0 < 180^\circ;$$

где φ_3 – угол между подведенными к защите первичным напряжением ($3U_0$) и током ($3I_0$) нулевой последовательности; $I_{0с.з.min}$ – уставка по току срабатывания; $U_{0с.з}$ – уставка по напряжению срабатывания.

| | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|------------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист 44 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

В сетях с высокоомным резистивным заземлением нейтрали активный ток, создаваемый заземляющим резистором в нейтрали сети протекает только через поврежденное присоединение и не влияет на фазные соотношения между напряжением ($3U_0$) и током ($3I_{0.нел}$) нулевой последовательности неповрежденных присоединений, но изменяет угол между напряжением ($3U_0$) и током ($3I_{0.повр}$) в поврежденном присоединении, который при $R_N \approx X_{CZ}$ отстает от вектора напряжения ($3U_0$) примерно на 135° и 180° (при низкоомном резистивном заземлении $R_N \ll X_{CZ}$). Токи нулевой последовательности ($3I_{0.нел}$) 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 ($3I_{0.нел}$) 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 15. Зона срабатывания отсчитывается от линии максимальной чувствительности в обе стороны по 90° каждая. Угол $\varphi_{МЧ}$ отсчитывается от вектора тока против часовой стрелки, а рекомендации по его выбору приведены выше.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| | |
| Инв. № дубл. | |
| | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| | |
| Подп. дата | |
| | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Характеристики ИО «РНМ_НПФ» приведены в таблице 28.

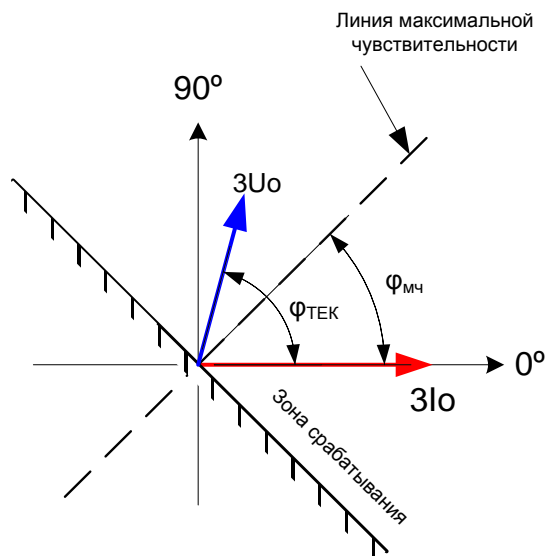


Рисунок 15 – Векторная диаграмма РНМ нулевой последовательности

Таблица 28 – Характеристики РНМ нулевой последовательности 3ОЗ3 – ИО «РНМ_НПФ»

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|----------------|-----------|----------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |

1.5.6.4 Защита от ОЗЗ и определение поврежденного фидера по высшим гармоническим составляющим (ВГ) в токе нулевой последовательности (3I₀)

В устройстве предусмотрена возможность организации защиты от ОЗЗ на фидере по ВГ с действием на сигнал либо на отключение. По принципу действия измерительный орган защиты реагирует разность среднеквадратического значения суммы 5, 7 и 11 гармоник в токе нулевой последовательности (3I₀) защищаемого присоединения и тормозной величины, формируемой определённым образом из напряжения нулевой последовательности (3U₀). При однофазном замыкании на землю высшие гармоники распределяются между неповрежденными присоединениями пропорционально ёмкостям их фаз на землю, а протекающий в поврежденном присоединении ток содержит сумму токов высших гармоник от всех неповрежденных присоединений. Срабатывание реагирующего органа происходит при превышении уровнем высших гармоник заданной уставки срабатывания (с учетом влияния формируемой в измерительном органе тормозной величины) и отработки выдержки времени на срабатывание DT1.

Отстройка измерительного органа от высших гармонических составляющих в собственном емкостном токе защищаемого присоединения при внешнем замыкании, а также по условию обеспечения необходимой чувствительности при внутренних замыканиях достигается выбором значения коэффициента торможения (K_t). По умолчанию, K_t принят равным 0,3. Формирование тормозной величины в ИО позволяет нивелировать содержание уровня ВГ в сети, т.к их уровень непосредственно зависит от текущей схемы сети, вида нагрузки и режимов её работы. Как показывают исследования различных авторов, уровень ВГ может изменяться в широких пределах – от нескольких процентов до 30 % по отношению к суммарному току замыкания.

Вычисление уровня высших гармонических составляющих (5, 7 и 11-й гармоник) в электрических величинах нулевой последовательности (3I₀, 3U₀) производится методами цифровой фильтрации сигнала. Вычисленное значение каждой из гармоник умножается на соответствующий передаточный коэффициент, задаваемый уставкой. Для изменения результирующей формы амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) фильтра высших гармоник имеется возможность настройки передаточных коэффициентов отдельно по каждой гармонике с помощью весового коэффициента «К». В частности, можно изменить или даже совсем удалить какую-либо из гармоник из суммарного сигнала. Эта возможность используется для устранения влияния первой гармоники, которая должна отсутствовать по принципу действия защиты и третьей гармоники. Рекомендуемая АЧХ приведена на рисунке 16, где коэффициент передачи для 1-й и 3-й гармоник задан нулевым.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

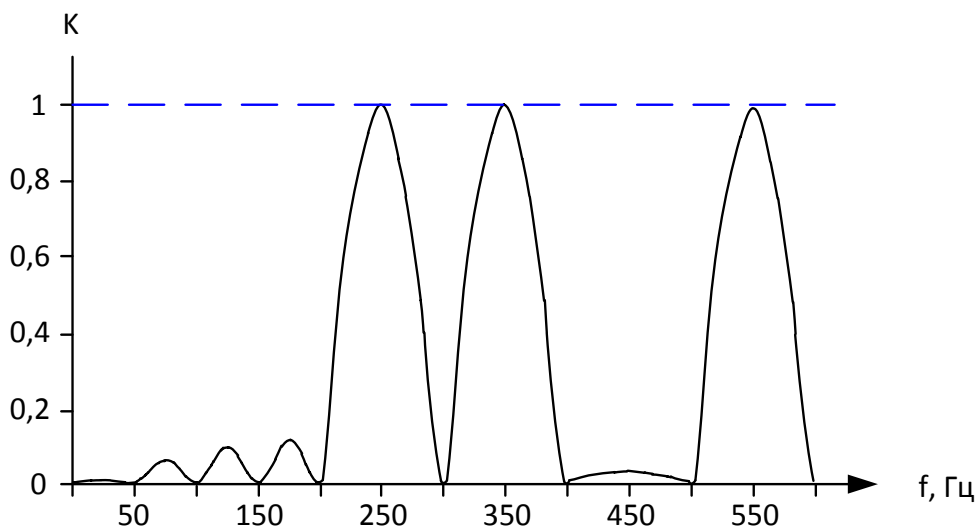


Рисунок 16 – Вид амплитудно-частотной характеристики измерительного органа «РТ_ВГ», формируемой с помощью передаточных коэффициентов (задаваемая по умолчанию)

Далее вычисляется среднеквадратическое значение за 10 периодов промышленной частоты (200 мс). Среднеквадратическое значение, как мера уровня высших гармоник тока нулевой последовательности поступает на вход реагирующего органа. Срабатывание реагирующего органа происходит при превышении значения рабочего тока ($I_{\text{раб}}$) над тормозным током $I_{\text{торм}}$.

В общем виде условие формирования логического сигнала о срабатывании ИО:

$$I_{\text{раб}} > I_{\text{торм}}$$

где $I_{\text{раб}}$ – рабочий сигнал тока ВГ;

$I_{\text{торм}}$ – тормозной сигнал тока ВГ, сформированный в ИО (с учетом Кт).

В данном ИО задается значение суммарного ёмкостного тока замыкания на землю промышленной частоты (I_c). Из заданного значения ёмкостного тока в ИО вычисляется суммарная емкость всей сети (в мкФ), которая используется в дальнейшем формировании тормозного сигнала.

Характеристики ИО приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Характеристики ИО «РТ_ВГ»

| Наименование параметра | Значение | |
|---|--------------------------|-------------|
| | Уставка | Шаг уставки |
| Диапазон измерения аналогового датчика терминала, А: - при номинальном токе датчика 0,2 А; - при номинальном токе датчика 0,6 А | 0,0025 - 2 0,0075 - 6 | 1 мА |
| Коэффициент возврата | 0,5 - 1 | 0,01 |
| Время срабатывания при двукратном входном токе по отношению к уставке срабатывания, мс, не более | 40 | |
| Погрешности, %: - основная; - дополнительная | 5 10 | |

| | |
|------------------------------------|--|
| Подп. дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | |
| Инв. № подл. 007/ЭТ | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.6.5 Защита от замыкания на землю с использованием принципа наложения на первичную сеть контрольного тока с частотой 25 Гц

1.5.6.5.1 Защита от замыкания на землю с использованием принципа наложения на первичную сеть контрольного тока с частотой 25 Гц предназначена для работы в сетях от 6 до 35 кВ с компенсированной нейтралью при наличии в ней последовательно включенных в цепь дугогасящих реакторов и источника контрольного тока (ИКТ) с частотой ниже промышленной, в частности с частотой 25 Гц (такая схема реализации земляной защиты получила распространение на фидерах имеющих гальваническую связь с ГРУ 6 кВ или 10 кВ ТЭЦ).

Частота контрольного тока и схема подключения источника контрольного тока (ИКТ) подобраны таким образом, чтобы, во-первых, выполнялось требование правильной работы защиты как при устойчивых, так и при перемежающихся дуговых замыканиях, а во-вторых, имелась техническая возможность надежного измерения сравнительно малого контрольного тока с помощью трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП) или фильтров тока нулевой последовательности (ФТНП) в условиях существования тока небаланса промышленной частоты.

В сети с компенсацией емкостного тока эти принципиальные требования выполняются при включении последовательно в цепь дугогасящих реакторов источника контрольного тока (ИКТ) с частотой ниже промышленной, в частности с частотой 25 Гц. Для реализации защиты от ОЗЗ, источник контрольного тока (ИКТ) включается последовательно в объединенную со стороны заземления цепь всех дугогасящих реакторов, как показано на рисунке 17. Такой принцип выполнения защиты от замыкания на землю наиболее целесообразно использовать в электрических сетях, питающихся от шин 6 кВ или 10 кВ электростанций (ТЭЦ), так как в этом случае одновременно может быть выполнена защита от ОЗЗ обмотки статора генераторов, подключенных к этим шинам, с использованием типовых фазных трансформаторов тока. Кроме этого, в пределах одного распределительного устройства, как правило, не вызывает больших затруднений объединение заземляющих выводов ДГР для подключения ИКТ.

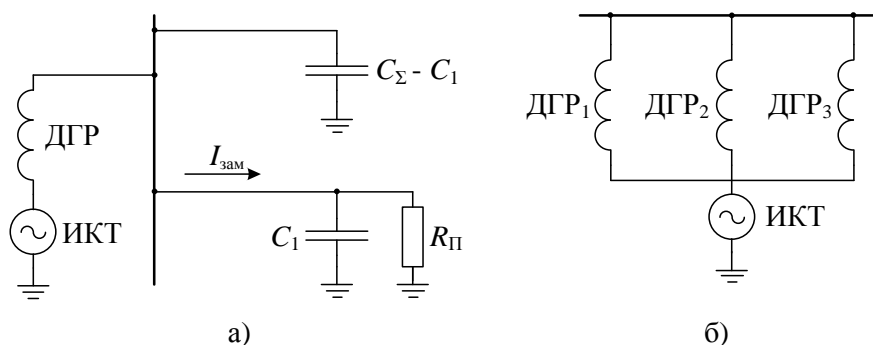


Рисунок 17 – а) схема замещения нулевой последовательности радиальной сети с источником контрольного тока; б) схема включения источника контрольного тока при наличии в сети нескольких дугогасящих реакторов на одной подстанции

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Поясняющая схема включения ИКТ и подключение цепей защиты отходящих линий для типовой секции шин распределительного устройства, показана на рисунке 18.

1.5.6.5.2 Защита по цепям тока нулевой последовательности ($3I_0$) подключается ко вторичной обмотке измерительного трансформатора тока нулевой последовательности (ТТНП). При отсутствии ТТНП защита может включаться в нулевой провод группы типовых фазных трансформаторов тока отходящей линии, образующих фильтр токов нулевой последовательности (ФТНП), так как при использовании контрольного тока с частотой 25 Гц отстройка от тока небаланса ФТНП осуществляется по частоте.

1.5.6.5.3 По цепям напряжения защита подключается к цепи напряжения $3U_0$, которое измеряется на выводах дополнительной вторичной обмотки измерительного трансформатора напряжения, собранной по схеме «разомкнутый треугольник» с номинальным напряжением 100/3 В. В терминале для подключения цепей напряжения $3U_0$ предусмотрен отдельный аналоговый вход - $U_{н-к}$ (см. схему подключения). При этом фазировка цепей $3U_0$ и $3I_0$ не требуется, что упрощает эксплуатацию защиты.

1.5.6.5.4 Принцип функционирования защиты основан на сравнении с заданной уставкой уровня гармонических составляющих с частотой ниже промышленной в токе нулевой последовательности при дугowych замыканиях и величины контрольного тока с частотой 25 Гц при устойчивых замыканиях, наложенного на первичную цепь сети от специального источника контрольного тока.

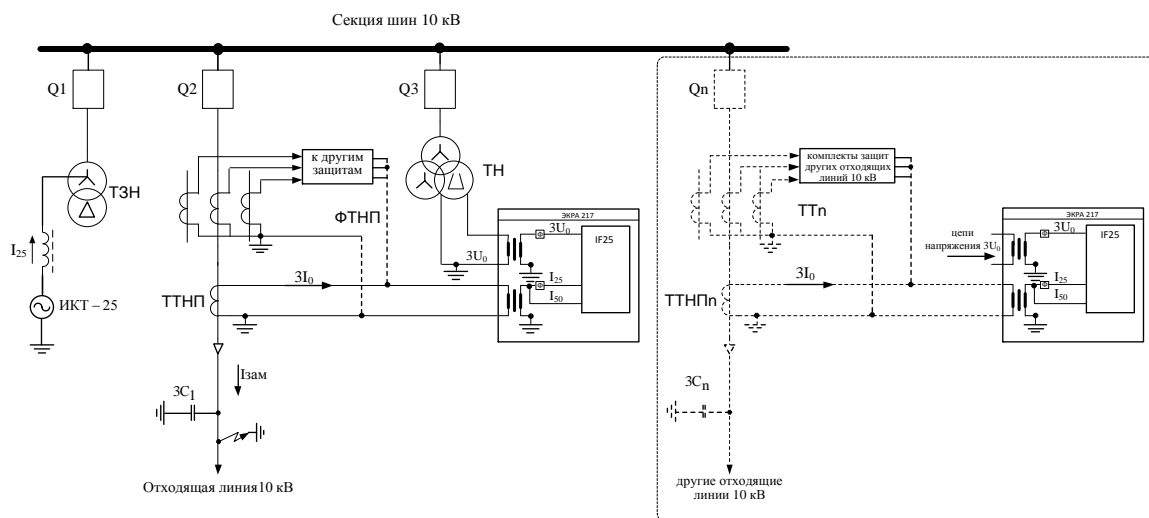


Рисунок 18 – Пример подключения защиты для пояснения принципа выполнения защиты от замыкания на землю с наложением на первичную сеть контрольного тока частотой 25 Гц

При устойчивых (глухих) замыканиях на землю в сетях с компенсацией емкостного тока поврежденная линия выявляется по факту увеличения тока с частотой 25 Гц, который при замыкании протекает практически только по поврежденной линии, рисунок 18.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

При дуговых перемежающихся замыканиях в сетях с компенсацией емкостного тока частота следования пробоев значительно меньше промышленной частоты и практически лежит в пределах от 4 до 12 Гц. Поэтому ток нулевой последовательности содержит низкочастотные составляющие, которые могут использоваться для выявления поврежденной линии.

Защита выполнена с частотной характеристикой, охватывающей полосу частот от нескольких герц до (35 – 40) Гц, тем самым обеспечивая совмещение условий работы защиты при устойчивых и перемежающихся замыканиях.

1.5.6.5.5 Для реализации защиты разработан источник контрольного тока с частотой 25 Гц на базе электромагнитного параметрического делителя частоты, представляющий из себя статическое электромагнитное устройство и удовлетворяющий специальным требованиям, а именно:

- включение ИКТ не оказывает влияния на функционирование ДГР при замыкании на землю;
- работа ИКТ не нарушается при протекании по нему тока дугогасящих реакторов.

Элементы ИКТ – электромагнитная часть делителя частоты и дроссель в зависимости от условий применения выполняются либо маслонаполненными в отдельных баках, либо в сухом исполнении с вентиляционными жалюзи, как показано на рисунке 19.

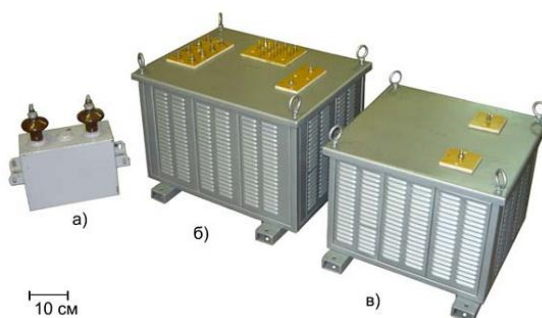


Рисунок 19 – Источник контрольного тока в сухом исполнении: а) конденсатор; б) делитель частоты; в) дроссель

Источник контрольного тока, позволяет обеспечить при замыкании на землю ток с частотой 25 Гц приблизительно 0,75 А в сети 10,5 кВ и 1 А - в сети 6,3 кВ. При использовании сдвоенного источника контрольный ток увеличивается в 1,4 раза.

В зависимости от конкретных условий защищаемого объекта используется различные варианты подключения терминала к ТТНП, вторичная обмотка которого шунтирована сопротивлением 0,25 Ом. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то шунт устанавливается на каждом ТТНП, а вторичные обмотки соединяются последовательно. Пуск ИО терминала и при необходимости его заглубление при перемежающихся дуговых замыканиях обеспечивается от цепей напряжения нулевой последовательности (3U₀). Для такого варианта в терминале используется другой блок аналоговых входов с датчиками, согласованными с такой схемой подключения к ТТНП.

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| | |
| Инв. № дубл. | |
| | |
| Подп. дата | |
| | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

По предложенной реализации защита является комплексной, распознающей разновидности однофазного замыкания на землю и имеющая возможность отдельного действия на сигнал или отключение в зависимости от требований эксплуатации.

1.5.6.5.6 Рекомендации по выбору уставок

Уставки защиты, расчет которых не приведен в данном разделе, принимаются равными по умолчанию и уточняются при наладке. Уставки задаются в именованных единицах.

1) Уставка ИО «РТ_125» выбирается из условия обеспечения органом необходимой чувствительности к наложенному на первичную сеть контрольному току частотой 25 Гц при устойчивом замыкании (без переходного сопротивления) на защищаемой линии

$$I_{\text{ср.п}} = I_{25} / k_{\text{ч}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{ср.п}}$ - первичный ток срабатывания измерительного органа тока защиты частоты 25 Гц при глухом (металлическом) замыкании на землю, А;

I_{25} - наложенный на первичную сеть контрольный ток частотой 25 Гц от источника контрольного тока (ИКТ) (таблица 30), А;

$k_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности защиты, принят равным $k_{\text{ч}} = 2$.

Минимально допустимое значение коэффициента чувствительности ($k_{\text{ч}}$) может быть принято 1,25 для защиты с действием на сигнал и 1,5 для защиты с действием на отключение.

Значения контрольного тока I_{25} , обеспечиваемого разработанными и применяемыми на практике ИКТ для режима длительного замыкания, приведены в таблице 30 или могут быть приняты из руководства по эксплуатации для конкретного ИКТ.

Таблица 30 - Значение контрольного тока ИКТ

| Параметр | Значение | |
|--|----------|------|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,3 | 10,5 |
| Контрольный ток I_{25} (действ.знач.), А | 1 | 0,75 |

2) Вторичный ток в цепях защиты определяется с учетом коэффициента трансформации трансформатора тока нулевой последовательности

$$I_{\text{ср.в}} = I_{\text{ср.п}} / k_{\text{ТТНП}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{ср.в}}$ - вторичный ток срабатывания измерительного органа тока защиты частоты 25 Гц при устойчивом замыкании на землю, А;

$k_{\text{ТТНП}}$ - коэффициент трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП). Принимается равным из документации на трансформатор ТТНП.

1.5.6.5.7 Пример расчета уставок

В примере приведен числовой расчет уставок защиты от замыкания на землю с наложением на первичную сеть тока частотой 25 Гц в компенсированной сети 6 кВ. Расчет

| | | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|-----------------------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист |
| | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |

произведен в соответствии с рекомендациями пункта 1.5.6.5.6 данного руководства по эксплуатации. Исходные данные для расчета уставок приведены в таблице 31. Расчетные формулы и полученные результаты приведены в таблице 32.

Таблица 31 - Исходные данные для расчета уставок

| Параметр | Значение | ед.изм. | Наименование |
|--------------|----------|---------|---|
| $U_{ном}$ | 6300 | В | Номинальное напряжение |
| $I_{с, зам}$ | 60 | А | Суммарный ёмкостный ток замыкания на землю в сети (без использования компенсации ДГР) |
| I_{25} | 1 | А | Контрольный ток от ИКТ частотой 25 Гц (I_{25}) |
| $F_{ном}$ | 50 | Гц | Промышленная частота |
| $k_{тгнп}$ | 25 | - | Кoeffициент трансформации ТГНП |
| $k_{ч}$ | 2 | - | Принятый коэффициент чувствительности |

Таблица 32 - Расчетные формулы и полученные результаты

| Параметр | Расчетная формула | Значение | ед.изм. | Наименование |
|------------|-----------------------|----------|---------|-------------------------------|
| $I_{ср.п}$ | $I_{25} / k_{ч}$ | 0,5 | А | Первичный ток срабатывания ИО |
| $I_{ср.в}$ | $I_{ср.п} / k_{тгнп}$ | 0,02 | А | Вторичный ток срабатывания ИО |

1.5.6.6 Защита от замыкания на землю с использованием искусственно увеличенной активной составляющей тока в токе замыкания на землю

Имеющийся опыт применения защиты от ОЗЗ с наложением в контур нулевой последовательности тока с частотой, отличающейся от промышленной (например, 25 Гц), показал, что его целесообразно использовать в сетях, питающихся от шин генераторного напряжения электрических станций.

В этом случае, во-первых, может одновременно решаться задача выполнения защиты без зоны нечувствительности в обмотке статора генераторов, включенных на сборные шины. Во-вторых, в таких сетях, дугогасящие реакторы, как правило, находятся в пределах одного распределительного устройства и поэтому технически возможно их объединение со стороны заземляемых выводов, что необходимо для включения ИКТ с частотой 25 Гц.

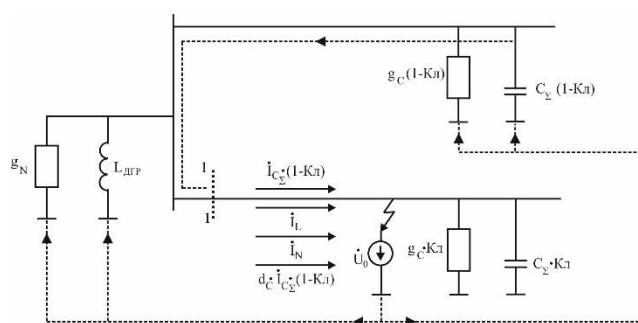
В электрических сетях, питающихся от подстанций с глубоким вводом высокого напряжения, технически более простым, и возможно более дешевым, может быть вариант выполнения защиты на основе увеличения активной составляющей тока замыкания путем подключения параллельно к дугогасящим реакторам заземляющего резистора, с таким сопротивлением, что активная составляющая тока равна (15 - 20) % от емкостного тока замыкания. Такой режим работы нейтрали принято называть комбинированным заземлением и по имеющемуся опыту эксплуатации он дает положительный эффект с точки зрения первичных процессов. В частности, устраняется возможность формирования дуговых перенапряжений при неточной настройке компенсации емкостных токов.

При выполнении защиты от замыкания на землю, реагирующей на активную составляющую тока, принципиально не имеет значения количество дугогасящих реакторов и их

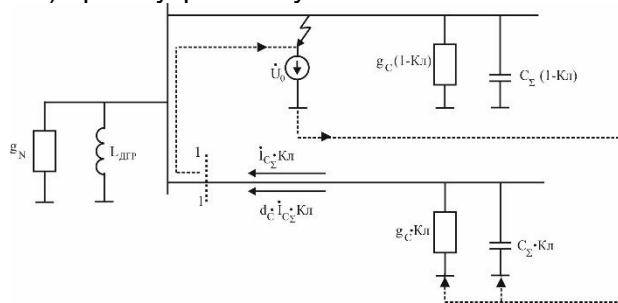
| | |
|--------------|--------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Ив. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

взаимное расположение (в пределах одной подстанции или они территориально удалены друг относительно друга). Заземляющий резистор может быть подключен параллельно к одному из дугогасящих реакторов или, если несколько резисторов, они могут быть распределены между несколькими реакторами с соответствующим выбором их сопротивления. Увеличение активной составляющей тока также может быть достигнуто подключением параллельно дугогасящему реактору резистора спустя некоторое время после возникновения замыкания (по факту появления $3U_0$). Если резистор подключается на ограниченное время, достаточное для работы защиты от 6 до 90 с, то он выполняется облегченным, что существенно снижает его стоимость и габариты. Производителями дугогасящих реакторов предложен также способ подключения шунтирующего резистора во вторичную силовую обмотку реактора напряжением 500 В, что дает возможность организации автоматического поиска присоединения с замыканием на землю, в том числе и дистанционный, с удаленного диспетчерского пункта.



а) при внутреннем устойчивом замыкании



б) при внешнем устойчивом замыкании

dc – относительная суммарная активная проводимость фаз сети относительно земли. Коэффициент dc определяется распределенной активной проводимостью изоляции фаз сети относительно земли; C_Σ – суммарная емкость фаз сети относительно земли; g_C – суммарная активная проводимость фаз сети относительно земли; $L_{ДГР}$ – эквивалентная индуктивность дугогасящих реакторов; g_L – проводимость, учитывающая потери в дугогасящих реакторах; g_N – проводимость дополнительного заземляющего резистора; $Kл$ – коэффициент, учитывающий долю ёмкости защищаемого присоединения по отношению к суммарной ёмкости всей сети.

Рисунок 20 - Токи в месте установки защиты при устойчивом замыкании в компенсированной сети с увеличенной активной составляющей тока

Принцип выполнения защиты при устойчивом замыкании очевиден. В радиальных (не замкнутых) сетях активная составляющая тока, обусловленная потерями в дугогасящих

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

реакторах, дополнительным резистором и распределенной активной проводимостью изоляции сети, протекает по поврежденной линии, а в неповрежденных линиях активная составляющая тока обусловленная собственной проводимостью линии значительно меньше и имеет направление противоположное активной составляющей, протекающей в поврежденной линии. Токи нулевой последовательности в месте установки защиты при внутреннем и внешнем замыканиях определяются по схеме замещения нулевой последовательности, приведенной на рисунке 20.

Так как для выделения активной составляющей тока требуется применение фазочувствительного элемента, то необходимо предпринимать меры для снижения влияния фазовых погрешностей в измерительном канале защиты.

По этой причине для данной защиты рекомендовано применение кабельных ТТНП с неразъемным магнитопроводом (типа ТЗЛМ, ТЗЛ, ТЗЛЭ) с повышенным коэффициентом трансформации ($k_{\text{ТТНП}}$ принимается от 60 до 100) и обеспечением минимального сопротивления нагрузки во вторичных токовых цепях от 0,04 до 0,06 Ом), что достигается установкой терминала в ячейку КРУ.

Пример подключения защиты для пояснения принципа выполнения защиты от замыкания на землю с увеличенной активной составляющей тока нулевой последовательности приведен на рисунке 21.

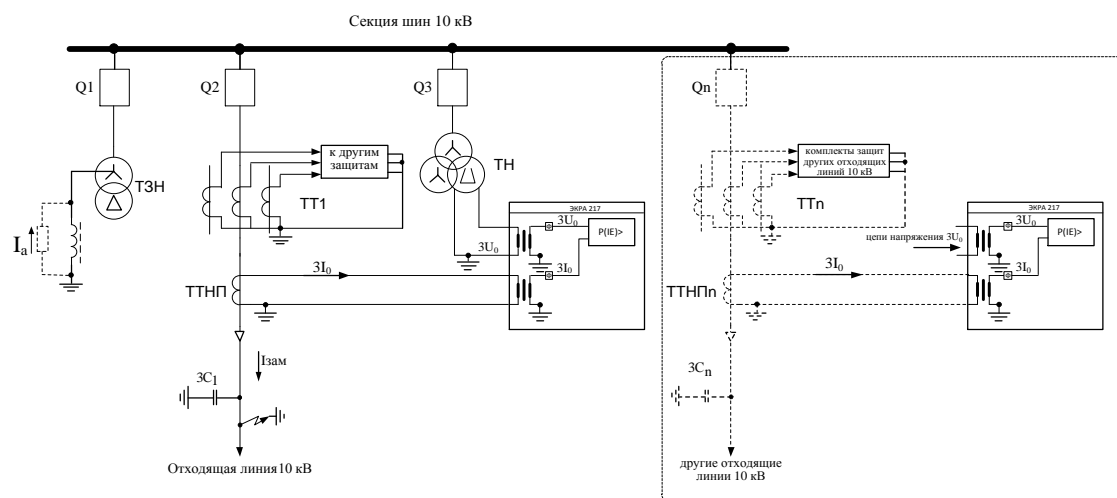


Рисунок 21 - Пример подключения защиты для пояснения принципа выполнения защиты от замыкания на землю с увеличенной активной составляющей тока нулевой последовательности

1.5.6.6.1 Защита по цепям тока нулевой последовательности ($3I_0$) подключается ко вторичной обмотке измерительного трансформатора тока нулевой последовательности (ТТНП).

1.5.6.6.2 По цепям напряжения защита подключается к цепи напряжения $3U_0$, которое измеряется на выводах дополнительной вторичной обмотки измерительного трансформатора напряжения, собранной по схеме «разомкнутый треугольник» с номинальным напряжением 100/3 В. В терминале для подключения цепей напряжения $3U_0$ предусмотрен отдельный

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

аналоговый вход - $U_{н-к}$ (см. схему подключения). При этом фазировка цепей $3U_0$ и $3I_0$ не требуется, что упрощает эксплуатацию защиты.

1.5.6.6.3 В защите, в качестве меры для измерения величины активной составляющей тока в токе замыкания на землю, используется среднее значение мгновенной мощности нулевой последовательности. Для её формирования сигналы, пропорциональные току и напряжению нулевой последовательности поступают на два каскада аналогово-цифровой фильтрации сигнала в цепи тока и напряжения нулевой последовательности. Далее сигналы оцифровываются и поступают в программную часть защиты. В программной части предусматривается возможность введения дополнительной фазовой коррекции сигнала и формирование рабочего сигнала по заданному алгоритму функционирования защиты.

1.5.6.6.4 При перемежающемся дуговом замыкании выходной сигнал на выходе измерительного органа представляет собой последовательность импульсов, формирующихся при каждом пробое изоляции. Величина абсолютного значения уровня импульсов определяется видом замыкания (внешнее замыкание или замыкание на защищаемой линии), параметрами элементов контура нулевой последовательности в момент пробоя изоляции и условиями стекания избыточных зарядов с нейтрали сети за время между двумя соседними пробоями изоляции. Логический сигнал о срабатывании измерительного органа защиты формируется после прохождения заданного числа таких импульсов, превышающих уровень уставки срабатывания, см. рисунок 22.

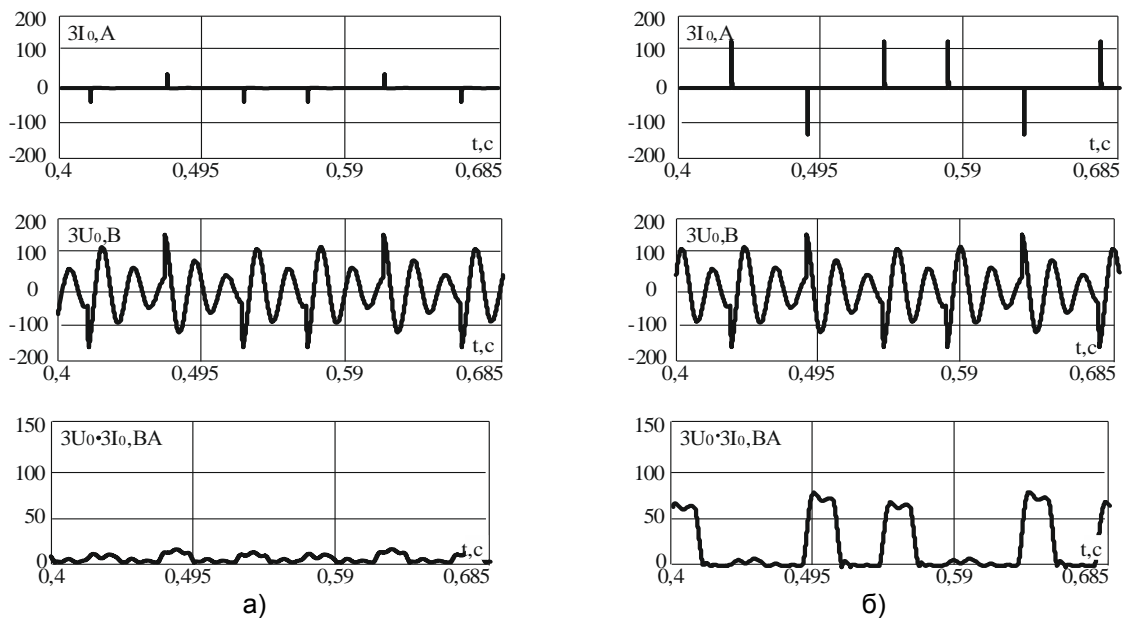


Рисунок 22 - Эпюры тока и напряжения нулевой последовательности, поясняющие принцип функционирования защиты от замыкания на землю, реагирующей на активную составляющую тока в сети с компенсацией емкостного тока при перемежающихся замыканиях:

а) - внешнее замыкание, б) – замыкание на защищаемой линии.

Собственное время срабатывания защиты составляет 0,35 с, что должно учитываться при выборе выдержки времени на срабатывание.

| | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|------|---|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист | |
| | | | | | | 4 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Защиту от ОЗЗ реагирующую на активную составляющую в токе замыкания на землю рекомендуется применять в сетях с комбинированным заземлением нейтрали (параллельным подключением ДГР и высокоомного заземляющего резистора) либо в компенсированных сетях с суммарной величиной тока замыкания на землю более 50 А.

1.5.6.6.5 Рекомендации по выбору уставок

Уставки защиты, расчет которых не приведен в данном разделе, принимаются равными по умолчанию и уточняются при наладке. Уставки задаются в именованных единицах.

1) Уставка срабатывания ИО «P(IE)>»

Уставка «P0уст» (по активной мощности в контуре нулевой последовательности) выбирается из условия обеспечения органом необходимой чувствительности к величине активной составляющей в токе замыкания на землю при глухом (металлическом) замыкании на защищаемой линии

$$P_{0.П} = (I_{a\Sigma} / k_{\text{ч}}) \cdot 3U_0, \quad (14)$$

где $P_{0.П}$ - активная мощность в контуре нулевой последовательности при устойчивом замыкании на землю (без переходного сопротивления), Вт (первичные величины);

$I_{a\Sigma}$ - активная составляющая тока в контуре нулевой последовательности при устойчивом замыкании на землю, А;

$k_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности ($k_{\text{ч}} = 2$);

$3U_0$ – величина напряжения нулевой последовательности при устойчивом замыкании на землю, В. Принимается равной 100 В.

Значение активного тока ($I_{a\Sigma}$) в месте установки защиты в расчетах определяется по коэффициенту демпфирования (d), характеризующему относительную суммарную активную проводимость фаз сети относительно земли. Коэффициент d определяется потерями в дугогасящих реакторах (d_L), дополнительным резистором в нейтрали сети (d_R) и распределенной активной проводимостью изоляции всей сети (d_C), т.е $d=d_L+d_R+d_C$. Ориентировочно, на основании экспериментальных данных [11] для компенсированной сети коэффициент d при нормальном состоянии изоляции можно принять равным $d=d_L+d_C=0,04...0,05$. В сети с комбинированным заземлением нейтрали, под которым понимается работа компенсированной сети с дополнительным заземляющим резистором в цепи нейтрали, создающим активную составляющую тока до значения не более 15 % от суммарного емкостного тока замыкания, коэффициент d в большей степени определяется активной проводимостью дополнительного заземляющего резистора в нейтрали (d_R) и в расчетах принимается 0,15. Для дальнейших расчетов принимаем, что в предложенном численном примере расчета уставок, распределительная сеть 10,5 кВ работает в режиме комбинированного заземления нейтрали. Ёмкостный ток замыкания на землю составляет 60 А, а величина сопротивления добавочного резистора в нейтрали сети, составляет $R_N=700$ Ом.

| | | | |
|--------------|--------|--------------------|------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Подп. дата |
| | | Кузнецова 19.07.19 | |
| Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | |
| | | | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Активный ток I_{a_R} , обусловленный активной заземляющего резистора в нейтрали R_N , рассчитывается по формуле

$$I_{a_R} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3R_N}}, \quad (15)$$

где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение сети.

Кроме тока, обусловленного резистором, в месте замыкания протекают токи обусловленные потерями в дугогасящих реакторах и распределенной активной проводимостью изоляции всей сети, см. рисунок 20.

Активный ток I_a , обусловленный потерями в дугогасящих реакторах и распределенной активной проводимостью изоляции всей сети, рассчитывается по формуле

$$I_a = I_{C,\text{зам}} \cdot (d_C + d_L) \cdot (1 - K_{\text{Л}}). \quad (16)$$

Суммарная величина активной составляющей тока в месте замыкания рассчитывается по формуле

$$I_{a\Sigma} = I_{a_R} + I_a. \quad (17)$$

Вторичная величина уставки «P0уст» в цепях защиты определяется с учетом коэффициента трансформации трансформатора тока нулевой последовательности

$$P_{0.B} = P_{0.П} / k_{\text{ТТНП}}, \quad (18)$$

где $P_{0.B}$ - активная мощность в контуре нулевой последовательности при глухом (металлическом) замыкании на землю, Вт (вторичные величины);

$k_{\text{ТТНП}}$ - коэффициент трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП) (принимается из документации на трансформатор ТТНП).

2) Коэффициент возврата ($K_{\text{воз}}$) «P(IE)>» принимается равным 0,75.

1.5.6.6.6 Пример расчета уставок

В примере приведен числовой расчет уставок защиты в распределительной сети 10,5 кВ с комбинированным заземлением нейтрали. Расчет произведен в соответствии с рекомендациями пункта 1.5.6.5.6 данного руководства по эксплуатации. Исходные данные для расчета уставок приведены в таблице 33. Расчетные формулы и полученные результаты приведены в таблице 34.

Таблица 33 - Исходные данные для расчета уставок

| Параметр | Значение | ед.изм. | Наименование |
|----------------------|----------|---------|---|
| $U_{\text{НОМ}}$ | 10500 | В | Номинальное напряжение |
| $I_{C, \text{ зам}}$ | 60 | А | Суммарный ёмкостный ток замыкания на землю в сети (без использования компенсации ДГР) |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|---|------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист |
| | | | | | | | | | | | Изм |

Продолжение таблицы 33

| Параметр | Значение | ед.изм. | Наименование |
|-------------|----------|---------|---|
| K_L | 0,2 | - | Доля емкости защищаемой линии по отношению к суммарной емкости всей сети. Принята равной 20 %. |
| $d_L + d_C$ | 0,05 | - | Коэффициент демпфирования сети, учитывающий потери в ДГР (2,5 % и актив. проводимость сети 2,5 %) |
| R_N | 700 | Ом | Сопrotивление заземляющего резистора |
| $F_{ном}$ | 50 | Гц | Промышленная частота |
| $k_{ТТП}$ | 25 | - | Коэффициент трансформации ТТП |
| k_{χ} | 2 | - | Принятый коэффициент чувствительности |

Таблица 34 - Расчетные формулы и полученные результаты

| Параметр | Расчетная формула | Значение | ед.изм. | Наименование |
|---------------|--|---------------------|---------|---|
| I_{a_R} | $\frac{U_{ном}}{\sqrt{3}R_N}$ | 8,66 | А | Активный ток, обусловленный проводимостью резистора R_N |
| I_a | $I_{C,зам} \cdot (d_C + d_L) \cdot x(1 - K_L)$ | 2,4 | А | Активный ток, обусловленный активной проводимостью изоляции сети и потерями в ДГР |
| $I_{a\Sigma}$ | $I_{a_R} + I_a$ | 11,06 | А | Суммарная активная составляющая |
| $P_{0.П}$ | $(I_{a\Sigma} / k_{\chi}) \cdot 3U_0$ | 553 | Вт | Уставка срабатывания ИО 1 в первичных величинах |
| $P_{0.В}$ | $P_{0.П} / k_{ТТП}$ | 22,12 принято 22 | Вт | Уставка срабатывания ИО 1 в вторичных величинах |

1.5.7 Токовая защита нулевой последовательности 0,4 кВ (защита стороны НН ТСН)

1.5.7.1 Токовая защита нулевой последовательности предназначена для реализации резервной защиты от КЗ в обмотках ТСН. Защита подключается к ТТ, установленному в цепи заземленной нейтрали обмотки 0,4 кВ ТСН.

1.5.7.2 Защита выполнена с двумя выдержками времени: Защита действует с первой (меньшей) выдержкой времени на отключение секционного автоматического выключателя 0,4 кВ, а со второй (большей) – на отключение выключателя стороны ВН, вводного автоматического выключателя 0,4 кВ с блокировкой АВР секционного автоматического выключателя 0,4 кВ, если он был ранее отключен [12].

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| | Подп. и дата |
| | Взам. инв. № |
| | Инв. № дубл. |
| Подп. дата | Кузнецова 19.07.19 |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.7.3 Защита представляет собой совокупность измерительного органа максимального действия «РТ_3IoN>», и двух регулируемых выдержек времени на срабатывание, объединенных общей логикой (см. рисунок 23). Выдержки времени схемы токовой защиты нулевой последовательности 0,4 кВ приведены в таблице 35. Характеристики измерительного органа «РТ_3IoN>» приведены в таблице 27.

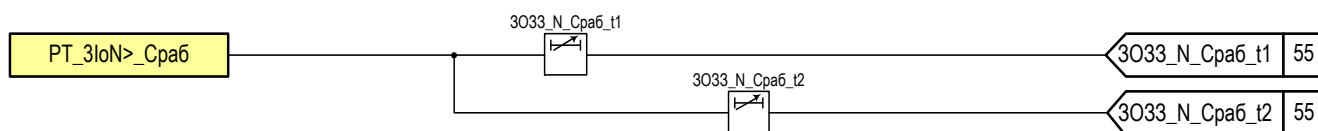


Рисунок 23 – Функциональная схема реализации в терминале токовой защиты нулевой последовательности 0,4 кВ (Защита стороны НН ТСН)

Таблица 35 – Выдержки времени

| Имя | Название | Уставка*, с |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|
| 3033_N_Сраб_t1 | Выдержка времени на срабатывание | Значение по умолчанию: 0,2 |
| 3033_N_Сраб_t2 | Выдержка времени на срабатывание | Значение по умолчанию: 0,6 |

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

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

Срабатывание защиты формируется:

- при срабатывании реле тока, подключенного к трансформатору тока нулевой последовательности фаз (3Io>>> Сраб);
- при срабатывании реле токовой отсечки нулевой последовательности фаз (РТ_ТОНП).

1.5.8.1 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). Рекомендованное 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.

1.5.8.2 Функциональная схема реализации в терминале защиты от двойного замыкания на землю приведена на рисунке 24. Выдержки времени схемы ЗОЗЗ-2 приведены в таблице 37.

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|-----|------|----------------|-----------|-----------------------------|------------|----------|
| Инв. № подл. 007/Э7 | Подп. и дата Кузнецова 19.07.19 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | | | | | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист 60 | |
| | | | | | 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | | | 19.07.19 |
| | | | | | Изм | Лист | № докум. | Подп. | | | Дата |
| | | | | | | | | | | | |

1.5.8.3 Реле токовой отсечки нулевой последовательности «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). По принципу действия является максимальным. ИО «РТ ТОНП» реагирует на утроенный ток нулевой последовательности, рассчитанный по формуле

$$3\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C, \quad (19)$$

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

Характеристики ИО «РТ ТОНП» приведены в таблице 36.

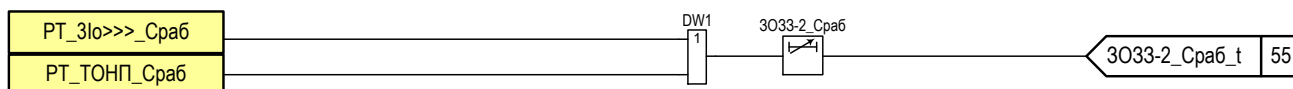


Рисунок 24 – Функциональная схема реализации в терминале защиты от двойного замыкания на землю (ЗОЗЗ-2)

Таблица 36 – 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 | 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 | |

Таблица 37 – Выдержки времени ЗОЗЗ-2

| Имя | Название | Диапазон значений*, с |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|
| ЗОЗЗ-2_Сраб | Выдержка времени на срабатывание | Значение по умолчанию: 0,1 |

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

1.5.9 Защита от несимметричного режима (ЗНР)

1.5.9.1 ЗНР выполнена одноступенчатой с независимой выдержкой времени на срабатывание (см. таблицу 39). Воздействие по факту срабатывания защиты может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.27). Функциональная схема приведена на рисунке 25.

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

| | |
|--------------|--------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.9.3 ИО «РТ_ЗНР» реагирует на величину отношения тока обратной последовательности I_2 к току прямой последовательности I_1 , рассчитанных по формулам (20) и (21). Характеристика ИО «РТ_ЗНР» приведена в таблице 38.

$$i_1 = \frac{1}{3}(i_A + i_B \cdot e^{j120^\circ} + i_C \cdot e^{-j120^\circ}), \quad (20)$$

$$i_2 = \frac{1}{3}(i_A + i_B \cdot e^{-j120^\circ} + i_C \cdot e^{j120^\circ}), \quad (21)$$

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

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

$$K < \frac{|I_2|}{|I_1|} \cdot 100 \%. \quad (22)$$

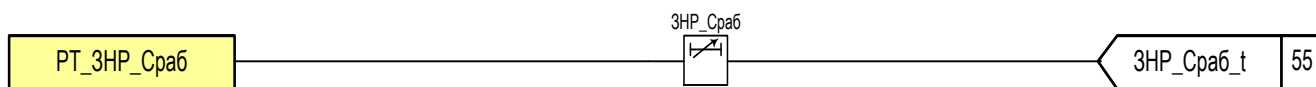


Рисунок 25 - Фрагмент функциональной схемы ЗНР

Таблица 38 – Характеристики ИО защиты несимметричного режима «РТ_ЗНР»

| Наименование параметра | Значение | |
|---|----------|-------------|
| | Уставка | Шаг уставки |
| Коэффициент несимметрии I_2/I_1 , % | 10 – 100 | 0,01 |
| Коэффициент возврата $K_{воз}$ | 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: | 5 | |
| – основная погрешность уставки K срабатывания, %, не более; | | |
| – дополнительная погрешность уставки K срабатывания в рабочем диапазоне температур от значений, измеренных при нормальной температуре, %, не более; | 10 | |
| – дополнительная погрешность уставки K срабатывания в расширенном диапазоне частот, %, не более: | | |
| - от 3 до 47 Гц; | 7 | |
| - от 53 до 80 Гц | 10 | |

| | |
|--------------|--------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Кузнецова 19.07.19 |
| Взам. инв. № | |
| Ив. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------------|-----------|----------|
| 4 | Зам. | ЭКРА.1444-2019 | Кузнецова | 19.07.19 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 39 – Выдержка 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 «РТ ЗНР» и отсутствию срабатывания ИО «U2» (см. 1.5.9.3, 1.5.4.4 соответственно).

1.5.10.2 Фрагмент функциональной схемы КИТ приведен на рисунке 26. Выдержки времени КИТ приведены в таблице 40.

Таблица 40 - Выдержки времени КИТ

| Имя | Название | Уставка | |
|-----------|--|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| 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.

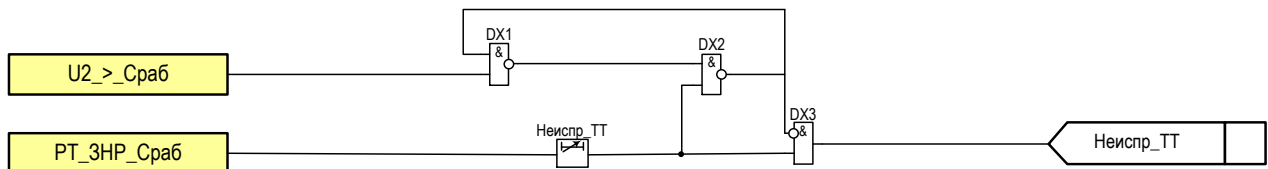


Рисунок 26 – Фрагмент функциональной схемы КИТ

1.5.11 Защита от минимального напряжения (ЗМН)

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

1.5.11.2 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» - UY.

| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инд. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.11.4 Воздействие каждой из ступеней может быть назначено индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.27). Длительность срабатывания ограничена формирователем импульсов с прерыванием. Действие ЗМН блокируется при наличии сигнала «ЗМН заблокировано», формирующегося при наличии неисправности цепей напряжения (см. 1.5.4) 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 27. Выдержки времени схемы ЗМН приведены в таблице 41.

Таблица 41 – 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.

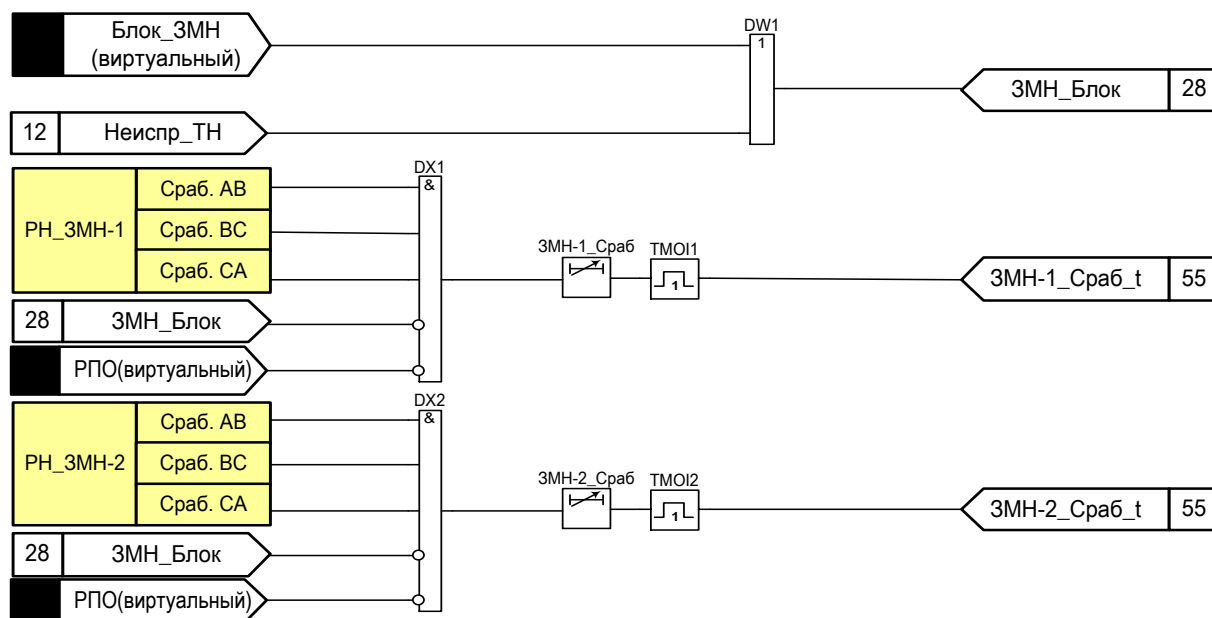


Рисунок 27 – Фрагмент функциональной схемы ЗМН

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. 1.5.27).

| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инд. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| 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» - UY Срабатывание ЗПН происходит при превышении любым из измеряемых линейных напряжений уставки срабатывания и наборе выдержки времени на срабатывание. Функциональная схема ЗПН приведена на рисунке 28. Выдержки времени схемы ЗПН приведены в таблице 42. Характеристики ИО приведены в таблице 43.

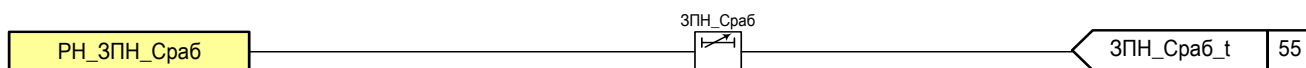


Рисунок 28 - Фрагмент функциональной схемы ЗПН

Таблица 42 – Выдержки 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 43 – Характеристики ИО максимального напряжения – «ЗПН», «РКНН»

| Наименование параметра | Значение | |
|---|----------|-------------|
| | Уставка | Шаг уставки |
| Напряжение срабатывания, В | 3 – 264 | 0,01 |
| Коэффициент возврата | 1 – 1,5 | 0,01 |
| Время срабатывания при скачкообразном изменении входного напряжения с 0 до 1,2 уставки 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» (см. таблицу 44) 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» - UY.

| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Характеристики ИО приведены в таблицах 22, 43. Формирование сигнала «Контроль отсутствия напряжения» блокируется при наличии неисправности цепей напряжения (см. рисунок 29).

Таблица 44 – Программные накладки схемы контроля напряжения

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

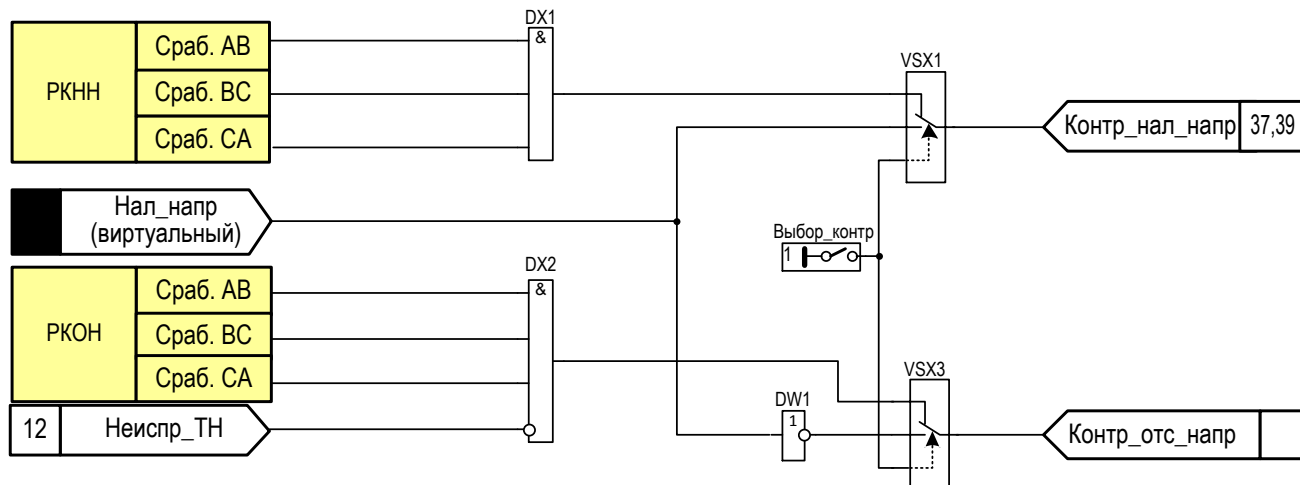


Рисунок 29 – Фрагмент функциональной схемы контроля напряжения

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. 1.5.27).

1.5.14.4 Структурная схема организации УРОВ приведена на рисунке 31 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании), фрагмент функциональной схемы приведен на рисунке 32. Схема выполнена с применением асинхронного RS-триггера с приоритетом по

| | |
|--------------|-------------------|
| Имп. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

R (DS1). Пусковым условием является общий сигнал «Пуск 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_Пуск» не произойдет сброс триггера (факт наличия отказа выключателя), сформируется сигнал «УРОВ_Пуск», который подействует на реле «Пуск_УРОВ», которое своими контактами сформирует сигнал на вышестоящий терминал защиты. При отсутствии дискретного сигнала «Ввод_УРОВ» сигнал «УРОВ_Пуск» 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.

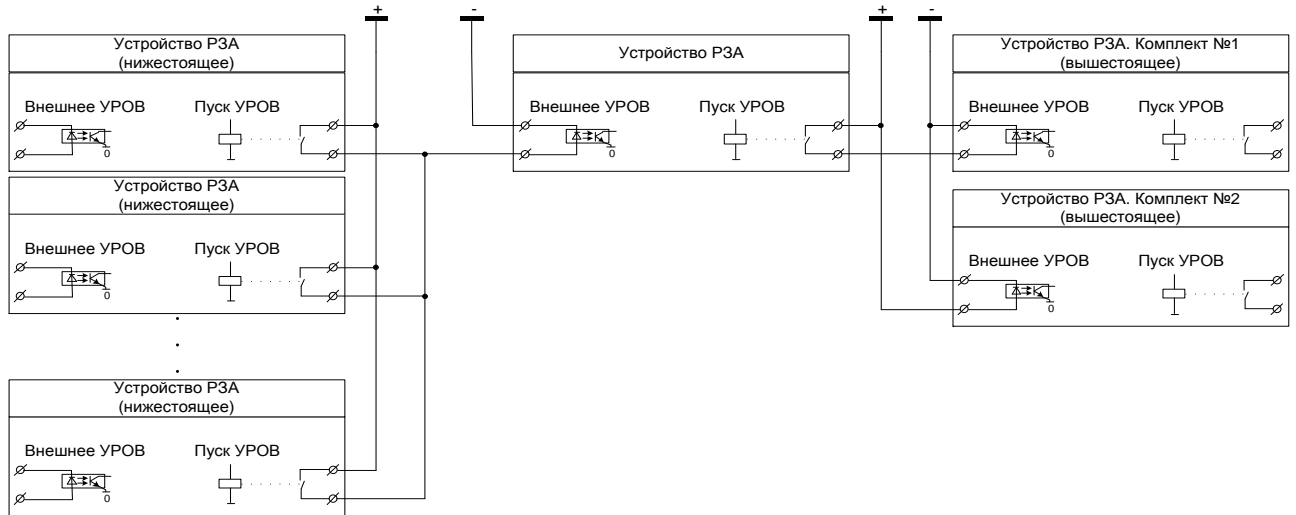


Рисунок 30 – Структурная схема УРОВ

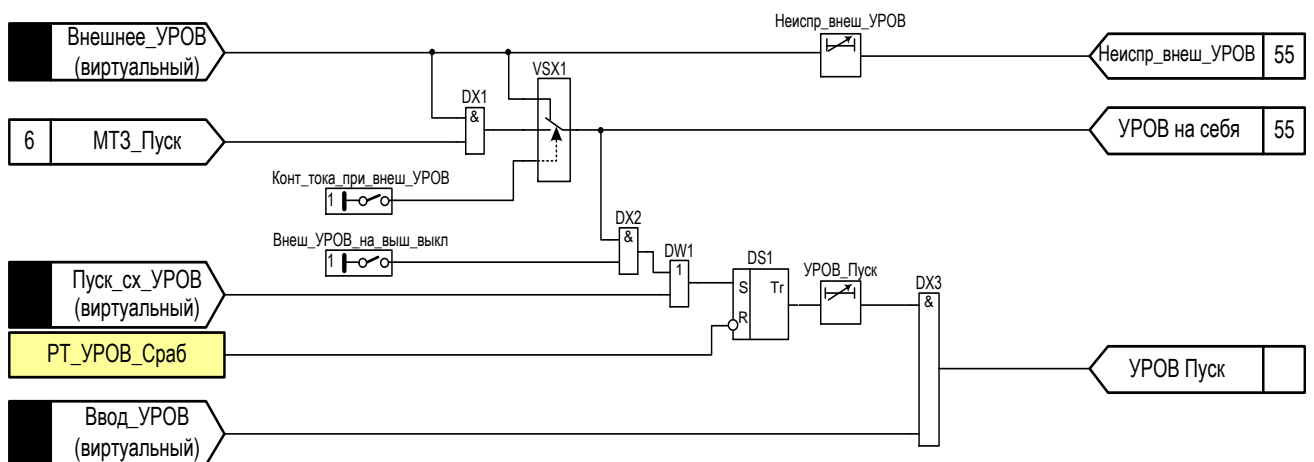


Рисунок 31 - Фрагмент функциональной схемы УРОВ

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | Архипова 01.02.21 |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 45 – 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 46 – 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 32 (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 Фрагмент функциональной схемы ЗДЗ приведен на рисунке 33. Программные накладки схемы ЗДЗ приведены в таблице 47.

1.5.15.4 ЗДЗ имеет две независимые выдержки времени на срабатывание (см. таблицу 48), воздействия после набора каждой из них могут быть назначены индивидуально с помощью матрицы отключений (см. 1.5.27).

1.5.15.5 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»,

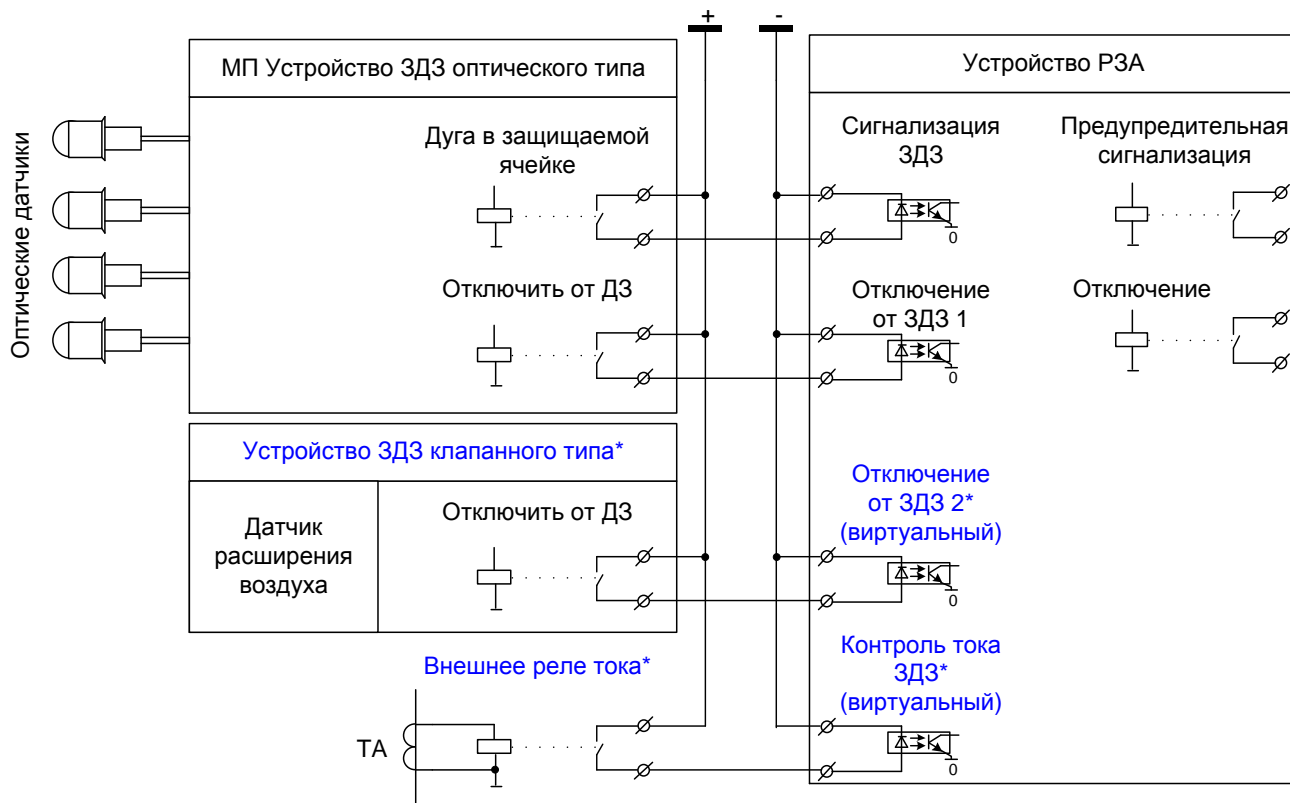
| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инд. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

подключенный к централизованному устройству дуговой защиты. Для исключения ложных срабатываний цепи сигнализации в логике формирования сигнализации ЗДЗ предусмотрена одноименная выдержка времени на срабатывание.

Таблица 47 – 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 32 – Структурная схема ЗДЗ

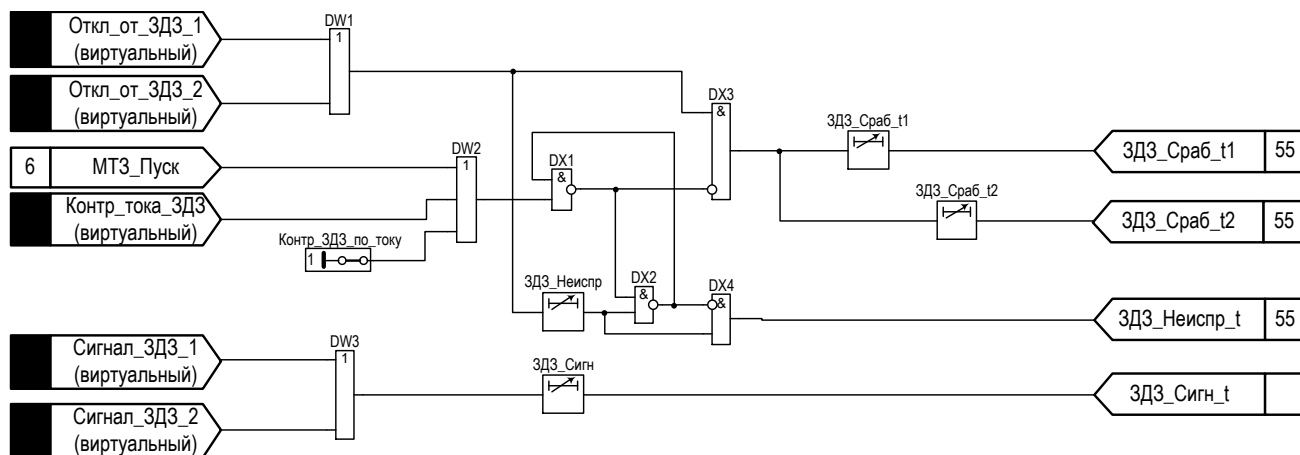


Рисунок 33 - Фрагмент функциональной схемы ЗДЗ

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 48 – 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 Устройство автоматической частотной разгрузки (АЧР)

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

1.5.16.2 Фрагмент функциональной схемы АЧР приведена на рисунке 34. Программные накладки и выдержки времени АЧР приведены в таблицах 49 и 50 соответственно.

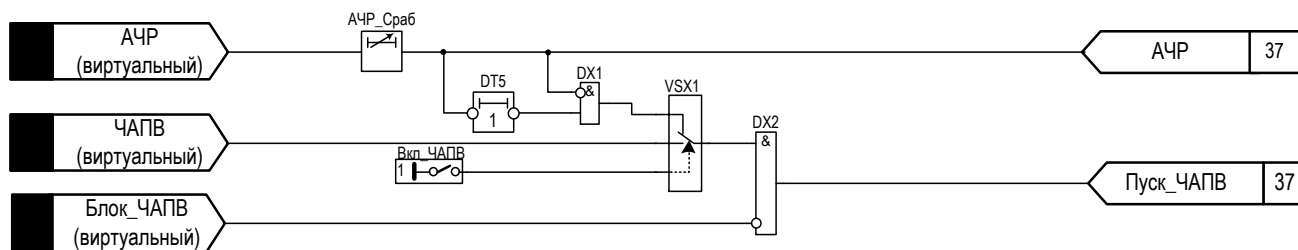


Рисунок 34 - Фрагмент функциональной схемы АЧР

Таблица 49 – Программные накладки АЧР

| Имя | Название | Состояние |
|----------|----------------|---------------------------------------|
| Вкл_ЧАПВ | Включение ЧАПВ | 1 - при внешнем 0 - при внутреннем |

Таблица 50 – Выдержки времени АЧР

| Имя | Название | Уставка | |
|----------|---|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| АЧР_Сраб | Регулируемая выдержка времени на срабатывание АЧР | 0,01 | 0,01 – 100 |
| DT5 | Технологическая выдержка времени | 1 | – |

*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 | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

1.5.17 Частотное АПВ (ЧАПВ)

1.5.17.1 Для ускорения восстановления питания потребителей, отключенных при срабатывании АЧР, применяется специальный вид автоматики – ЧАПВ. Устройство ЧАПВ срабатывает после восстановления частоты в энергосистеме и дает импульс на включение отключенных потребителей.

1.5.17.2 ЧАПВ принимает сигналы с дискретных входов АЧР, РПВ, со схемы запрета ЧАПВ (см. рисунок 35), со схемы АЧР и аварийного отключения в соответствии с рисунком 36.

Программные накладки и выдержки времени ЧАПВ приведены в таблицах 51 и 52 соответственно.

По сигналу «Запрет_ЧАПВ» предусмотрена блокировка ЧАПВ при срабатывании защит, действующих на отключение, и при командном отключении. Предусмотрена возможность работы ЧАПВ с контролем наличия напряжения на секции шин. Пуск схемы ЧАПВ организуется при аварийном отключении выключателя при формировании «цепи несоответствия» (наличие сигналов РФК и РПО).

Схема имеет регулируемые уставки готовности и срабатывания для ЧАПВ. Факт готовности ЧАПВ к действию реализуется, если предварительно выключатель был включен, и произошло его отключение по сигналу АЧР. Выдержка времени готовности обнуляется при появлении сигнала запрета ЧАПВ. При формировании сигнала пуска ЧАПВ в соответствии с выдержкой времени, а также сигнала готовности, обеспечивается однократный импульсный сигнал на включение выключателя.

Таблица 51 – Программные накладки ЧАПВ

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

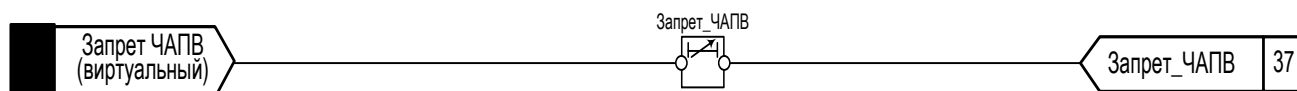


Рисунок 35 - Фрагмент функциональной схемы запрета ЧАПВ

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------|--|------|---------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Таблица 51 – Программные накладки ЧАПВ | | | Лист |
| | | | | | | | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | |

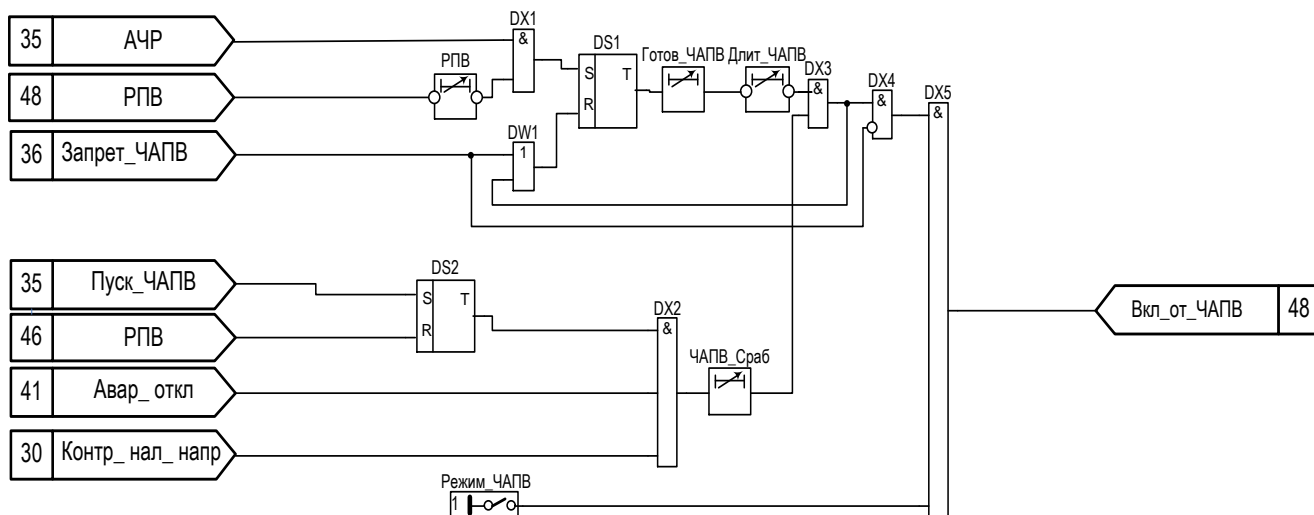


Рисунок 36 - Фрагмент функциональной схемы ЧАПВ

Таблица 52 – Выдержки времени ЧАПВ

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

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

1.5.18 Автоматическое повторное включение (АПВ)

1.5.18.1 Сигнал «Запрет_АПВ» формируется в соответствии с рисунком 37. Обеспечена возможность запрета АПВ при действии на отключение внутренних и внешних защит. Действия соответствующих сигналов на запрет АПВ формируются в соответствии с матрицей отключений. Выдержки времени схемы запрета АПВ приведены в таблице 54.

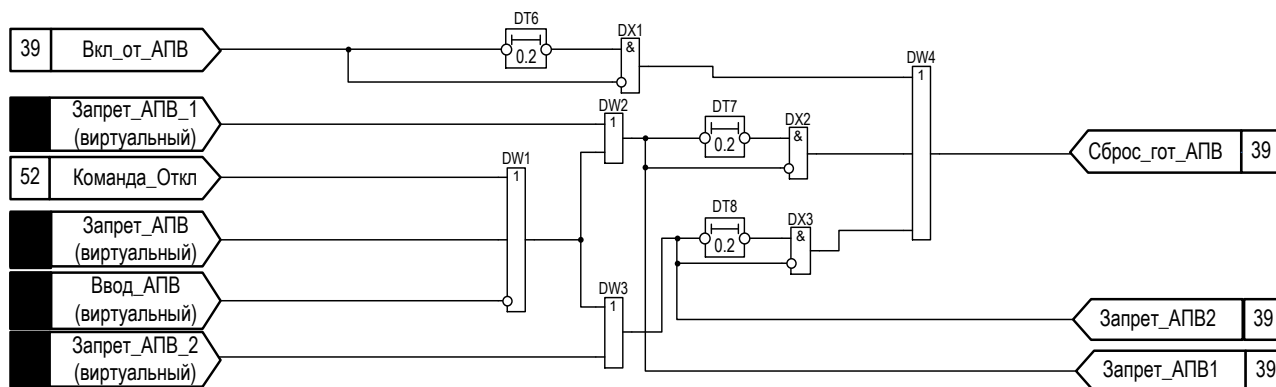


Рисунок 37 - Фрагмент функциональной схемы запрета АПВ

| | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| | | Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | | Подп. дата | |
| | | Инв. № дубл. | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.18.2 Функциональная схема АПВ представлена на рисунке 38. Предусмотрено два цикла АПВ и возможность работы АПВ с контролем наличия напряжения на секции шин или «слепое» АПВ. Пуск схемы АПВ организуется при аварийном отключении выключателя.

Таблица 53 – Выдержки времени запрета АПВ

| Имя | Название | Уставка | |
|-----|--|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| DT6 | Технологически регулируемая выдержка времени | 0,2 | 0 – 10 |
| DT7 | Технологически регулируемая выдержка времени | 0,2 | 0 – 10 |
| DT8 | Технологически регулируемая выдержка времени | 0,2 | 0 – 10 |

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

1.5.18.3 При формировании сигнала пуска АПВ в соответствии с выдержкой времени и сигналом готовности, обеспечивается однократный импульсный сигнал «Включение от АПВ» на включение выключателя в каждом цикле АПВ.

1.5.18.4 Выдержки времени схемы АПВ приведены в таблице 54.

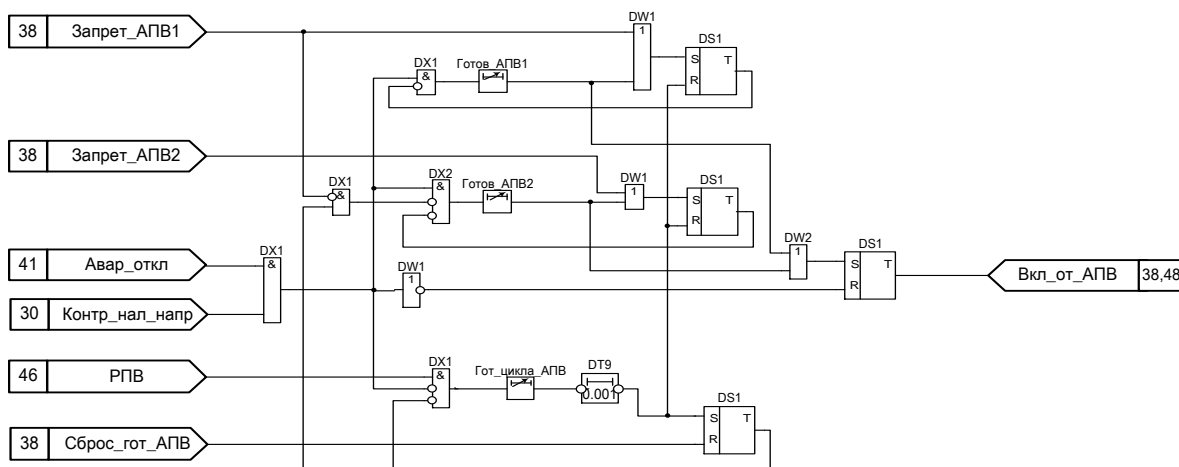


Рисунок 38 - Фрагмент функциональной схемы АПВ

Таблица 54 – Выдержки времени АПВ

| Имя | Название | Уставка | |
|------------|---|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| Готов_АПВ1 | Технологически нерегулируемая выдержка времени на готовность АПВ1 | 0,2 | 0 – 100 |
| Готов_АПВ2 | Технологически нерегулируемая выдержка времени на готовность АПВ2 | 15 | 5 – 180 |
| DT9 | Технологически нерегулируемая выдержка времени | 0,001 | – |

Инв. № подл. 007/ЭТ
 Подп. и дата Архипова 01.02.21
 Взам. инв. №
 Инв. № дубл.
 Подп. дата

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Продолжение таблицы 55

| Имя | Название | Уставка | |
|---|---|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| Готов_цикл_АПВ | Технологически нерегулируемая выдержка времени на готовность нового цикла АПВ | 20 | 0,2 – 100 |
| *Задаваемый диапазон уставки выдержки времени от 0 до 9999 с с шагом 0,001 с. | | | |

1.5.19 Цепи управления

1.5.19.1 Структурная схема подключения цепей управления (ЦУ) высоковольтного выключателя, управление которым основано на применении соленоидов управления, приведена на рисунке 44. Данная схема подключения цепей управления позволяет диагностировать ее исправность посредством контроля наличия и/или отсутствия сигналов «РПО» и «РПВ».

1.5.19.2 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 44, НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ ПАРАМЕТРЫ КАТУШЕК УПРАВЛЕНИЯ СОЛЕНИДАМИ 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!

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

1.5.19.4 Работа цепи управления выключателем представлена на рисунках 45 - 47.

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

| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инд. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

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. Обобщенная структурная схема цепей световой сигнализации приведена на рисунке 39.

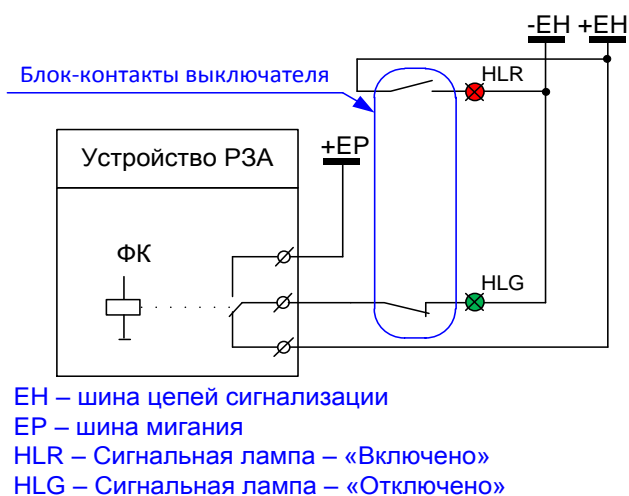


Рисунок 39 – Обобщенная структурная схема цепей световой сигнализации

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 состоянии сигнала «ФК» (см. рисунок 40).

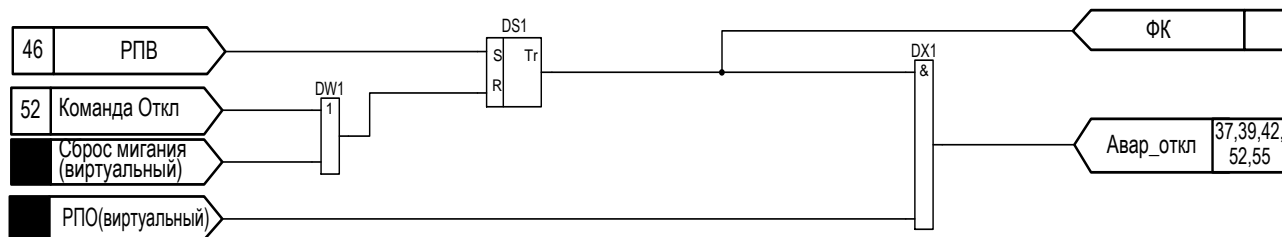


Рисунок 40 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного отключения

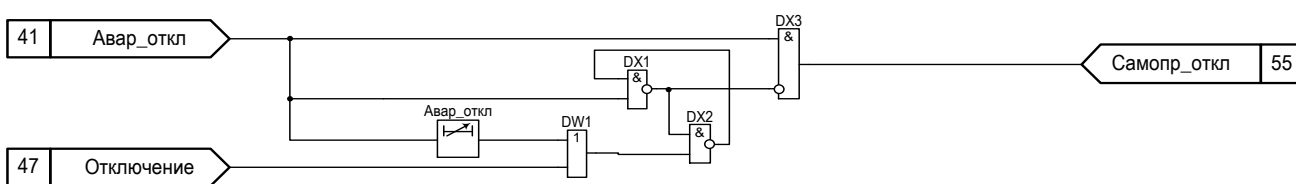


Рисунок 41 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного отключения

| | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Подп. дата |
| | | | | | Инв. № дубл. |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

1.5.19.5 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного отключения выполнена в соответствии с рисунком 41.

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

1.5.19.7 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 (см. рисунок 42).

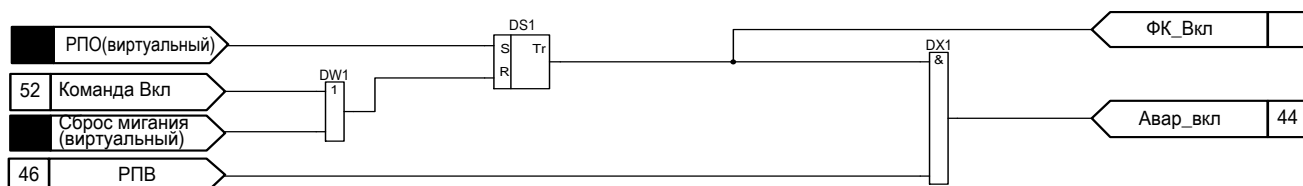


Рисунок 42 – Фрагмент функциональной схемы фиксации команд нормального и аварийного включения

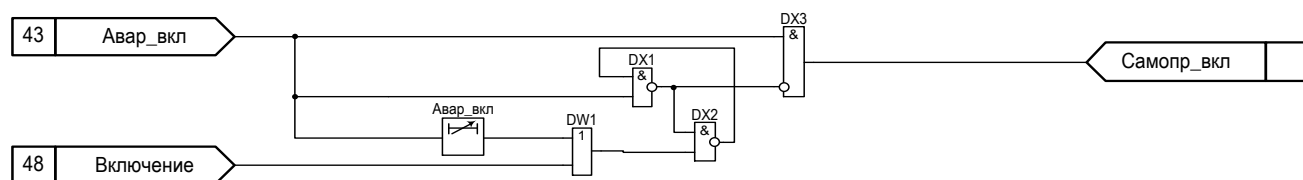


Рисунок 43 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигнала самопроизвольного включения

1.5.19.8 Функциональная схема формирования сигнала самопроизвольного включения выполнена в соответствии с рисунком 43.

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

1.5.19.10 Предусмотрена работа контроля цепей управления в соответствии с рисунком 45.

Выходной сигнал «Неиспр_ЦУ» формируется по следующим причинам:

– одновременное присутствие или отсутствие в течение выдержки времени «Неиспр_ЦУ» сигналов «РПО», «РПВ1» и «РПВ2»;

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

– 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 46 и 47;

– длительное наличие на дискретном входе сигнала «Привод_не_готов», свидетельствующее о неисправности в приводе высоковольтного выключателя. Время, определяющее наличие неисправности задается соответствующей выдержкой времени (см. таблицу 56);

– наличие на дискретном входе сигнала «Блокировка управления», блокирующем работу автоматики управления выключателем (АУВ). Данный сигнал используется для блокировки работы выключателя, например, при сигнализации о низком и/или аварийном давлении электротехнического газа в высоковольтном выключателе.

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

| | | | | | |
|--------------|-------------------|----------|---------------|----------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | | | | Лист |
| | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | | | | 77 |
| Взам. инв. № | | | | | |
| Инв. № дубл. | | | | | |
| Подп. дата | | | | | |
| Инв. № подл. | | | | | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |

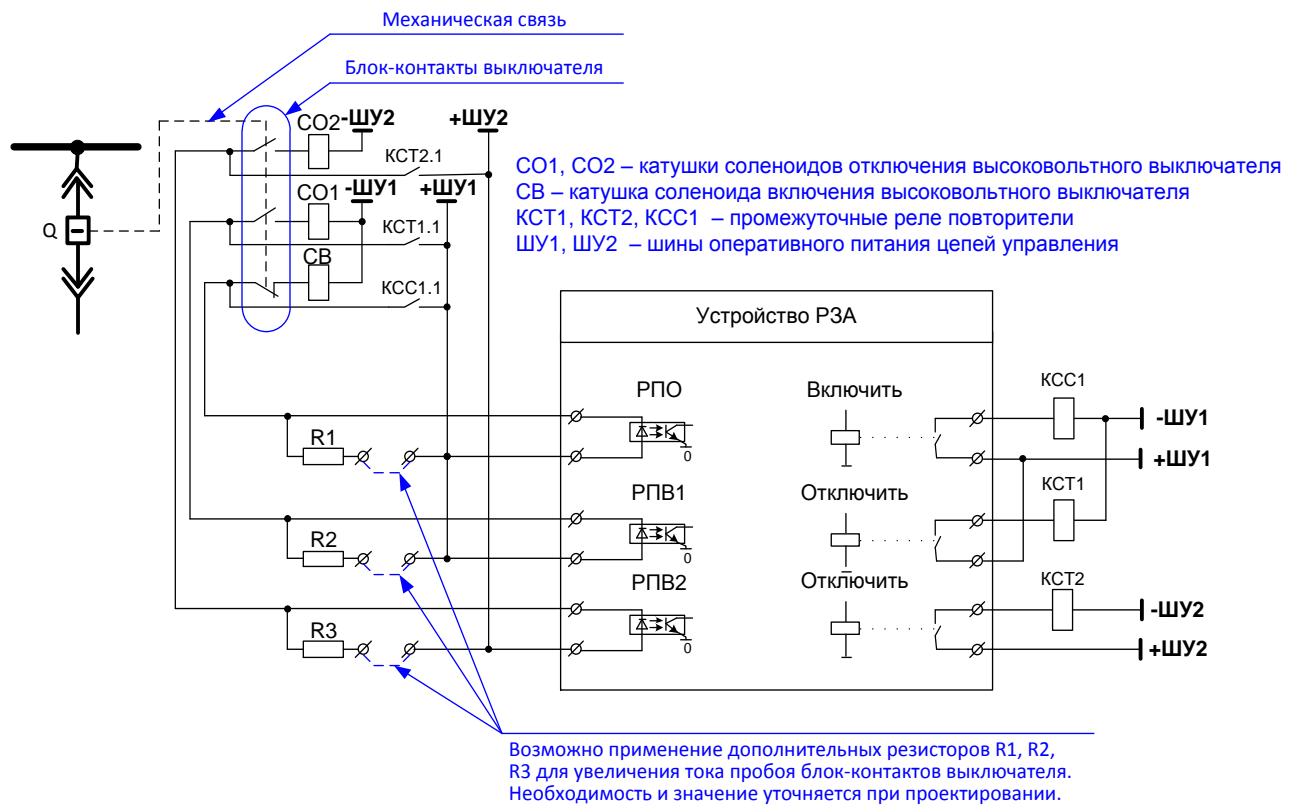


Рисунок 44 – Обобщенная структурная схема соединений цепей управления высоковольтного выключателя с применением катушек управления

Таблица 55 – Программные накладки контроля ЦУ

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

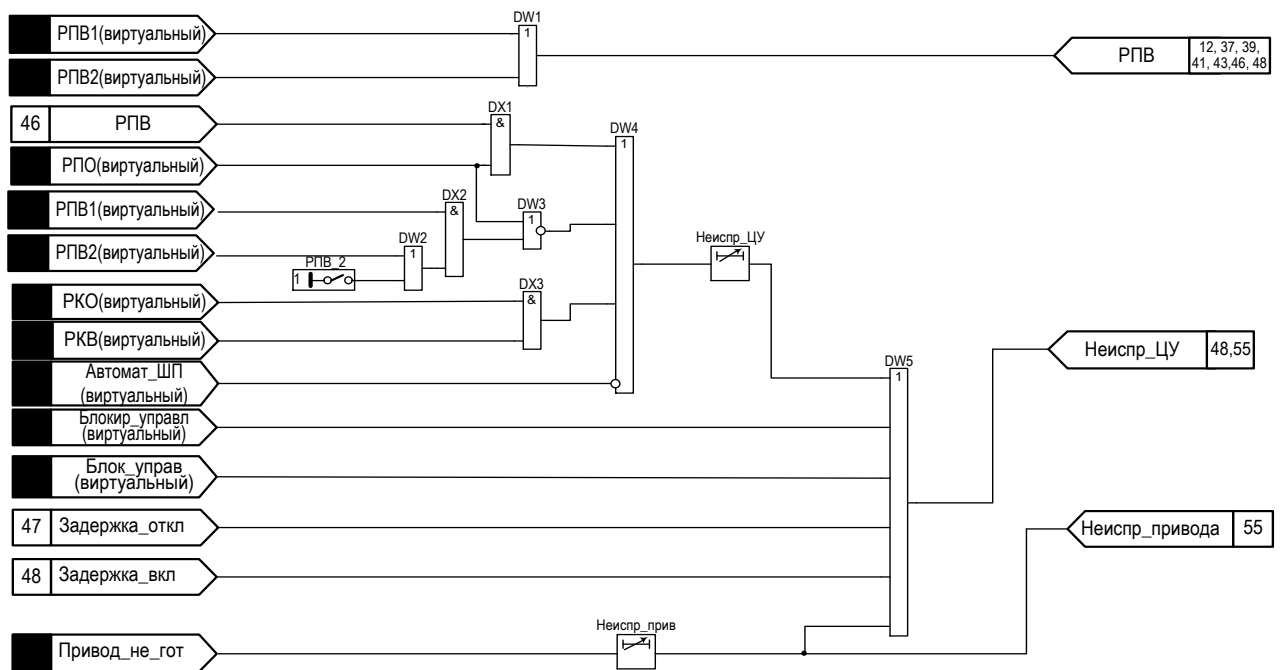


Рисунок 45 – Фрагмент функциональной схемы контроля цепей управления (ЦУ)

| | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| | | | | | | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 56 – Выдержки времени контроля ЦУ

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

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

1.5.20 Цепи отключения выключателя

1.5.20.1 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.

1.5.20.2 Функциональная схема цепей отключения выключателя приведена на рисунке 46. Выдержки времени и программные накладки схемы контроля ЦО приведены в таблицах 57 и 58 соответственно.

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

1.5.20.4 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.

1.5.20.5 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. | 007/ЭТ |
| | Архипова 01.02.21 |
| | Взам. инв. № |
| | Инв. № дубл. |
| | Подп. дата |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 57 – Выдержки времени контроля ЦО

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

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

Таблица 58 – Программные накладки ЦО

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

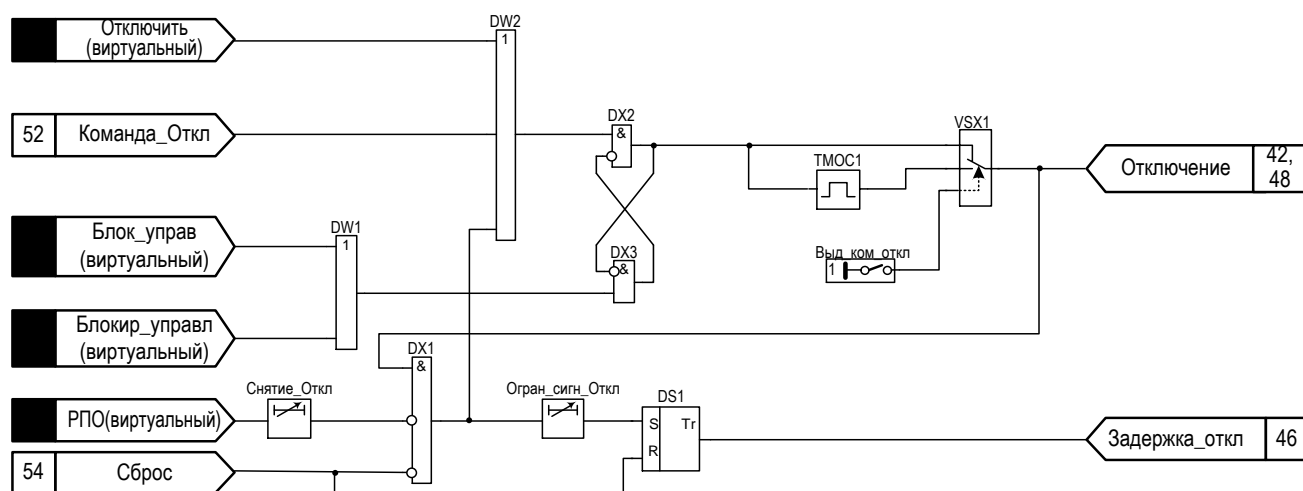


Рисунок 46 – Фрагмент функциональной схемы ЦО

1.5.21 Цепи включения выключателя

Функциональная схема цепей включения выключателя приведена на рисунке 47.

Программные накладки приведены в таблице 59.

Сигнал «Включение» формируется при возникновении следующих ситуаций:

- появление команды «Включение»
- появление сигнала «Вкл_от_ЧАПВ»;
- появление сигнала «Вкл_от_АПВ».

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

- появление сигнала «Отключение»;
- появление сигнала «Блокировка управления»;

| | |
|--------------|-------------------|
| Имя | Подп. дата |
| Инд. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

- появление сигнала «Привод_не_готов»;
- появление сигнала «Неиспр_ЦУ»;
- появление сигнала «Запрет включения»;
- 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» (см. таблицу 60) 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 59 – Программные накладки ЦВ

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

Таблица 60 – 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.

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

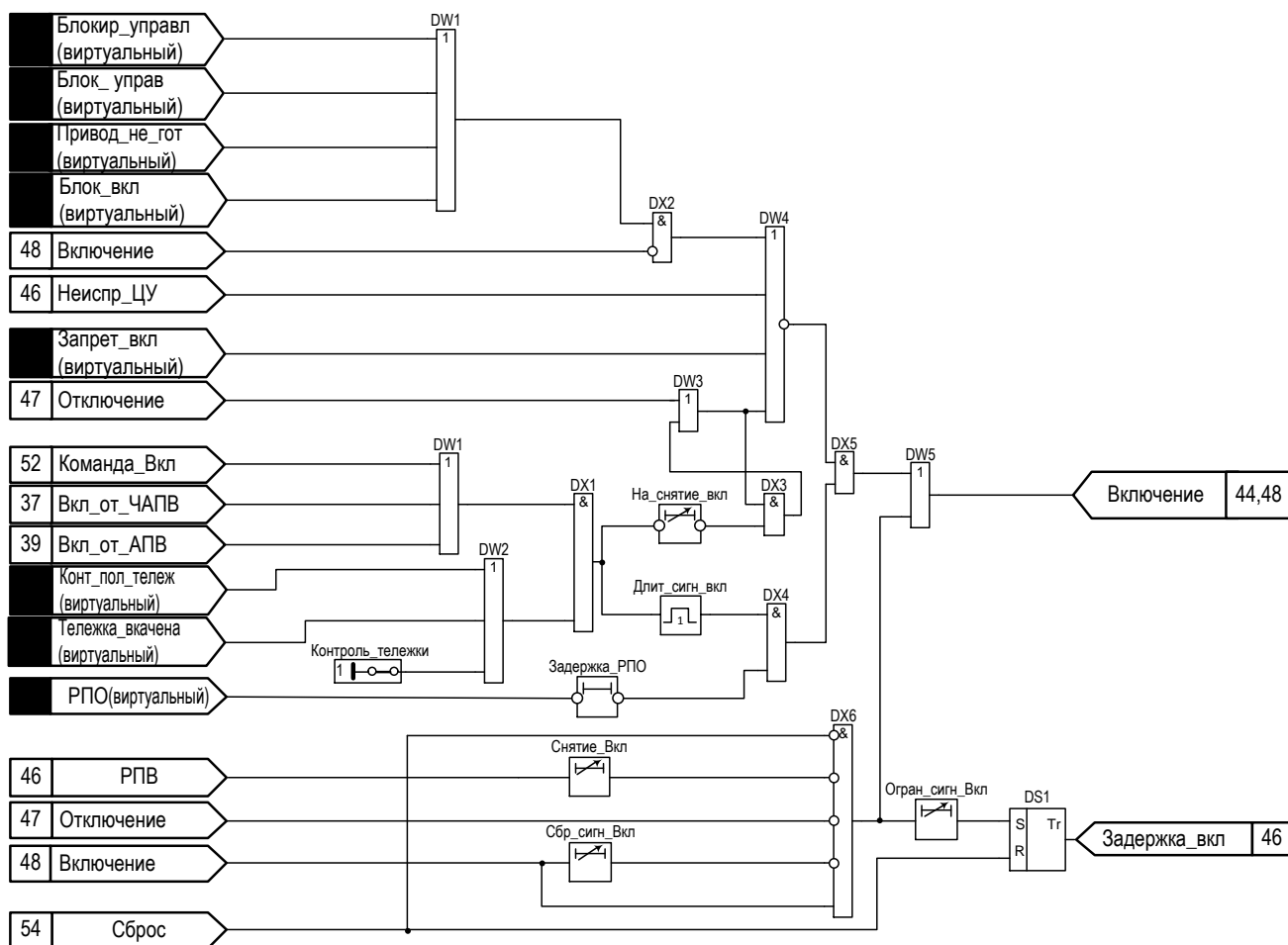


Рисунок 47 – Фрагмент функциональной схемы ЦВ

1.5.22 Внешнее отключение и подхват РПО

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

1.5.22.2 В соответствии с приведенной функциональной схемой (см. рисунок 48) 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 условием является превышение величины выдержки времени «РПО» (см. таблицу 61) максимального значения выдержек времени на срабатывание соответствующих защит и/или функций.

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

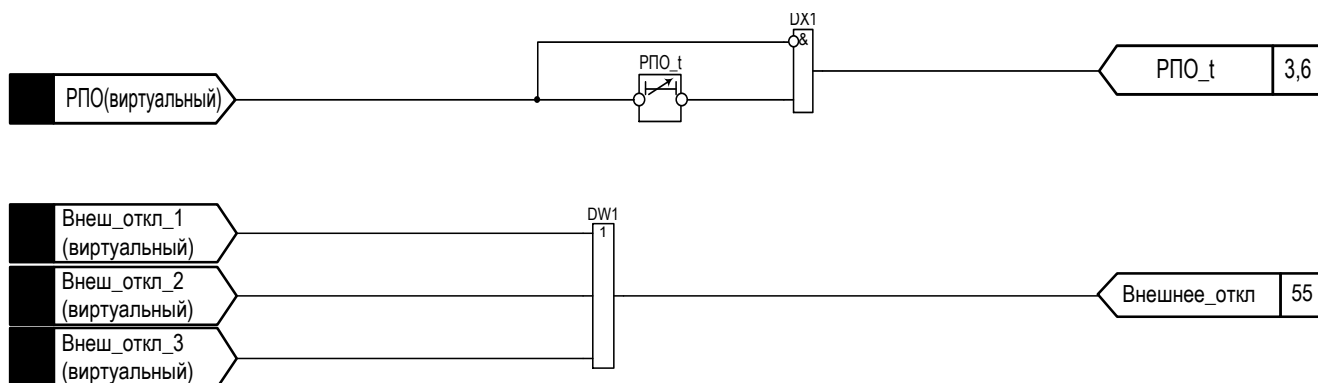


Рисунок 48 – Фрагмент функциональной схемы подхвата РПО и ограничения длительности сигнала внешнего отключения

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

Таблица 61 – Выдержки времени схемы подхвата РПО

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

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

1.5.23 Формирование сигналов Команд «Отключить» и «Включить»

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

1.5.23.2 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 49, 50 (схема может быть уточнена при конкретном проектировании). Учет сигнала «Дистанционное управление» вводится с помощью программной накладки «Контроль сигнала дистанционное управление» (см. таблицу 62). В случае если режим выбора местного или дистанционного управления не предусматривается, то контроль сигнала «Дистанционное управление» может быть выведен с помощью программной накладки «Контр_сигн_дист_упр».

1.5.23.3 Дополнительно предусмотрена возможность управления непосредственно с самого терминала (с помощью специализированных клавиш управления «I», «O»). Данный режим вводится в работу логической накладкой «Управление с терминала» (см. таблицу 62). Для исключения несанкционированной коммутации выключателя при работе с клавиатурой

| | |
|--------------|-------------------|
| Имп. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

терминала формирование команд управления осуществляется при нажатии сочетания клавиш «F + O» для отключения и «F + I» для включения.

1.5.23.4 Фрагмент функциональной схемы формирования сигналов команд «Отключить» и «Включить» приведен на рисунке 51.

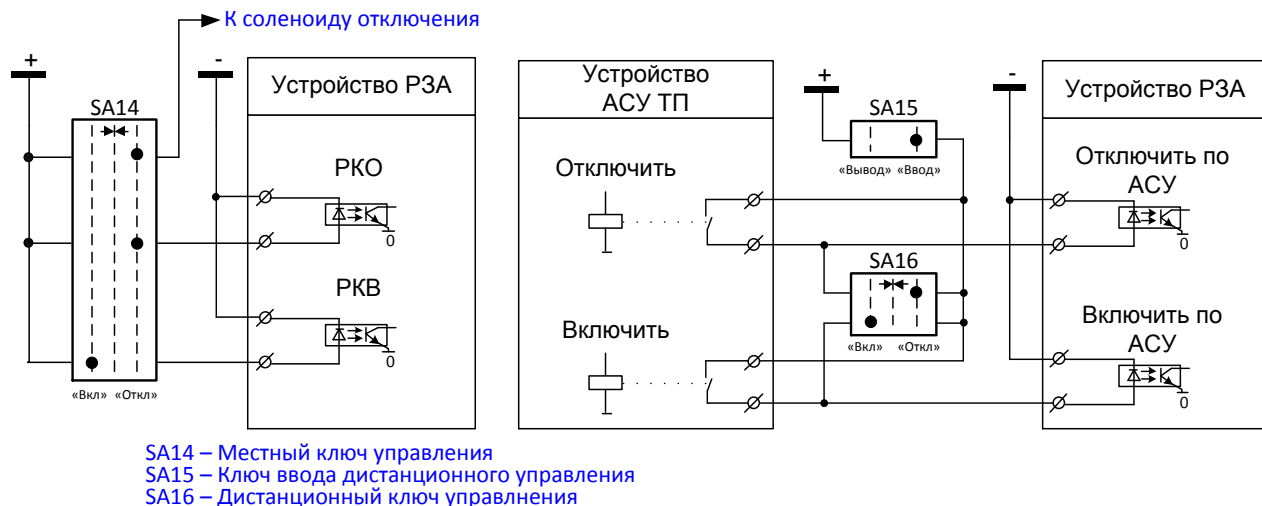


Рисунок 49 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 1

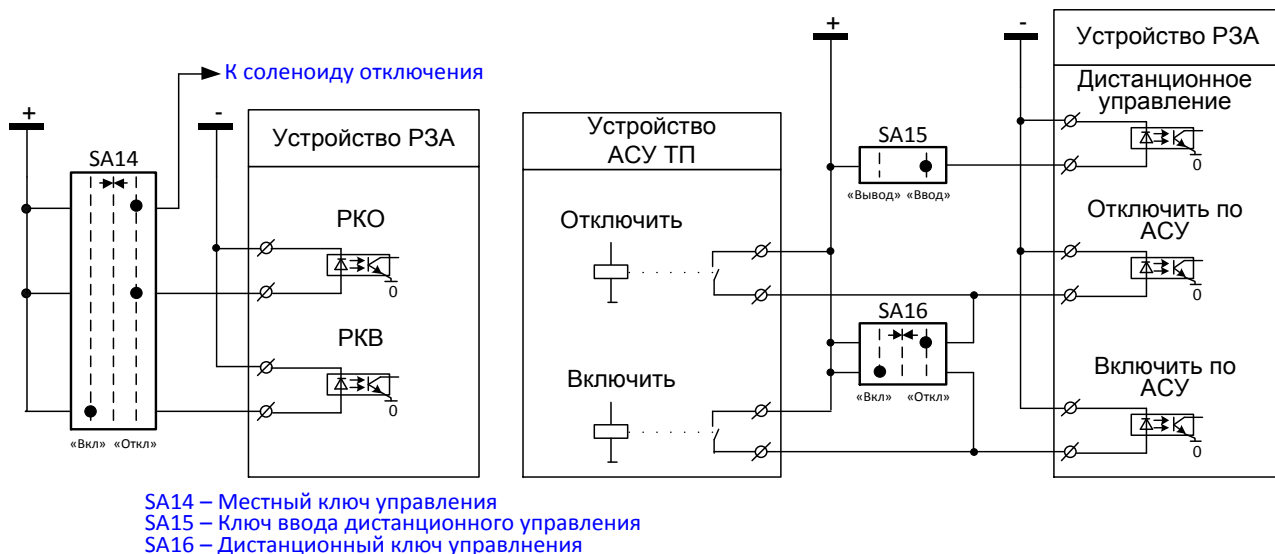


Рисунок 50 – Пример схемы подключения оперативных ключей управления. Вариант 2

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

| Имя | Название | Состояние |
|------------------------|---|----------------------|
| Контр_сигн_дист_упр | Контроль сигнала "Дистанционное управление" | 1 - предусмотрен |
| | | 0 - не предусмотрен |
| 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 - предусмотрена |
| | | 0 - не предусмотрена |

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

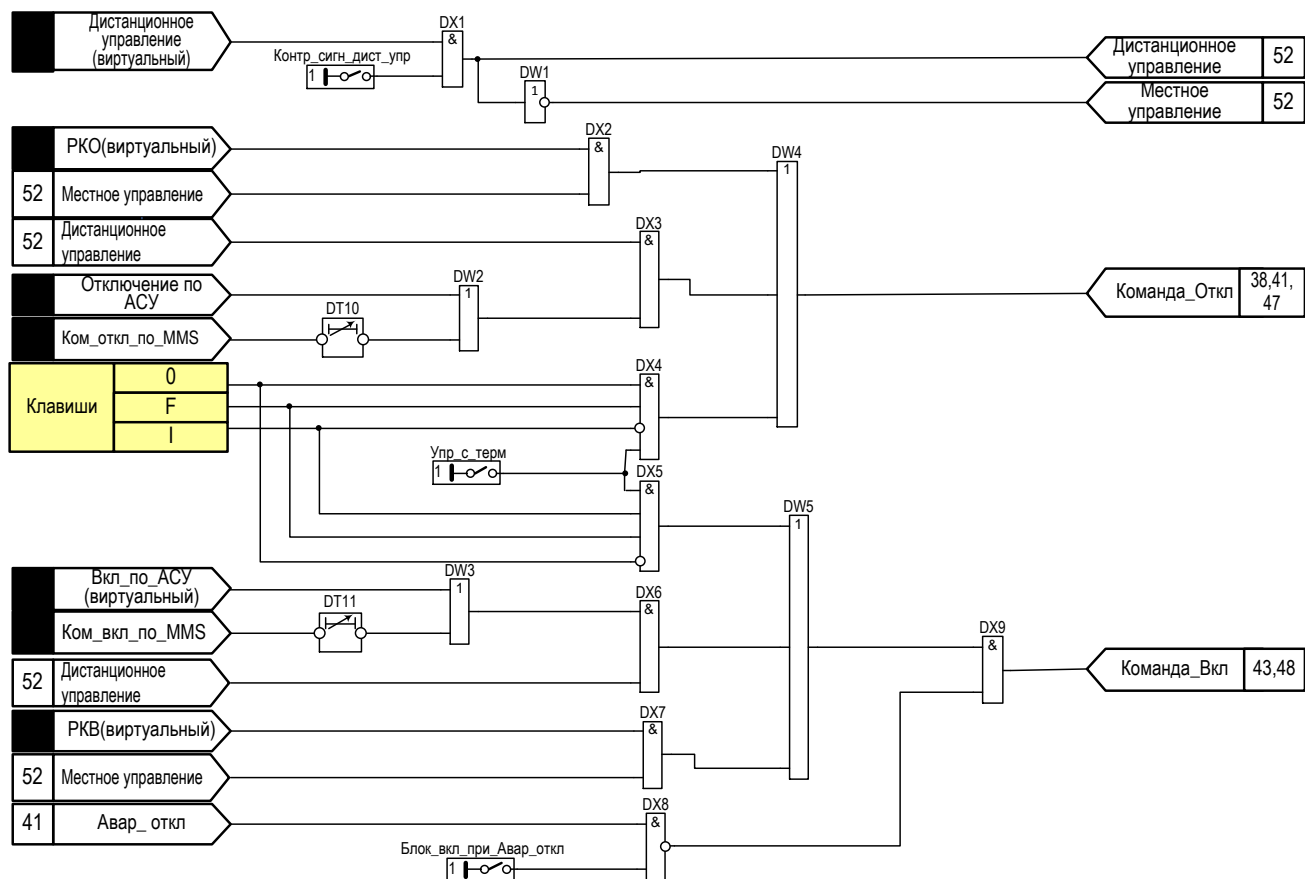


Рисунок 51 – Фрагмент функциональной схемы формирования сигналов Команд «Отключить» и «Включить»

1.5.24 Определение места повреждения (ОМП)

1.5.24.1 Пусковым условием для начала расчета места определения повреждения служит срабатывание хотя бы одной из основных защит (МТЗ, направленная МТЗ, и т.д.). Все пусковые условия работают по «ИЛИ», то есть срабатывание хотя бы одного из них является пуском процесса записи осциллограммы и началом процесса определения места повреждения.

1.5.24.2 Функция ОМП считывает из осциллограммы мгновенные значения трех фаз тока и трех фаз напряжения защищаемой линии за определенный период времени и вычисляет усредненное значение векторов тока и напряжения. По вычисленным значениям векторов рассчитывается величина прямой, обратной и нулевой последовательностей фаз.

1.5.24.3 Идентификация трехфазного КЗ

Идентификация трехфазного КЗ осуществляется в соответствии с соотношением

$$I_1 > K_1 \cdot I_2, \quad (23)$$

где I_1 и I_2 – модули векторов тока соответственно прямой и обратной последовательностей;

K_1 – коэффициент отстройки от небаланса прямой последовательности.

Коэффициент $K_1 = 4$ принят эмпирически.

1.5.24.4 Идентификация междуфазного КЗ

Идентификация междуфазного КЗ производится согласно соотношению

$$I_2 > K_2 \cdot I_0, \quad (24)$$

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | Архипова 01.02.21 |
| | Архипова 01.02.21 |
| Инв. № дубл. | Архипова 01.02.21 |
| | Архипова 01.02.21 |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | Архипова 01.02.21 |
| | Архипова 01.02.21 |

| | | | | | | | |
|--------------|--------|----------|---------------|----------|----------|-----------------------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | 85 |

где I_2 и I_0 – модули векторов тока соответственно обратной и нулевой последовательностей;
 K_2 – коэффициент отстройки от небаланса обратной последовательности.

Коэффициент $K_2=6$ принят эмпирически.

1.5.24.5 Идентификация замыкания на землю

Если не выполняется ни одно из вышеперечисленных условий, то данное замыкание является однофазным на землю. При таком виде замыкания в сетях с изолированной нейтралью определение места повреждения затруднено и в данной функции не реализовано.

1.5.24.6 Определение расстояния до места замыкания

Алгоритм определения расстояния до повреждения основан на дистанционном принципе замера реактивного сопротивления до места аварии.

Расчет ОМП для однофазного замыкания не производится.

Для всех остальных видов КЗ расчет расстояния до повреждения производится по формуле

$$L_{рас} = \frac{Im\left(\frac{\dot{U}_{мфMIN}}{i_{мфMAX}}\right)}{X_1^0}, \quad (25)$$

где, $L_{рас}$ – расстояние до места повреждения;

$\dot{U}_{мфMIN}$ – междуфазное напряжение поврежденных фаз (минимальное из линейных напряжений);

$i_{мфMAX}$ – междуфазный ток поврежденных фаз (максимальный междуфазный ток);

X_1^0 – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности.

Выбор направления места повреждения основан на определении угла между напряжением поврежденной фазы (фаз) и током в поврежденной фазе (фазах). Если угол находится в диапазоне от 270° до 90° , то знак расстояния до места повреждения положительный; если в диапазоне от 90° до 270° , то отрицательный (см. рисунок 52).

| | | | | | | |
|--------------|--------|---------------|-------------------|----------|-----------------------------|------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| | | | Взам. инв. № | | | |
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |
| | | | | | | 86 |

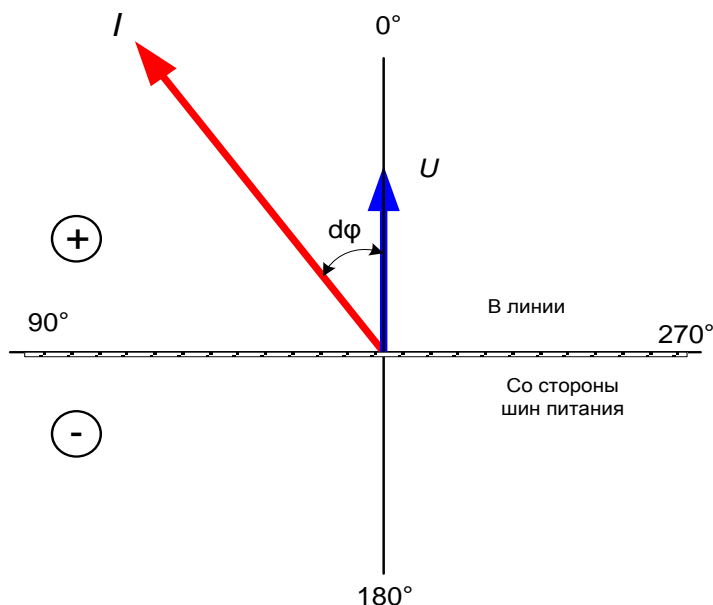


Рисунок 52 – Определение направления места повреждения

1.5.25 Формирование сигнала «Сброс»

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

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

1.5.25.2 Фрагмент функциональной схемы формирования служебных сигналов приведен на рисунке 53. Выдержки времени формирования сигнала сброс приведены в таблице 63.

Таблица 63 – Выдержки времени формирования сигнала Сброс

| Имя | Название | Уставка | |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | Значение по умолчанию, с | Рекомендованный диапазон*, с |
| ТМО1 | Моностабильная константа | 1 | 0,1 – 10 |

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

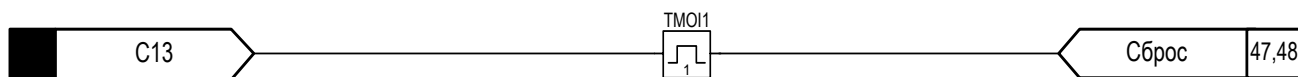


Рисунок 53 – Фрагмент функциональной схемы формирования служебных сигналов

1.5.26 Ресурс выключателя

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

1.5.26.2 Функция ресурса выключателя позволяет производить:

- расчет ресурса выключателя с выдачей информации об остаточном состоянии ресурса выключателя (пофазно);

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

- 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.

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

$$R_{ост} < R_{доп}, \quad (26)$$

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

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

1.5.26.4 Ресурс выключателя определяется для каждой фазы в отдельности по регистрируемым величинам токов аварийных режимов. Для этого используется информация: о текущем положении выключателя, о значении токов в момент коммутации и о начальном количестве при соответствующих токах (см. таблицы 64, 65). Значение токов и допустимое количество соответствующих коммутации берутся из документации завода производителя выключателя (по соответствующим экспериментальным кривым).

Таблица 64 – Уставки при отключении выключателя

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

| | |
|--------------|-------------------|
| Ив. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Таблица 65 – Уставки при включении выключателя

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

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

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

1.5.26.6 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

$$R_{ост} = R_{нач} - \sum R_{откл,i} - \sum R_{вкл,i}, \% \quad (27)$$

$$R_{откл,i} = \frac{1}{N_{откл.доп.,i}} \cdot 100, \% \quad (28)$$

| | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|------------|------|
| Инв. № подл. 007/ЭТ | Подп. и дата Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист |
| | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 89 |

$$R_{\text{вкл},i} = \frac{1}{N_{\text{вкл.доп.},i}} \cdot 100, \% \quad (29)$$

где $R_{\text{нач}}$ - начальный коммутационный ресурс, %;

$R_{\text{откл},i}$ - расход коммутационного ресурса i -го отключения, %;

$R_{\text{вкл},i}$ - расход коммутационного ресурса i -го включения, %;

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

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

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

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

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

1.5.27 Матрица отключений

1.5.27.1 В функциональной схеме терминала предусмотрена матрица отключений – редактируемый программный элемент «ИЛИ» (см. рисунок 54).

1.5.27.2 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.

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

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|-----------------------------|------------|------|---|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист | |
| | | | | | | | | 5 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | |

1.6 Состав терминала и конструктивное выполнение

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

1.6.2 На передней плите терминала расположены органы индикации в виде светодиодов и символьного дисплея, кнопки управления и Ethernet порт (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 Б).

1.7 Средства измерений, инструмент и принадлежности

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

1.8 Маркировка и пломбирование

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

1.9 Упаковка

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

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------|---|------|---------------|----------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | | | | |
| | | | | | | | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | 92 | | |

2 Использование по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения

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

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

2.2 Подготовка терминала к использованию

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

2.2.2 Внешний осмотр, установка терминала

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

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

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

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

2.3 Работа с терминалом

2.3.1 Включение терминала производится подачей напряжения оперативного тока на клеммы X1:1 и X1:2 (+220 В и -220 В). Данные, требующиеся для нормальной эксплуатации терминала, доступны через меню и последовательно выводятся на дисплей при нажатии на соответствующие кнопки управления. Изменение уставок можно производить с использованием клавиатуры и дисплея, расположенных на лицевой панели терминала (п. 2.3.2 руководства ЭКРА.650321.001 РЭ), или с использованием ПК и комплекса программ EKRASMS-SP (см. 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. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | 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. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | | Подп. дата | |
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | 94 |

3 Техническое обслуживание терминала

3.1 Общие указания

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

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

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

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

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

3.2 Меры безопасности

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

3.3 Рекомендации по техническому обслуживанию терминала

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

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

3.4 Проверка работоспособности изделий, находящихся в работе

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

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------|---|------|---------------|----------|----------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | | | | | Лист |
| | | | | | | | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | |

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

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------|---------------|-------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--|------------|--|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | | Подп. дата | |
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 | ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | |

4 Транспортирование, хранение и утилизация

4.1 Требования к условиям хранения, транспортирования

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

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

4.2 Способ утилизации

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

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

Таблица 66 - Сведения о содержании цветных металлов

| | |
|--------------------------|--|
| Типоисполнение терминала | Суммарная (расчётная) масса цветных металлов и их сплавов, содержащихся в изделии и подлежащих сдаче в виде лома, кг |
| | Группа металлолома по ГОСТ Р 54564-2011 |
| | М 5 |
| | Возможность демонтажа деталей и узлов при списании изделия |
| | Частично |
| ЭКРА 217(А) 0301 | 0,1929 |

| | |
|--------------|-------------------|
| Подп. дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

97

Приложение А

(обязательное)

Карта заказа ЭКРА 217(А) 0301

(терминал защит, автоматики, управления выключателем и сигнализации кабельной или воздушной линии, линии к ТСН)

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 (типовое) ЭКРА 217 0301 – 61 | <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 0301 – 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.

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

98

4. Параметры защищаемого объекта

4.1. Данные для реализации защиты от замыканий на землю

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

* Если режим заземления нейтрали не выбран, то принимается как изолированный.

5. Характеристики терминала

| Параметры | Значение |
|---|--|
| Номинал аналоговых входов (тока) | <input type="checkbox"/> 1 А <input type="checkbox"/> 5 А (типовой) |
| Номинал аналогового входа для ТТНП | <input type="checkbox"/> 0,2 А диапазон измерения: от 0,001 до 0,5 А <input type="checkbox"/> 0,6 А (типовой) диапазон измерения: от 0,003 до 1,6 А |
| Номинал аналоговых входов (напряжения) | 100 В* |
| Функции защит (типовой набор) | Трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений: - с загрузлением уставки МТЗ-1 (ТО) при включении выключателя; - с пуском по напряжению; - с контролем направленности; - с ускорением 2й и 3й ступеней при включении выключателя. Защита от несимметричного режима. Контроль исправности вторичных цепей ТТ. Защита от однофазных замыканий на землю: - по напряжению нулевой последовательности; - по току нулевой последовательности; - с контролем направленности тока нулевой последовательности; - по току нулевой последовательности в нейтрали ТСН на низкой стороне. Защита от двойных замыканий на землю. Защита минимального напряжения. Защита от повышения напряжения. Защита от дуговых замыканий. Устройство резервирования отказа выключателя с контролем тока. Газовая защита |
| Функции автоматики (типовой набор) | Автоматическое повторное включение. Выполнение команд АЧР и ЧАПВ |
| Функции управления выключателем (типовой набор) | Автоматика управления выключателем. Отключение от внешних цепей |
| Функции сигнализации (типовой набор) | Учет механического и коммутационного ресурса выключателя. Определение места повреждения при междуфазном КЗ |

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

| | |
|--------------|-------------------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | Архипова 01.02.21 |

| | | | | | | |
|--------------|--------|----------|-------|---------------|----------|----------|
| Инд. № подл. | 007/ЭТ | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

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 | |
| | 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 также 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 30 мм (ЭКРА.687432.001-01) |
| <input type="checkbox"/> | с уменьшенной монтажной глубиной на 50 мм (ЭКРА.687432.001) |
| <input type="checkbox"/> | с уменьшенной монтажной глубиной на 96 ⁺⁴ мм (ЭКРА.687432.001-02) |
| <input type="checkbox"/> | для выносного монтажа ячеек КСО (ЭКРА.301241.189 Каркас) |

8. Дополнительные требования

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

| | |
|---------------|-------------------|
| Инва. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инва. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | | | |
|---------------|--------|----------|-------|---------------|----------|----------|
| Инва. № подл. | 007/ЭТ | 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Приложение Б

(справочное)

Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала ЭКРА 217(А)

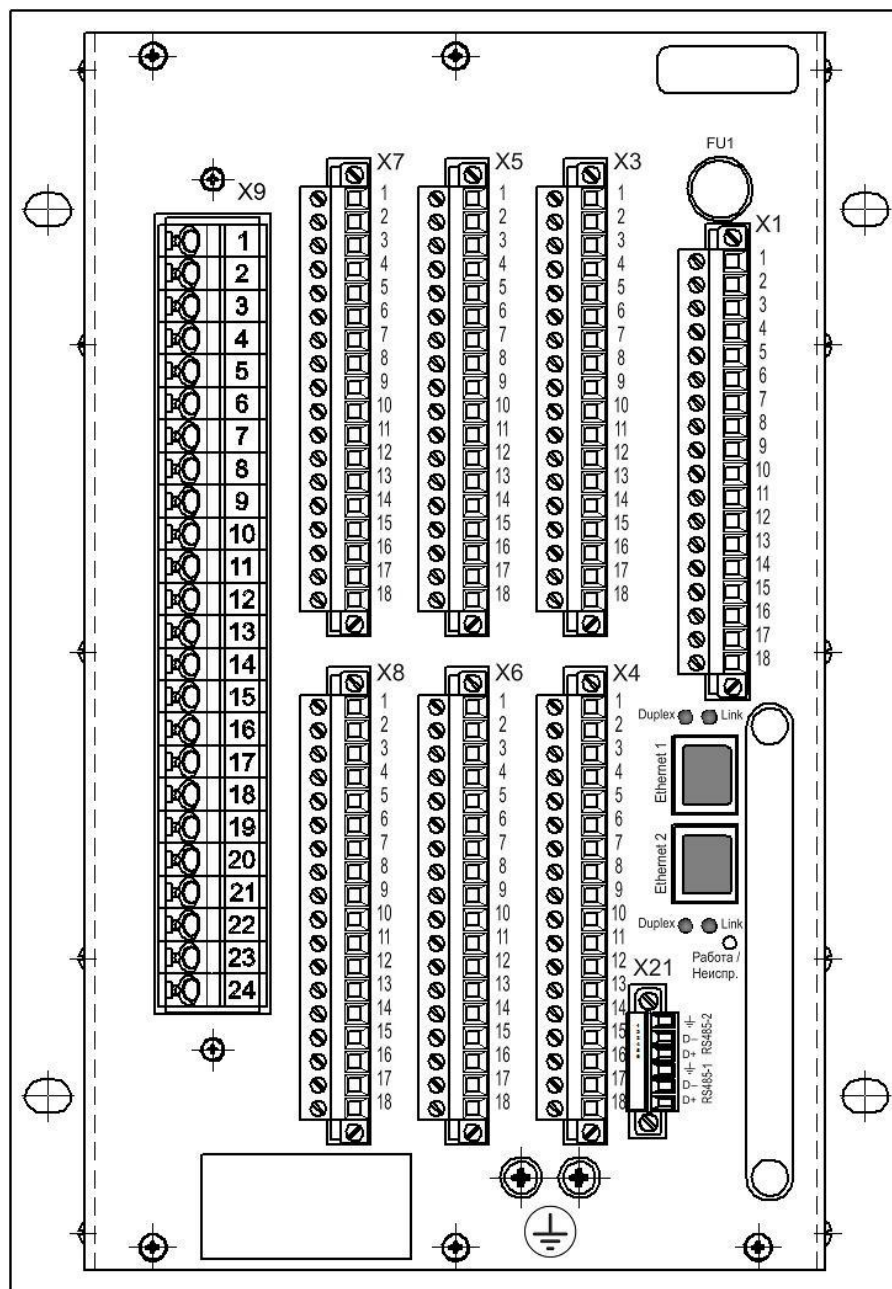


Рисунок Б.1 - Расположение клеммных колодок и разъемов на задней панели терминала

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

101

Приложение В

(справочное)

Характеристические кривые зависимых выдержек времени

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

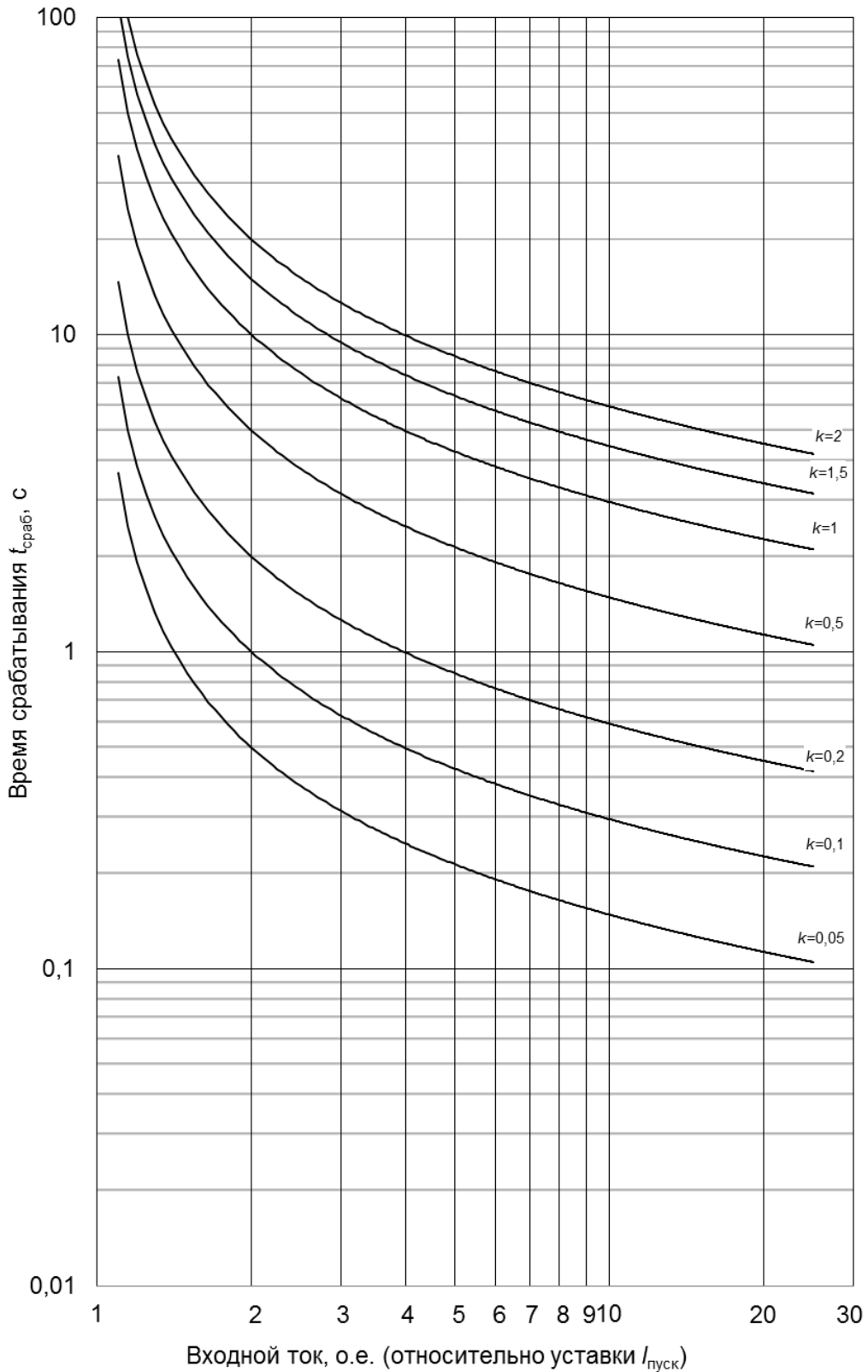


Рисунок В.1 – Нормально инверсная МЭК

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

102

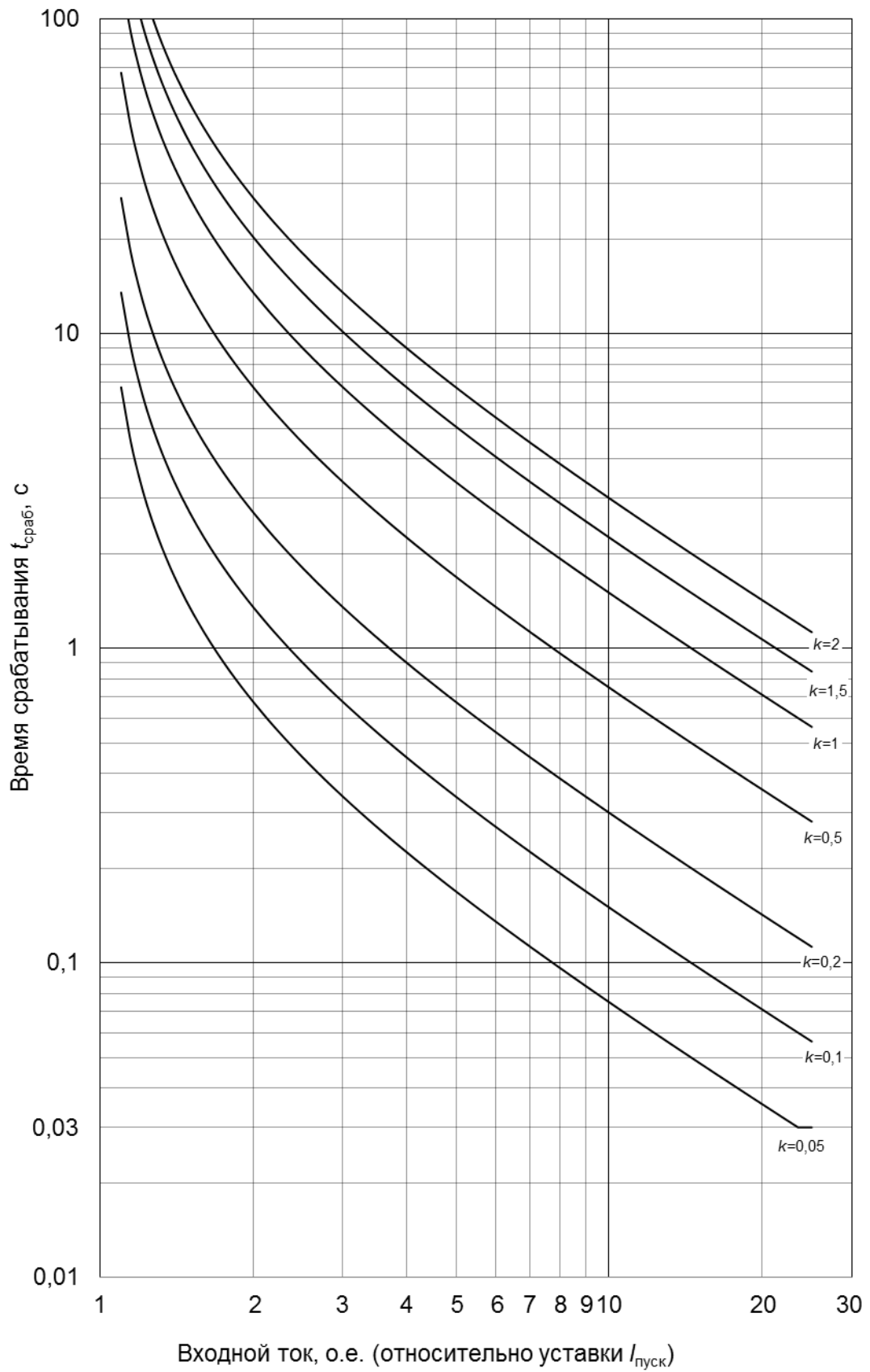
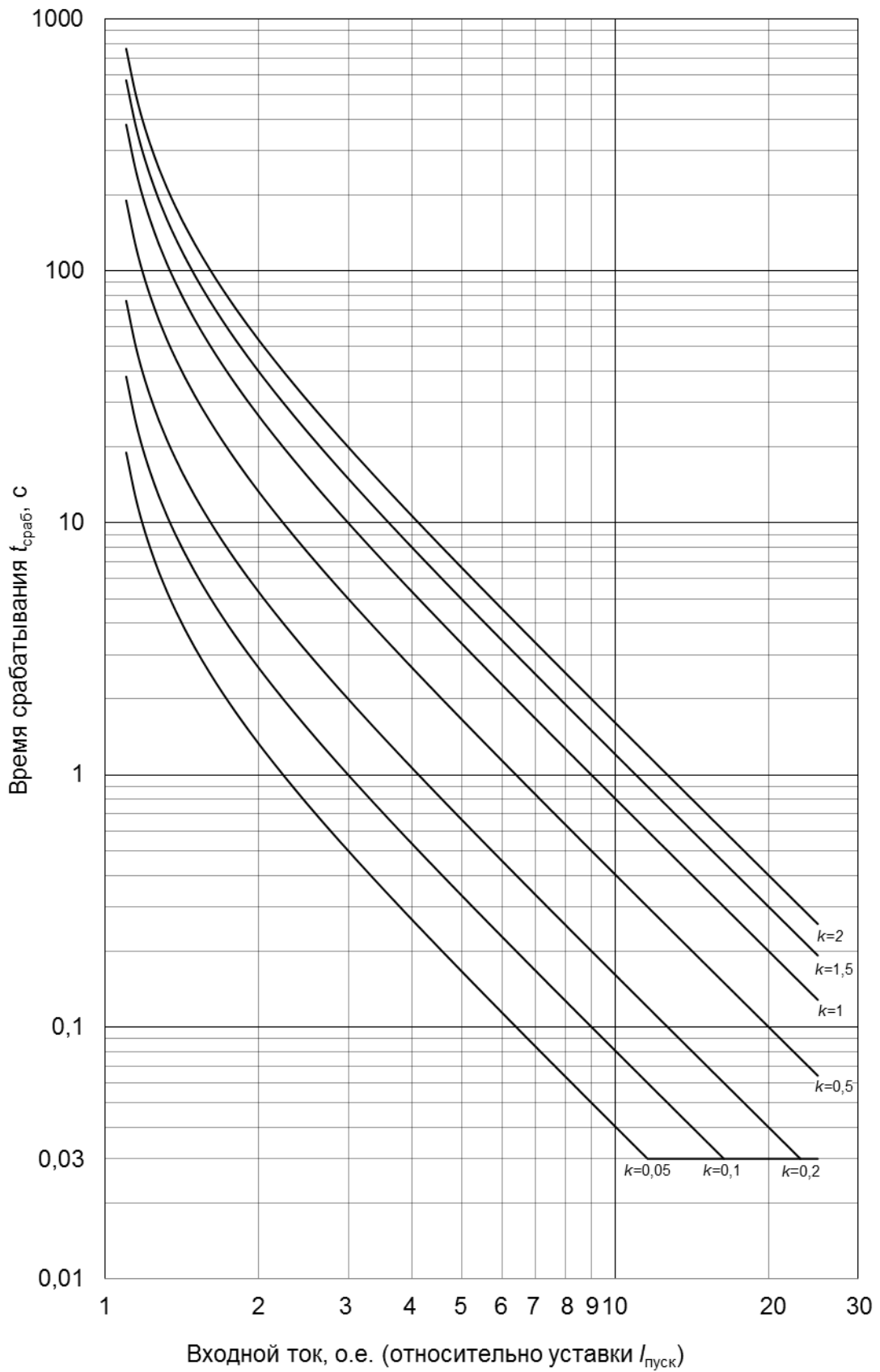


Рисунок В.2 – Сильно инверсная МЭК

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |



| | | | | | | | | | |
|--------------|--------|---------------|-------------------|--------------|--|--------------|--|------------|--|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | | Инв. № дубл. | | Подп. дата | |
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | |

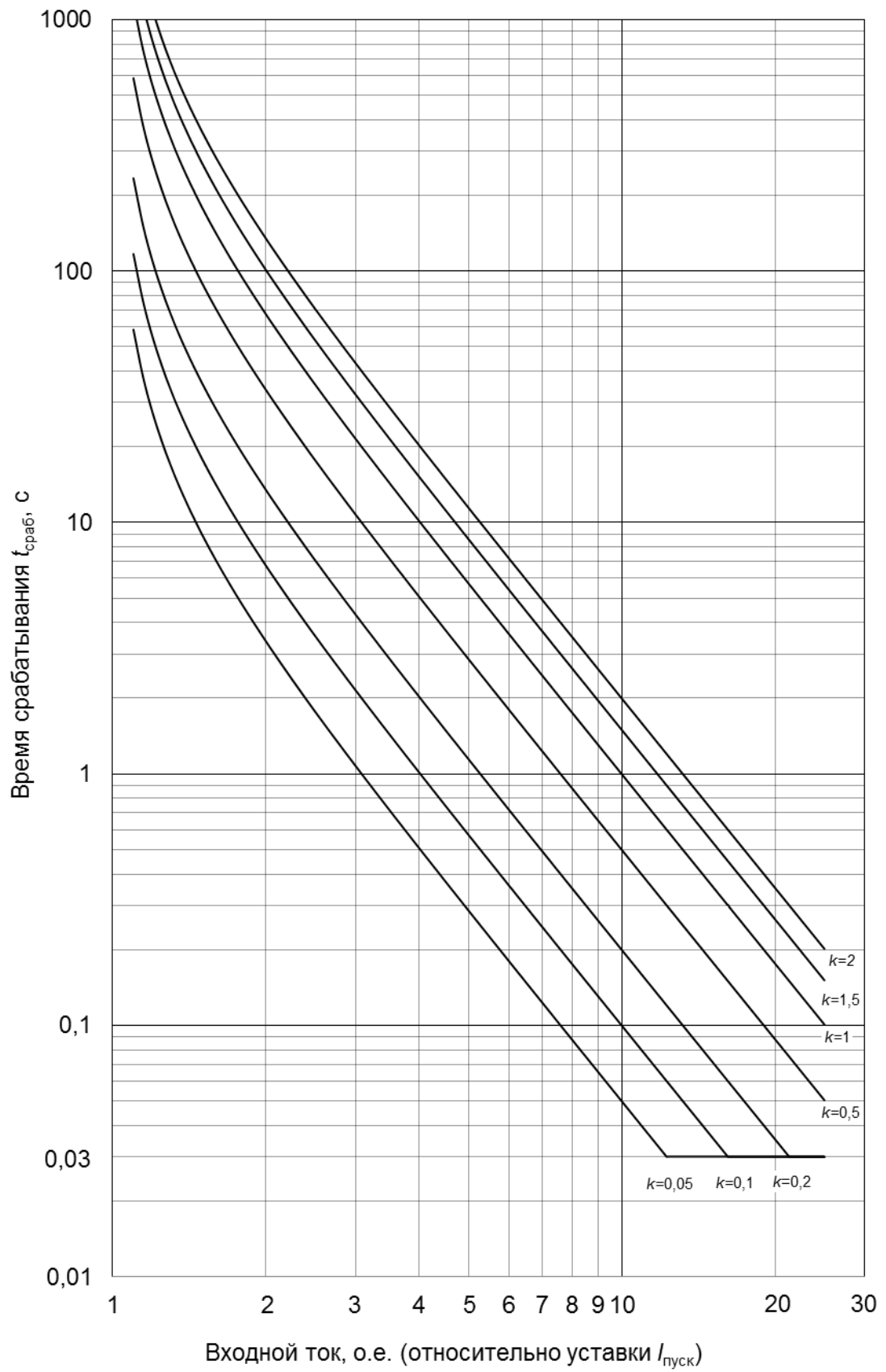


Рисунок В.4 – Ультра инверсная МЭК

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

105

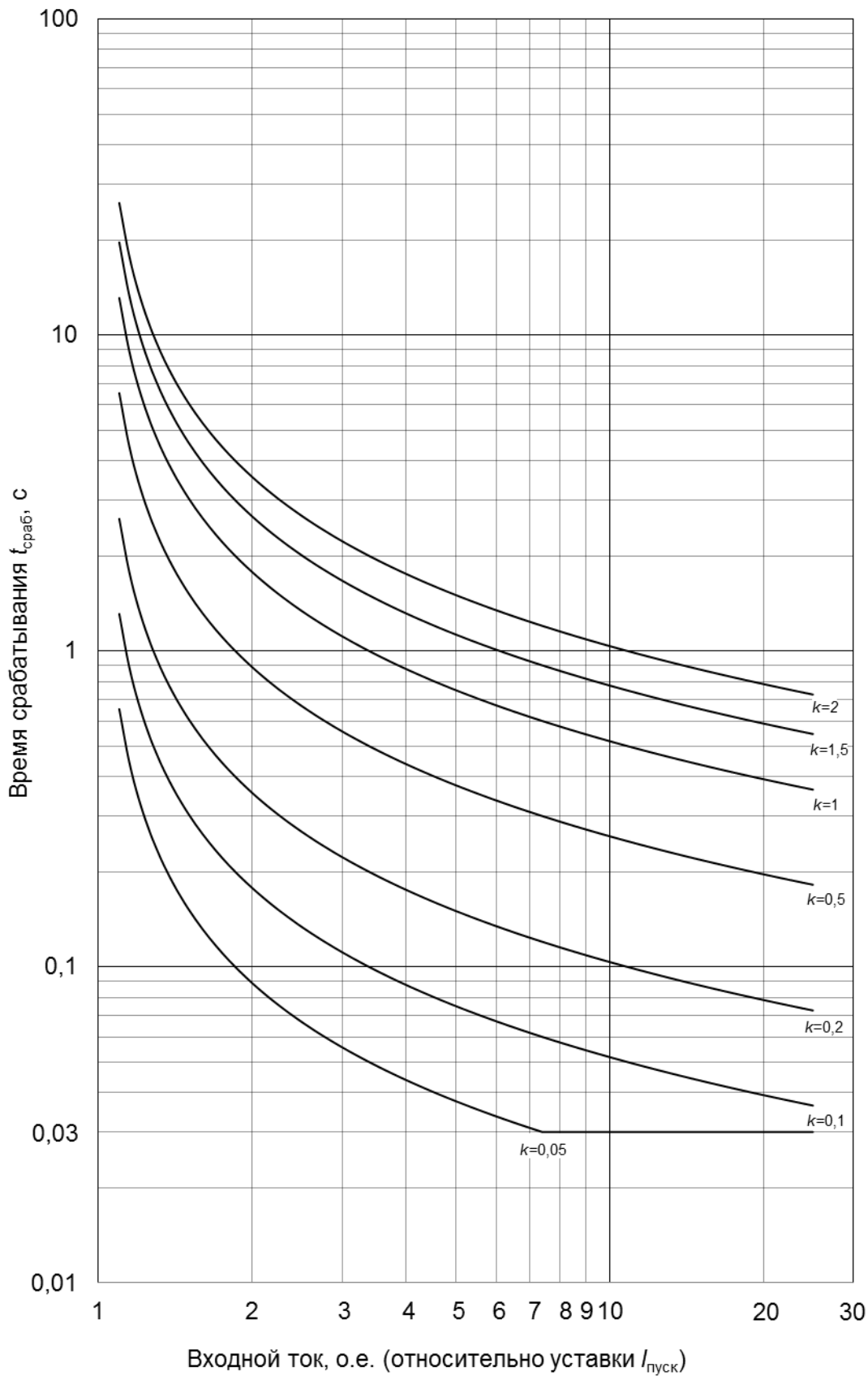


Рисунок В.5 – Быстро инверсная МЭК

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

106

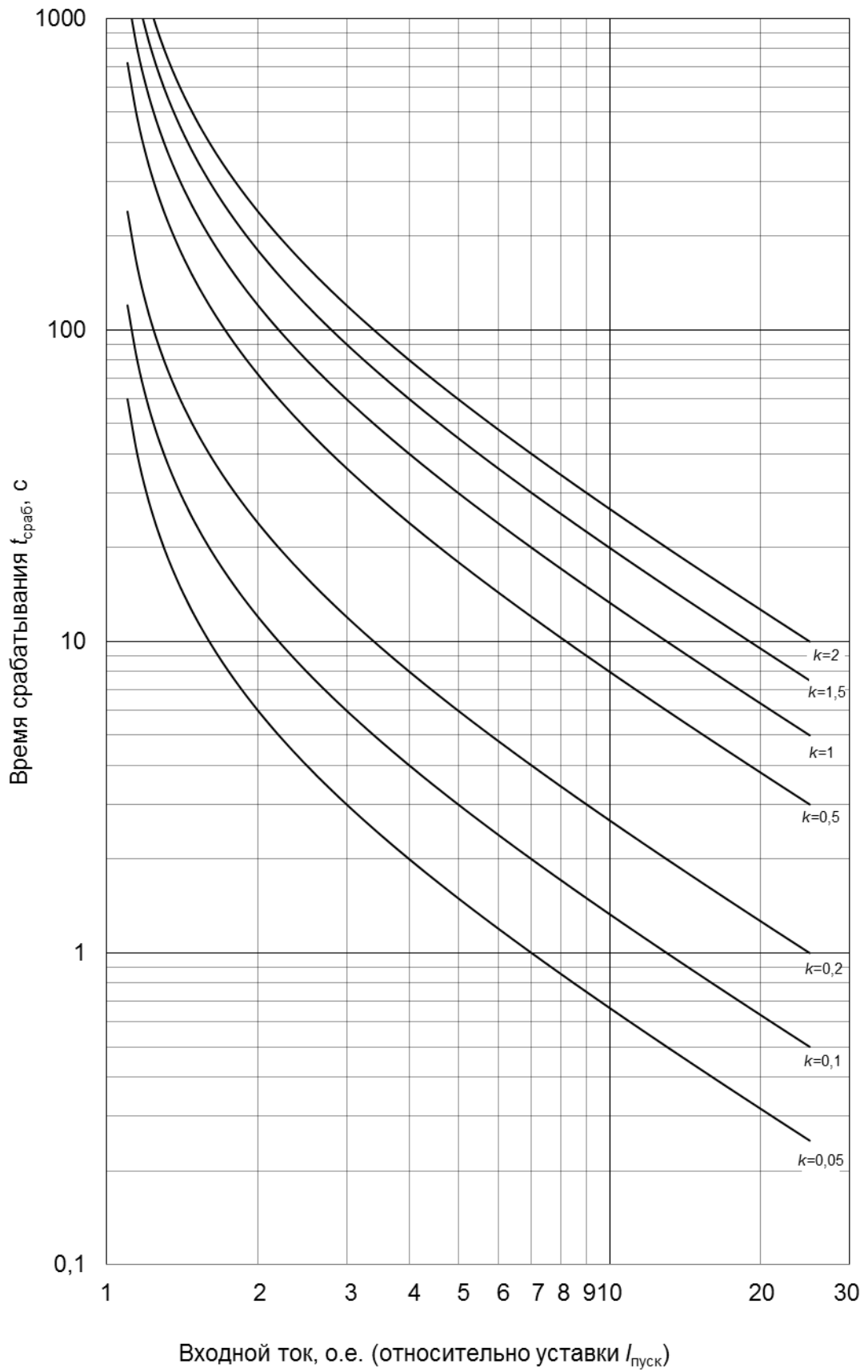


Рисунок В.6 – Длительно инверсная МЭК

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

107

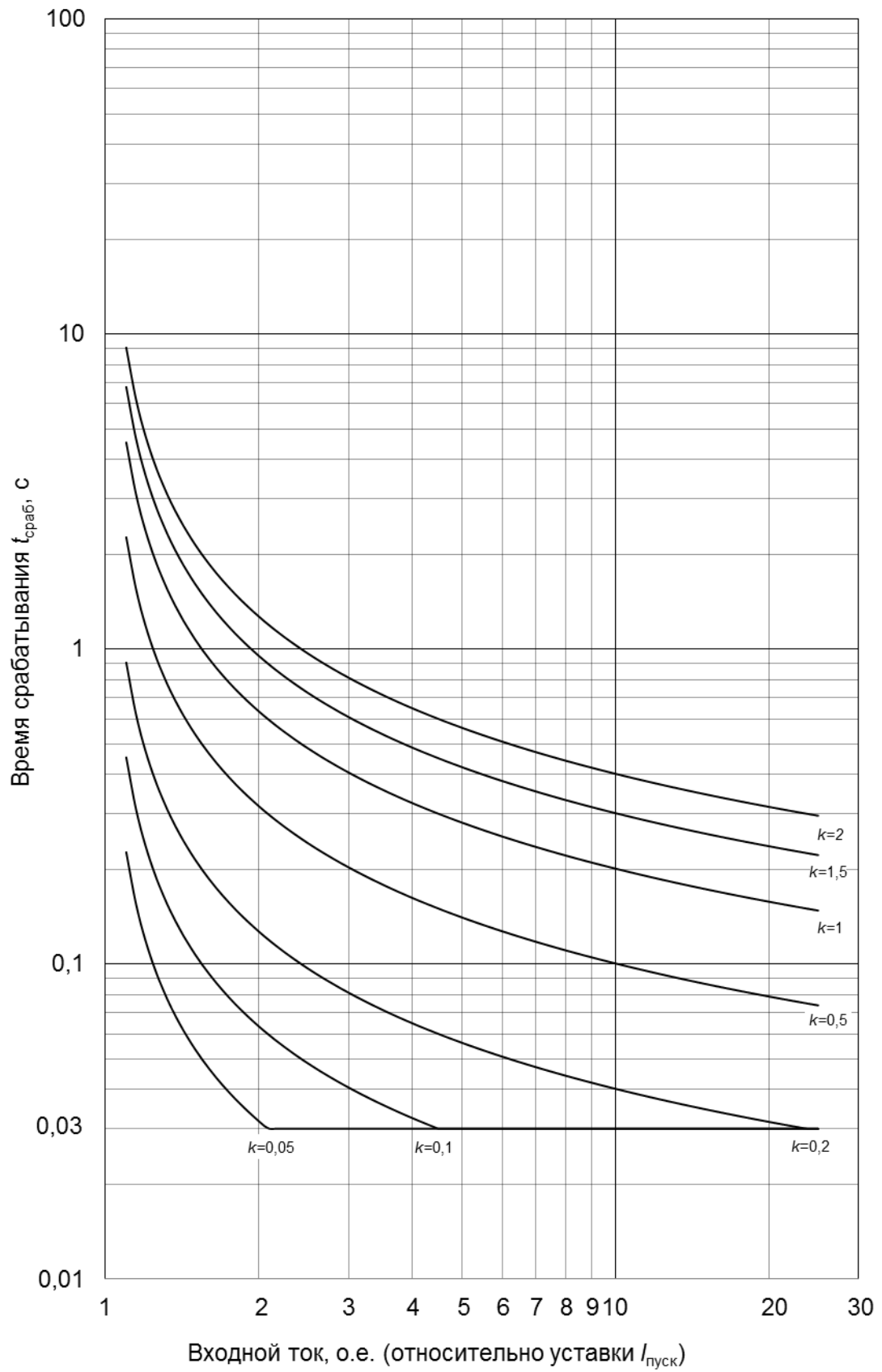


Рисунок В.7 – Нормально инверсная ANSI

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

108

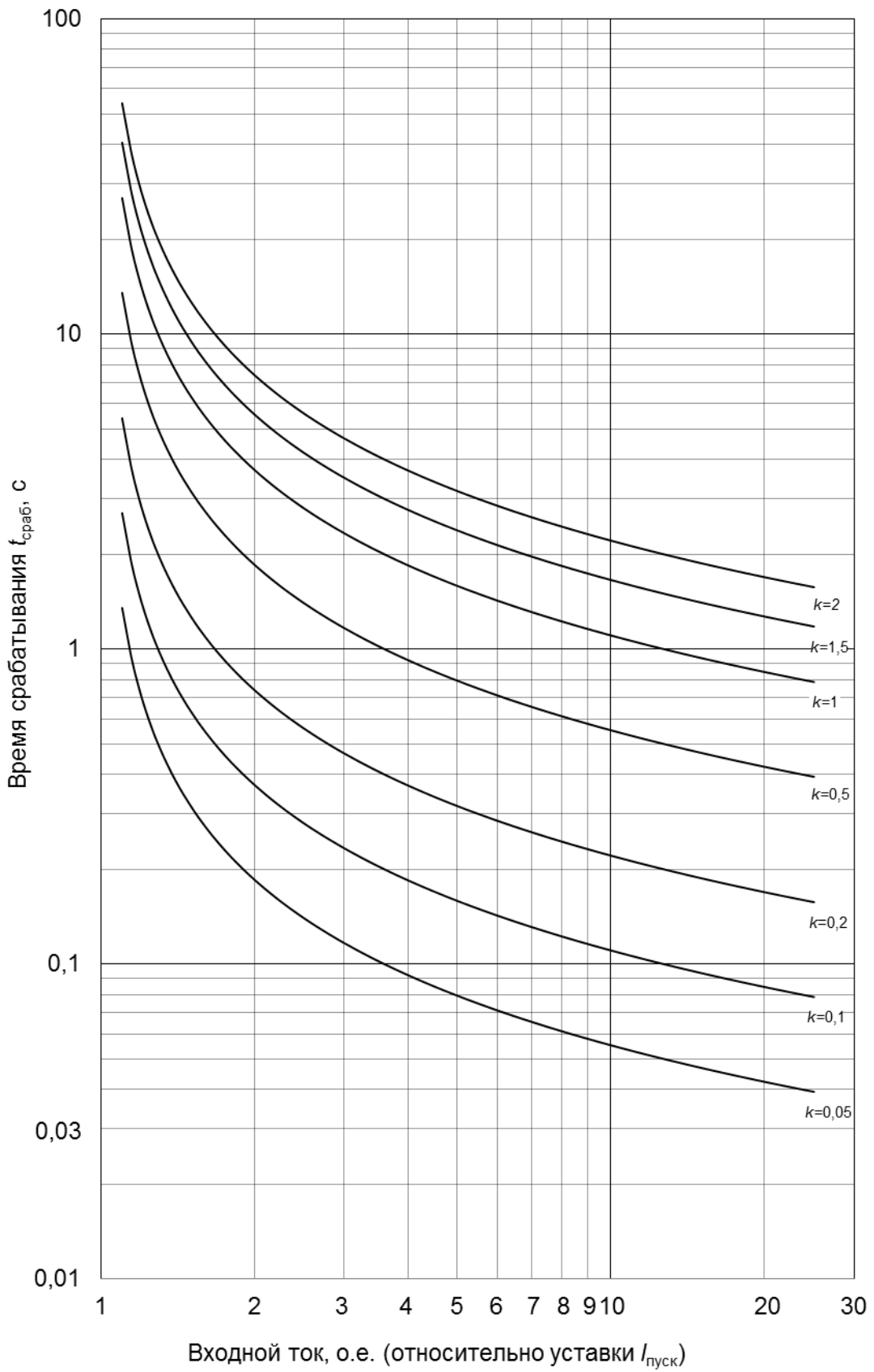
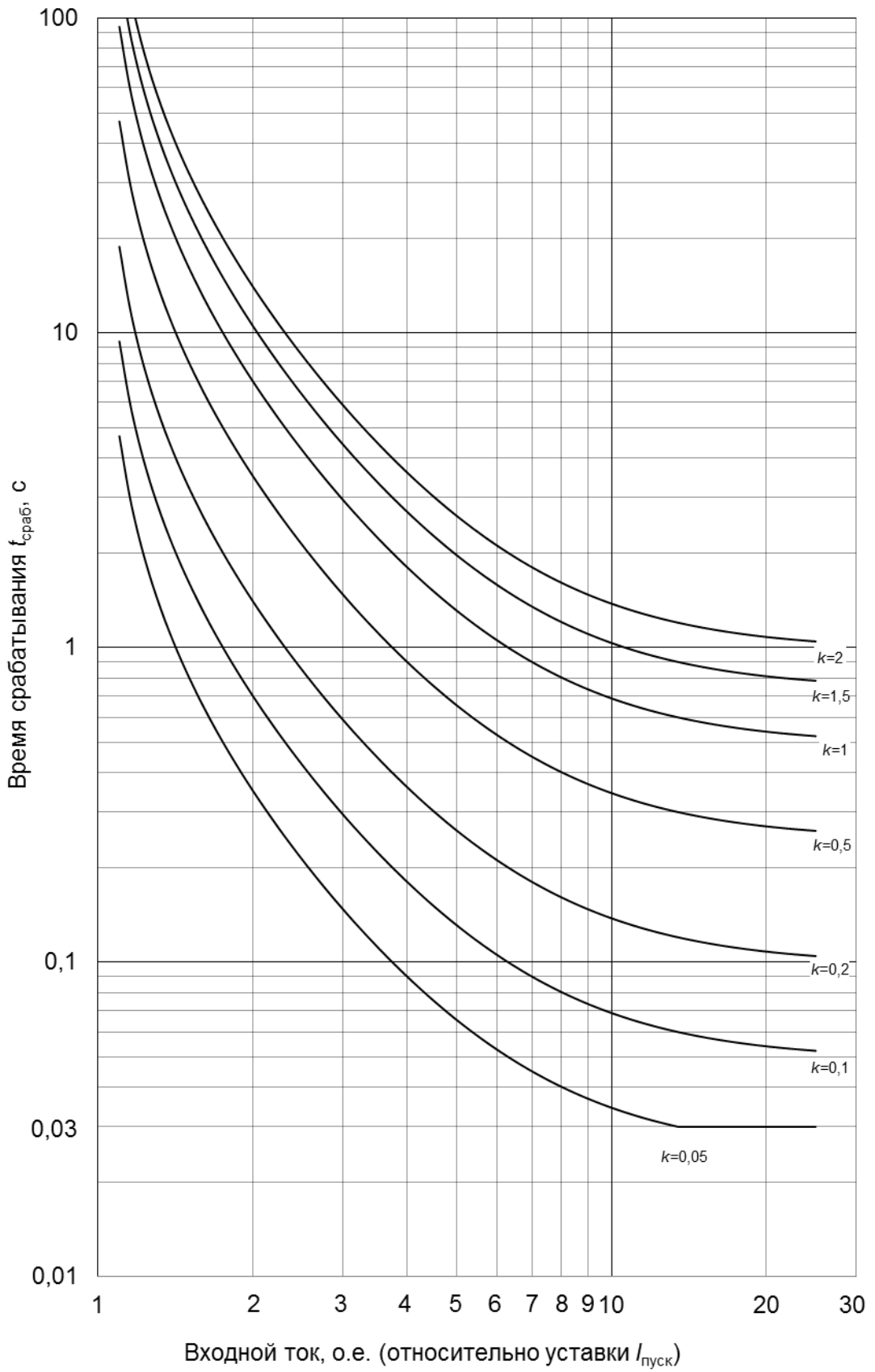


Рисунок В.8 – Умеренно инверсная ANSI

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |



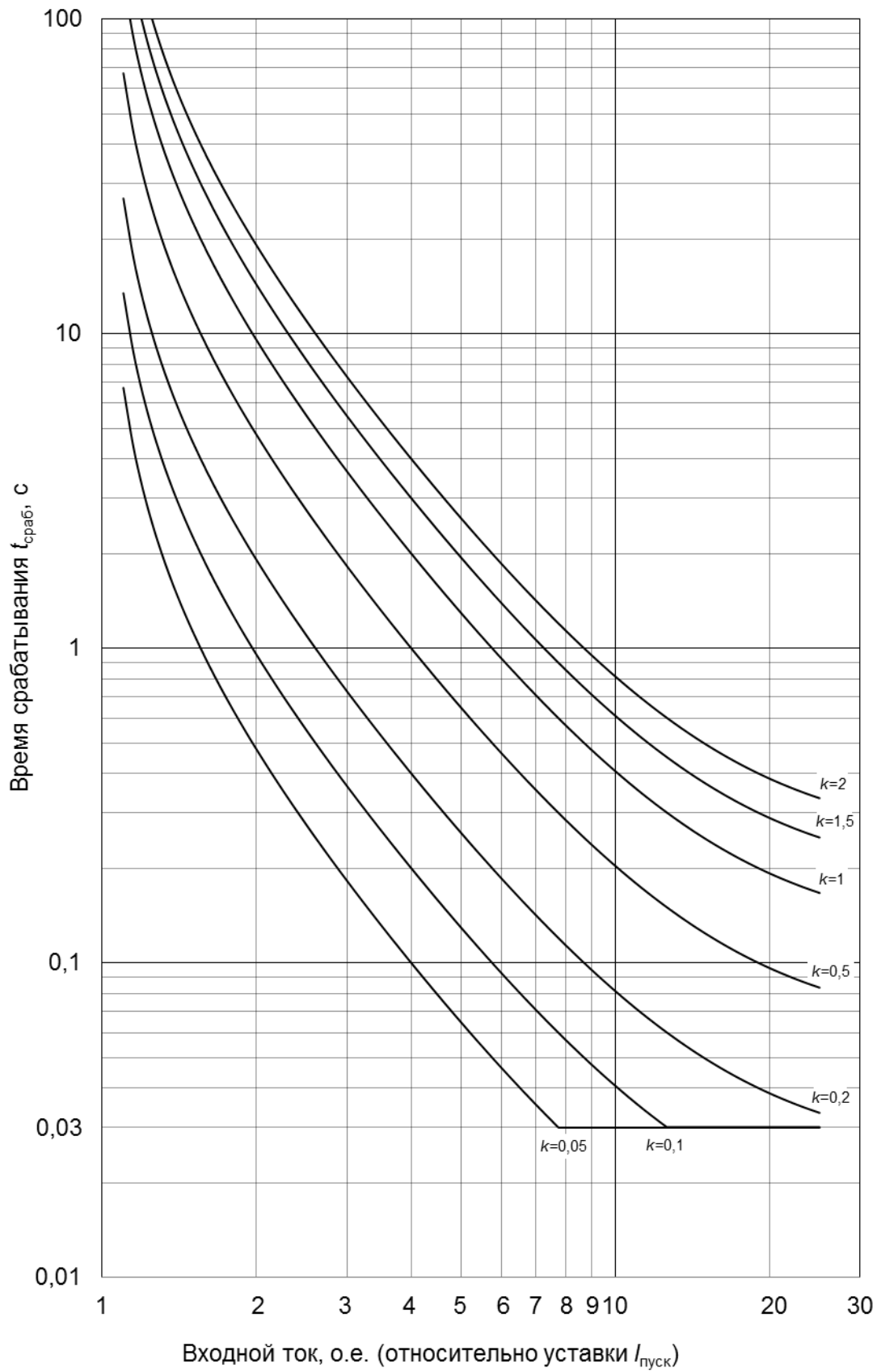
| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

110



| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

111

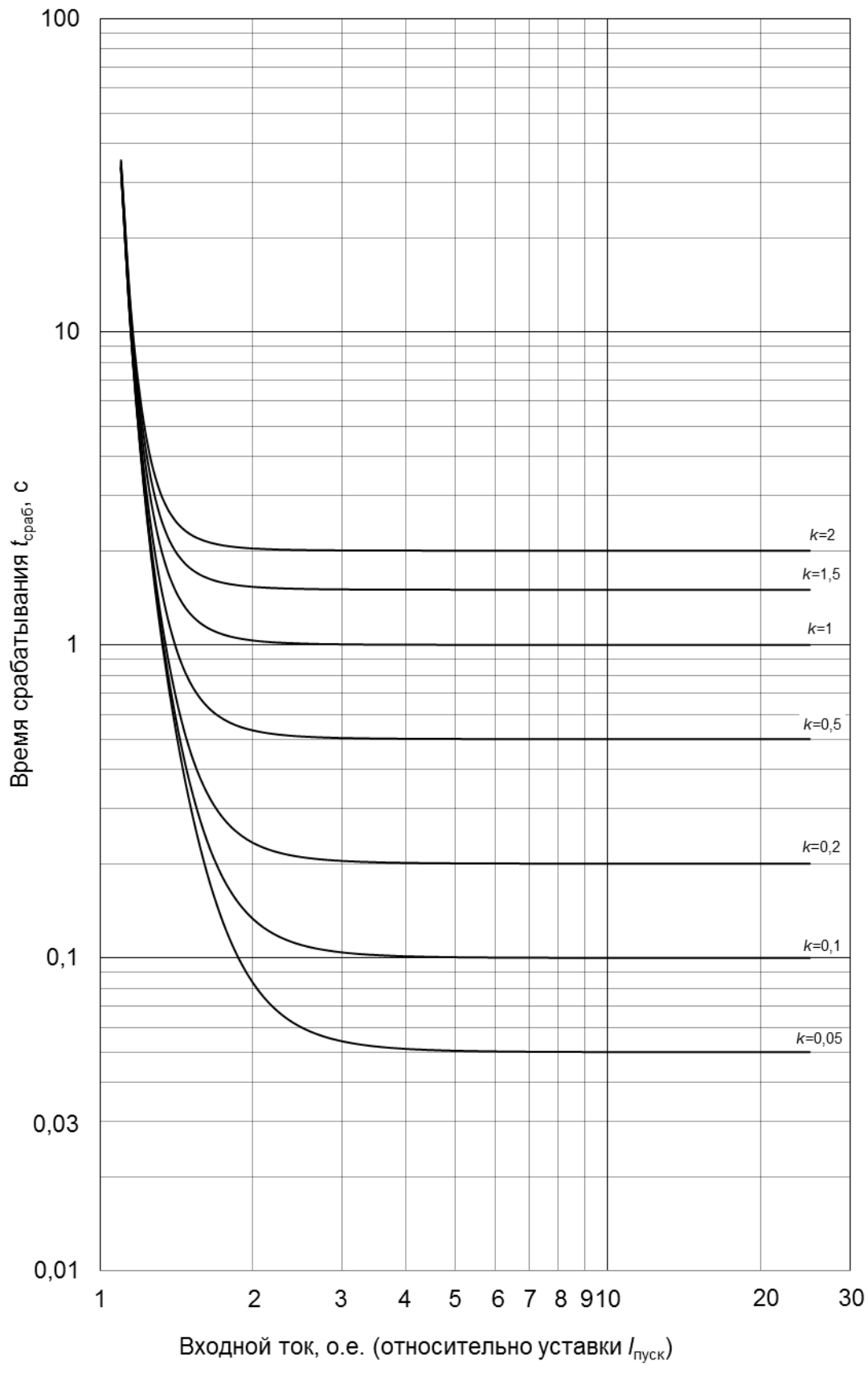


Рисунок В.11 – Крутая (типа реле РТВ-I)

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

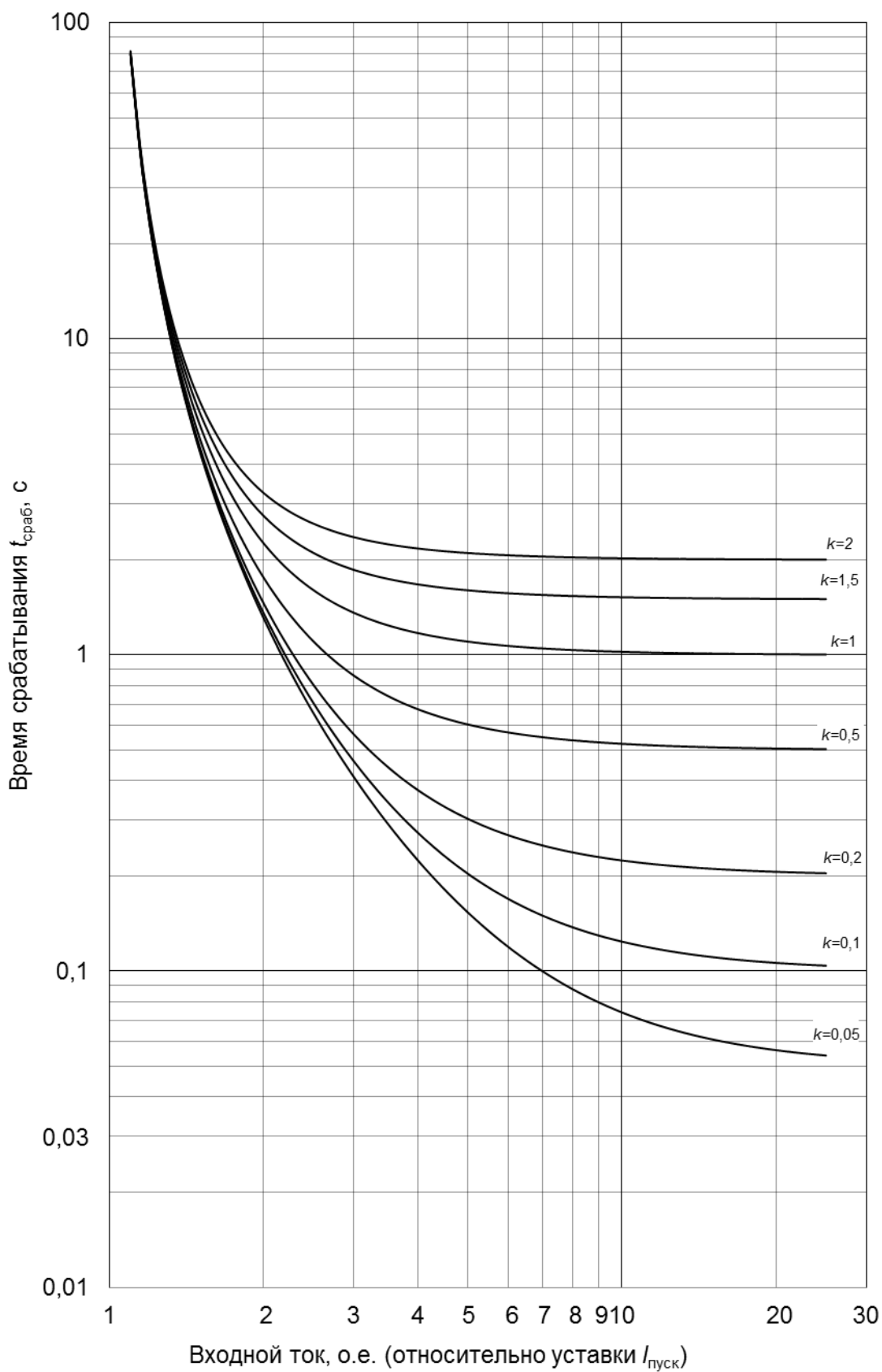


Рисунок В.12 – Пологая (типа реле РТВ-IV и РТ-80)

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

113

Б.2 Характеристические кривые зависимых выдержек времени на возврат

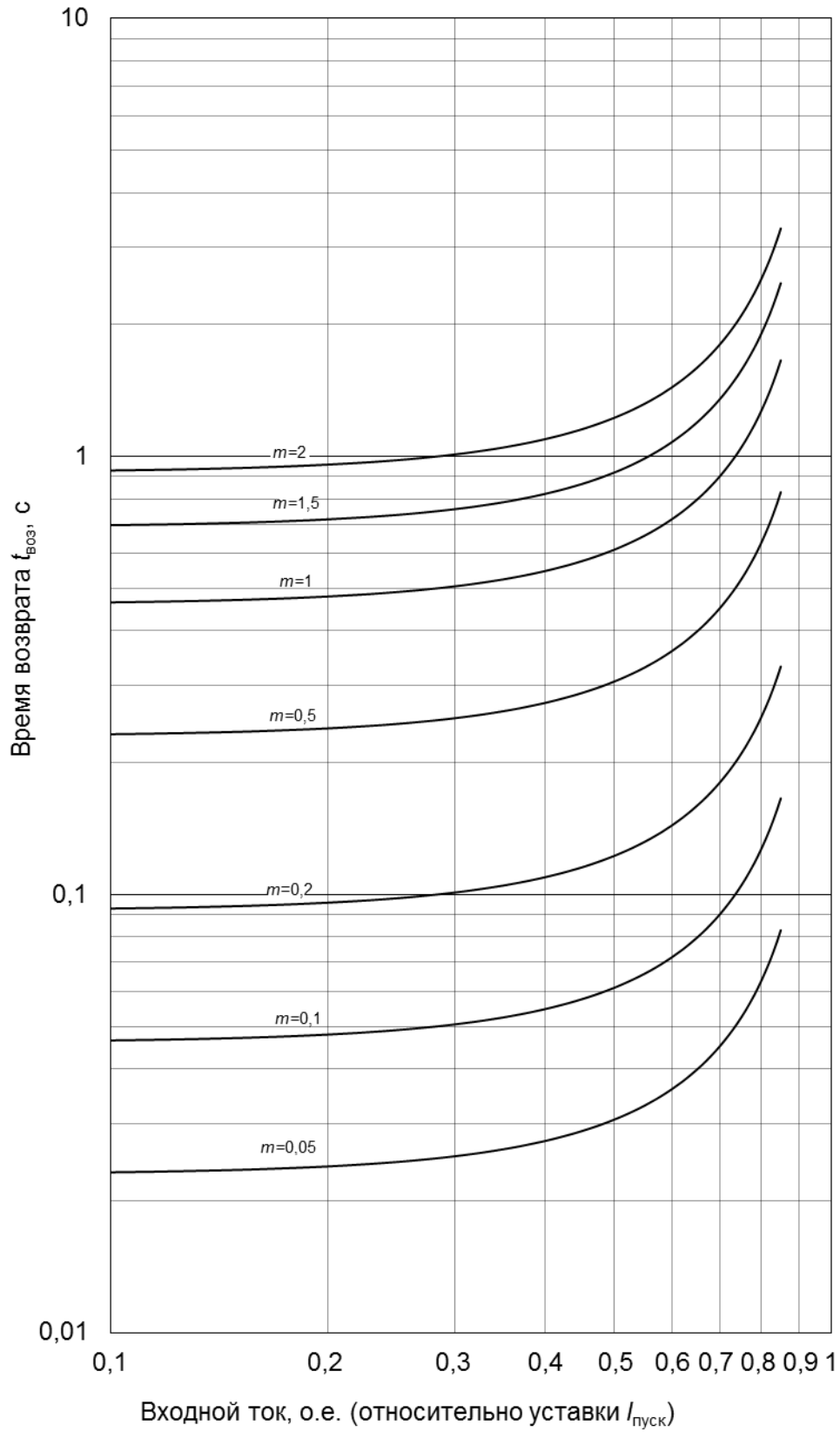


Рисунок В.13 – Нормально инверсная ANSI

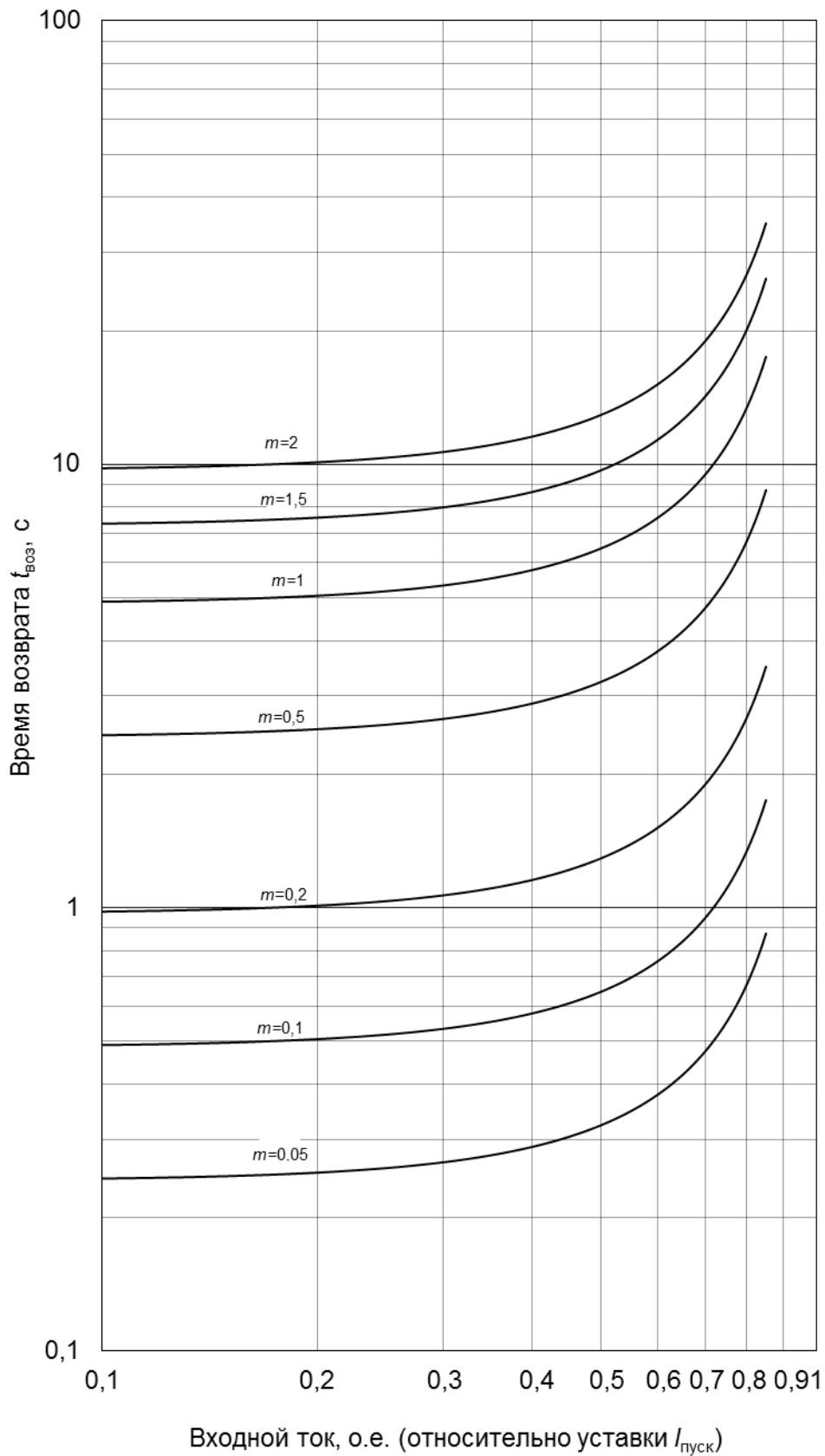
| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

114



| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

115

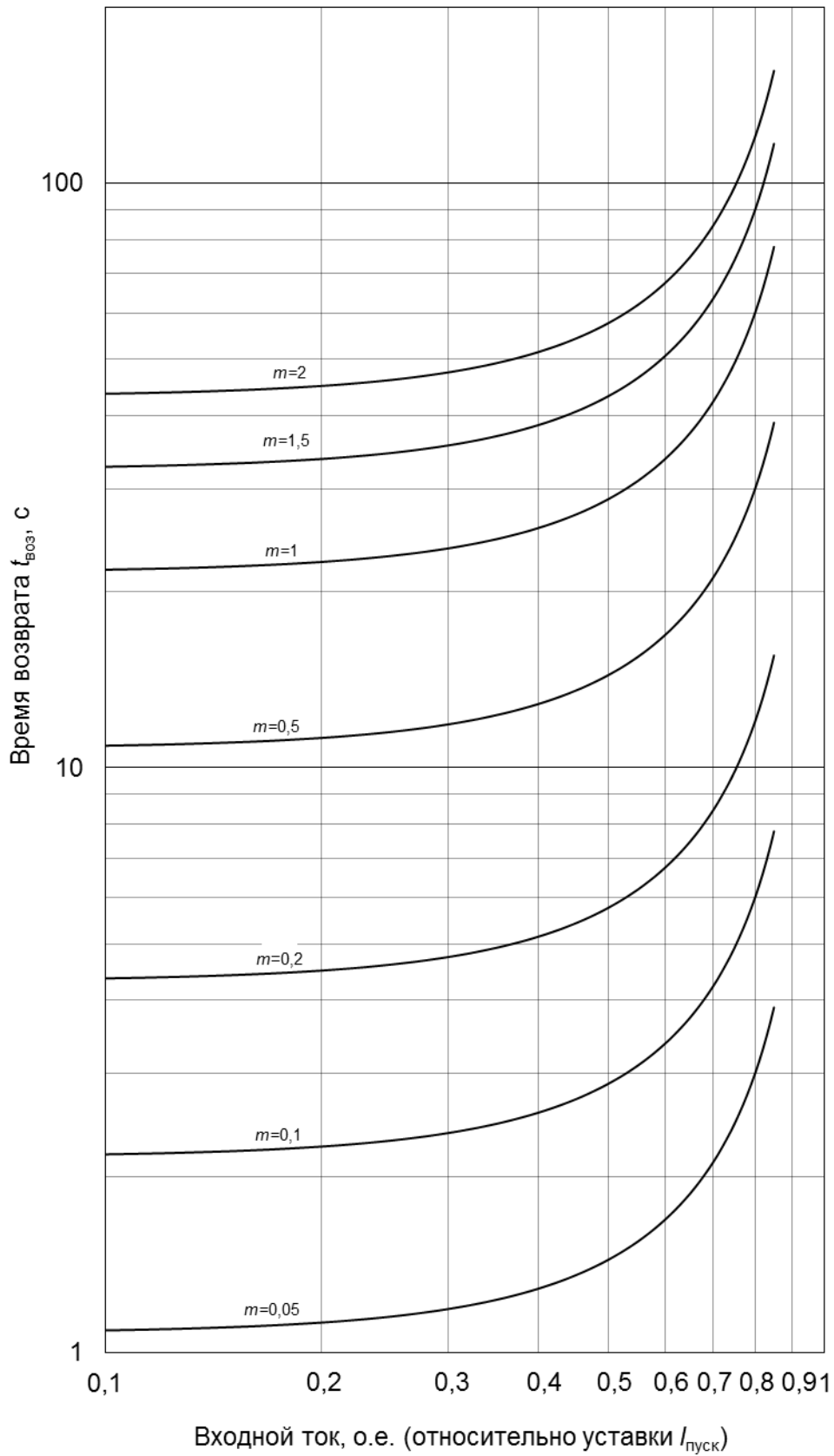
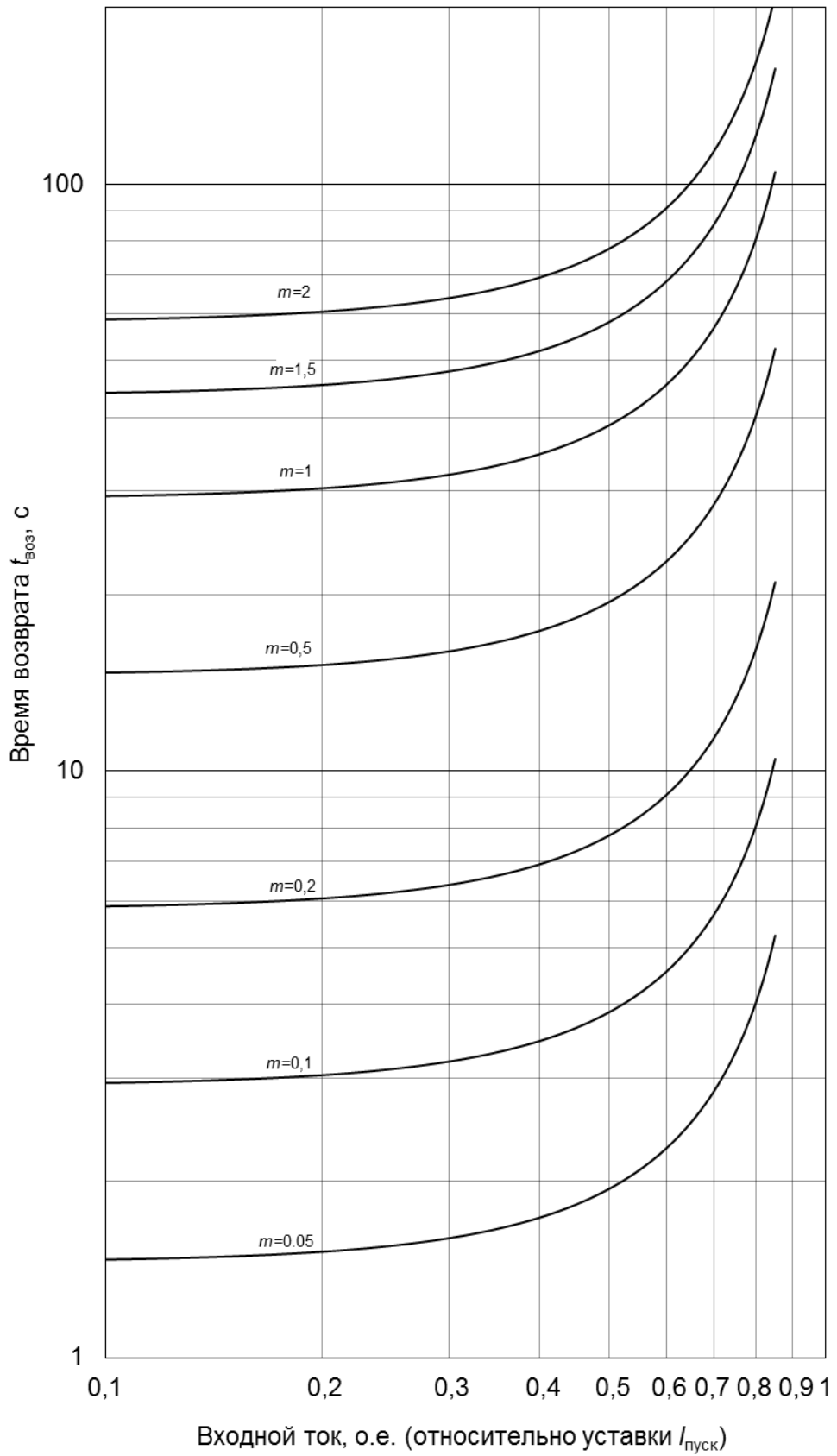


Рисунок В.15 – Сильно инверсная ANSI

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/Э7 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|------|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |



| | | | | |
|--------------|-------------------|---------------|--------------|------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата |
| 007/ЭТ | Архипова 01.02.21 | | | |
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Перечень принятых сокращений и обозначений

1 Принятые сокращения

| | |
|--------|---|
| АСДУ | Автоматизированная система диспетчерского управления |
| АРМ | Автоматизированное рабочее место |
| АСУ ТП | Автоматизированная система управления технологическими процессами |
| ВВВ | Выдержки времени на возврат |
| ВВС | Выдержки времени на срабатывание |
| ВН | Высшее напряжение |
| КЗ | Короткое замыкание |
| КИН | Контроль исправности цепей напряжения |
| КИТ | Контроль исправности цепей переменного тока |
| НН | Низшее напряжение |
| ПК | Персональный компьютер |
| ПО | Пусковой орган |
| ПпН | Пуск по напряжению |
| ПСИ | Приемо-сдаточные испытания |
| ПТЭ | Правила технической эксплуатации |
| РНМ | Реле направления мощности |
| РКВ | Реле команды «Включить» |
| РКНН | Реле контроля наличия напряжения |
| РКО | Реле команды «Отключить» |
| РКОН | Реле контроля отсутствия напряжения |
| РН | Реле напряжения |
| РПВ | Реле положения «Включено» |
| РПО | Реле положения «Отключено» |
| РТ | Реле тока |
| РУ | Распределительное устройство |
| РФК | Реле фиксации команды |
| ТН | Измерительный трансформатор напряжения |
| ТОНП | Токовая отсечка нулевой последовательности фаз |
| ТСН | Трансформатор собственных нужд |
| ТТНП | Трансформатор тока нулевой последовательности |
| ТТ | Измерительный трансформатор тока |
| ЦВ | Цепь включения |

| | |
|--------------|-------------------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

118

| | |
|------|--|
| ЦО | Цепь отключения |
| ЦУ | Цепь управления |
| ШП | Шины питания |
| ANSI | Американский Национальный Институт Стандартов |
| IEC | Международная электротехническая комиссия, МЭК |

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. | 007/ЭТ |
| Подп. и дата | Архипова 01.02.21 |
| Взам. инв. № | |
| Инв. № дубл. | |
| Подп. дата | |

| | | | | |
|-----|------|---------------|----------|----------|
| 5 | Зам. | ЭКРА.175-2021 | Архипова | 01.02.21 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ЭКРА.656122.036/217 0301 РЭ

Лист

119

Список 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 Шабад М.А., Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей, Санкт-Петербург, 2003
- 4 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 7
- 5 ООО НПП "ЭКРА", Техническое описание, Измерительный орган тока с зависимой и независимой выдержкой времени – $3I_t$, 2014
- 6 Н.В. Чернобровов, Релейная защита, Учебное пособие
- 7 В.А. Андреев, Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов, 4-е изд. перераб. и доп. – Москва, Высш. шк., 2006
- 8 Байтер И.И., Богданова Н.А., Релейная защита и автоматика питающих элементов собственных нужд тепловых электростанций, Москва: Энергоатомиздат, 1989. 3-е издание. БЭ. Вып. 613.
- 9 РД 34.20.501-95, Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации
- 10 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждено приказом Министерства энергетики РФ 13.01.2003 N6
- 11 Лихачев Ф.А., Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. М., «Энергия», 1971 г
- 12 Зильберман В. А., Релейная защита сети собственных нужд атомных электростанций, Москва: Энергоатомиздат, 1992. БЭ. Вып. 642

| | | | | | | | |
|--------------|--------|--------------|-------------------|--------------|--------------|------------|------|
| Инв. № подл. | 007/ЭТ | Подп. и дата | Архипова 01.02.21 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. дата | Лист |
| | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |

