

**Устройство
определения места повреждения
на воздушных линиях электропередачи**

«Сириус-2-ОМП»

Руководство по эксплуатации

БПВА.656122.091 РЭ



1	Описание и работа	5
1.1	Назначение изделия	5
1.2	Технические характеристики	7
1.2.1	Основные параметры и размеры.....	7
1.2.2	Характеристики	7
1.2.3	Пусковые органы по току.....	9
1.2.4	Пуск по приращениям токов	9
1.2.5	Дополнительные пусковые органы	10
1.2.5.1	Определение обрыва фазы линии.....	10
1.2.5.2	Определение перегрузки по току линии.....	10
1.2.5.3	Определение неисправностей ТН и однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.	10
1.2.6	Определение места повреждения (ОМП)	11
1.2.7	Входы с программируемой функцией	11
1.2.8	Программируемые реле	12
1.2.9	Программируемые светодиоды	12
1.2.10	Аварийный осциллограф.....	12
1.2.11	Регистратор событий	14
1.2.12	Поддержка системы точного единого времени	14
1.2.13	Линия связи (ЛС).....	14
1.3	Состав изделия.....	15
1.4	Устройство и работа	17
1.4.1	Основные принципы функционирования.....	17
1.4.2	Самодиагностика устройства и контроль подводимых величин	19
1.4.3	Входные аналоговые сигналы	19
1.4.4	Входные дискретные сигналы	20
1.4.5	Выходные реле.....	20
1.5	Маркировка и пломбирование.....	20
1.6	Упаковка	20
2	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ.....	21
2.1	Эксплуатационные ограничения.....	21
2.2	Подготовка изделия к использованию.....	21
2.3	Выбор режимов работы и значений уставок	22
2.4	Порядок установки	25
2.5	Подготовка к работе	26
2.6	Порядок работы.....	27
2.7	Использование изделия	28
3	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	34
3.1	Общие указания	34
3.2	Проверка работоспособности изделия.....	34
4	ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	41
5	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	42
6	УТИЛИЗАЦИЯ	43
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Коды ошибок при самотестировании устройства.....	44
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Проверка электрического сопротивления изоляции	45
	ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Расписание входных дискретных сигналов устройства в режиме «Контроль».....	46
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Внешний вид и установочные размеры	47
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) Схема подключения внешних цепей	50
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное) Диалог «человек-машина»	52
	ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное) Функциональные логические схемы.....	60
	ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное) Элементы функциональных и логических схем	63

Сокращения, используемые в тексте:

АПВ – автоматическое повторное включение;
 АСУ – автоматизированная система управления;
 АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
 БП – блок питания;
 ВД – векторная диаграмма;
 ВЛ – воздушная линия (электропередачи);
 ЗОФ – защита от обрыва фаз;
 ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;
 КЗ – короткое замыкание;
 КРУ – комплектное распределительное устройство;
 КРУН – комплектное распределительное устройство (наружной установки);
 КСО – камера сборная одностороннего обслуживания;
 ЛС – линия связи;
 ОЗЗ – однофазное замыкание на землю;
 ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
 ОМП – определение места повреждения;
 ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;
 РЗА – релейная защита и автоматика;
 РПВ – реле положения выключателя – «включено»;
 РПО – реле положения выключателя – «отключено»;
 РЭ – руководство по эксплуатации (данный документ);
 ТТ – трансформатор тока (измерительный);
 ТН – трансформатор напряжения (измерительный);
 ТННП – трансформатор напряжения нулевой последовательности;
 ТТНП – трансформатор тока нулевой последовательности;
 ФЛС – функциональная логическая схема (устройства).

Обозначения, используемые в тексте:

U_A – напряжение фазы А;
 U_B – напряжение фазы В;
 U_C – напряжение фазы С;
 U_0 – напряжение нулевой последовательности;
 U_1 – напряжение прямой последовательности;
 U_2 – напряжение обратной последовательности;
 I_A – ток фазы А;
 I_B – ток фазы В;
 I_C – ток фазы С;
 I_0 – ток нулевой последовательности;
 I_1 – ток прямой последовательности;
 I_2 – ток обратной последовательности;
 $3I_0'$ – ток нулевой последовательности параллельной линии (реально измеряемое значение);
 $3I_{0\Sigma}'$ – суммарный ток нулевой последовательности своей и параллельной линии (модуль векторной суммы);
 $3I_{0\Delta}'$ – разностный ток нулевой последовательности своей и параллельной линии (модуль векторной суммы);
 ΔI_1 – приращение значения тока прямой последовательности;
 ΔI_2 – приращение значения тока обратной последовательности;
 $X_{0уд}$ – удельное реактивное сопротивление линии нулевой последовательности;
 $X_{1уд}$ – удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности;
 $X_{муд}$ – удельное реактивное сопротивление взаимной индукции параллельной линии;
 $R_{0уд}$ – удельное активное сопротивление линии нулевой последовательности;
 $R_{1уд}$ – удельное активное сопротивление линии прямой последовательности;
 $Z_{1уд}$ – удельное полное сопротивление линии прямой последовательности;
 $X_{0отп}$ – реактивное сопротивление нулевой последовательности отпайки (ответвления) от линии;
 $X_{0'отп}$ – реактивное сопротивление нулевой последовательности отпайки (ответвления) от параллельной линии;
 $I_{отв.нагр.}$ – средний первичный ток нагрузки ответвления (для линий с изолированной нейтралью);
 L – длина участка линии.

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с возможностями, принципом работы, конструкцией, правилами эксплуатации, хранения, транспортирования и утилизации устройства определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП» (далее – устройство).

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

К эксплуатации устройства допускаются лица, изучившие настоящее РЭ и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций.

Перед установкой (использованием) устройства рекомендуется произвести проверку его технических характеристик в лабораторных условиях.

Винт заземления устройства должен быть соединен с контуром заземления подстанции (станции) медным проводом сечением не менее 2 мм².

Категорически запрещается подключение устройства с исполнением по напряжению оперативного питания 110 В постоянного тока к оперативному напряжению 220 В, так как это приводит к выходу устройства из строя.

Конструкция устройства выполнена по модульному принципу, позволяющему поставлять устройства с различной аппаратной конфигурацией. Конфигурация устройства должна обеспечивать выполнение функций ОМП конкретного присоединения и согласовываться при оформлении заказа на поставку.

Полное название устройства состоит из следующих элементов:

Устройство «Сириус-2-ОМП-vA-nnnB-ss»,

где

«Сириус-2-ОМП» – фирменное название устройства,

vA – исполнение устройства по номинальному току вторичной обмотки ТТ:

1A – для ТТ с номинальным током вторичной обмотки 1 А;

5A – для ТТ с номинальным током вторичной обмотки 5 А;

nnnB – исполнение устройства по напряжению оперативного тока:

110B – для напряжения питания 110 В постоянного тока;

220B – для напряжения питания 220 В постоянного или переменного тока;

ss – исполнение устройства по дополнительному интерфейсу линии связи:

И0 – для исполнения без дополнительного интерфейса;

И1 – для исполнения с интерфейсом RS485;

Пример записи устройства «Сириус-2-ОМП» с напряжением оперативного питания 220 В, номинальным током ТТ 5 А и дополнительным интерфейсом RS485 при заказе:

«Устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи
«Сириус-2-ОМП-5A-220B-И1» ТУ 3433-002-54933521-2009».

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение изделия

1.1.1 Устройство «Сириус-2-ОМП» предназначено для определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи напряжением 6–750 кВ.

Устройство устанавливается в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций напряжением 6–750 кВ.

1.1.2 Устройство является комбинированным микропроцессорным терминалом (многофункциональным устройством).

Применение в устройстве модульной мультипроцессорной архитектуры наряду с современными технологиями поверхностного монтажа обеспечивают высокую надежность, большую вычислительную мощность и быстродействие, а также высокую точность измерения электрических величин и временных интервалов, что дает возможность повысить чувствительность и точность работы терминала.

1.1.3 Реализованные в устройстве алгоритмы определения места повреждения, а также схемы подключения устройства разработаны по требованиям к отечественным системам РЗА в сотрудничестве с представителями энергосистем и проектных институтов, что позволило обеспечить совместимость с аппаратурой, выполненной на различной элементной базе, а также облегчить внедрение новой техники проектировщикам и эксплуатационному персоналу.

1.1.4 В устройстве реализован односторонний метод ОМП по параметрам аварийного режима. Методологически, односторонние методы уступают в точности двухсторонним, поэтому устройство формирует необходимые данные для использования в двухсторонних методах. Данные с других сторон линии могут быть получены от приборов аналогичного назначения, например, ФИП, ЛИФП, ИМФ-3, находящихся на другом конце ВЛ. Расчет по двухстороннему методу может быть выполнен вручную или с помощью соответствующего программного обеспечения на компьютере.

1.1.5 Устройство обеспечивает следующие эксплуатационные возможности:

- задание внутренней конфигурации (ввод/вывод различных функций, выбор временных характеристик и т.д.);
- хранение уставок пусковых органов и параметров линии в энергонезависимой памяти;
- передачу параметров аварии, ввод и изменение уставок по линии связи;
- непрерывный оперативный контроль работоспособности (самодиагностику) в течение всего времени работы;
- блокировку всех выходов при неисправности устройства для исключения ложных срабатываний;
- получение дискретных сигналов пуска и задания режима работы, выдачу команд предупредительной сигнализации;
- гальваническую развязку всех входов и выходов, включая питание, для обеспечения высокой помехозащищенности;
- высокое сопротивление и прочность изоляции входов и выходов относительно корпуса и между собой для повышения устойчивости устройства к перенапряжениям, возникающим во вторичных цепях подстанций.

1.1.6 Функции, выполняемые устройством:

- определение расстояния до повреждения относительно места установки устройства, км;
- определение вида повреждения;
- фиксация времени и даты возникновения аварии;
- возможность выдачи сигнала запуска при аварии на другие устройства.
- возможность выдачи сигнала перегрузки линии по току;
- возможность выдачи сигнала обрыва одного из проводов линии (по нарушению симметрии фазных токов);
- возможность выдачи сигнала неисправности цепей напряжения (по появлению напряжения обратной последовательности);
- использование различных алгоритмов работы устройства в зависимости от класса напряжения и режима работы нейтрали защищаемого присоединения;
- возможность селективного или неселективного пуска;
- возможность перерасчета расстояния до места КЗ с измененными уставками.

1.1.7 Дополнительные сервисные функции:

- фиксация токов и напряжений в момент аварии;
- фиксация параметров симметричных составляющих токов и напряжений для двустороннего расчета расстояния до места повреждения;
- измерение времени существования аварийного режима линии;
- возможность встраивания устройства в систему единого точного времени станции или подстанции;
- измерение и индикация текущих фазных токов и напряжений;

- цифровое осциллографирование всех входных сигналов;
- возможность формирования предупредительной сигнализации по двум дискретным входам;
- два набора уставок с переключением по внешнему дискретному входу;
- привязка всех событий по времени с помощью встроенных часов-календаря;
- возможность вывода точек подключения к ФЛС устройства как на два программируемых реле, так и на 5 программируемых светодиодов на передней панели устройства.

1.1.8 Устройство непрерывно производит измерение электрических параметров входных аналоговых сигналов токов и напряжений $I_A, I_B, I_C, 3I_0', U_A, U_B, U_C, U_{доп}$, а также расчет токов симметричных составляющих $I_0, I_1, I_2, U_0, U_1, U_2$, используемых для пусковых органов.

При измерениях осуществляется ослабление апериодической составляющей, а также фильтрация высших гармоник входных сигналов. Для сравнения с уставками пуска используется только действующее значение первой гармоники входных сигналов.

В сетях с изолированной (компенсированной) нейтралью при отсутствии ТТ в фазе В ток в этой фазе может быть восстановлен (при задании уставки «Уставки» - «Набор» «Общие» - ТТфазы В» - «НЕТ») согласно расчетному выражению

$$\vec{I}_B = -\vec{I}_A - \vec{I}_C \quad (1)$$

В сетях с заземленной нейтралью ток в фазе В измеряется независимо от значения уставки «ТТ фазы В».

Значение напряжения $3U_0$ рассчитывается по формуле

$$3\vec{U}_0 = \vec{U}_A + \vec{U}_B + \vec{U}_C \quad (2)$$

В случае аварии на линии устройство фиксирует в своей памяти осциллограмму всех входных сигналов, а после возврата пусковых органов определяет вид повреждения и производит расчет расстояния до места короткого замыкания.

1.1.9 Элементная база входных и выходных цепей обеспечивает совместимость устройства с любыми устройствами защиты и автоматики разных производителей – электромеханическими, электронными, микропроцессорными, а также сопряжение со стандартными каналами телемеханики.

1.1.10 Устройство имеет каналы связи для передачи на компьютер данных аварийных событий, просмотра и изменения уставок, контроля текущего состояния присоединения, а также считывания осциллограмм.

1.1.11 Устройство может поставляться как самостоятельно для использования на действующих объектах при их модернизации или реконструкции, так и входить в комплектные поставки (в том числе, в составе шкафов) при капитальном строительстве электроэнергетических объектов.

1.1.12 Устройства изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ3.1 по ГОСТ 15543.1 и ГОСТ 15150:

- верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха при эксплуатации +55°C;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха при эксплуатации минус 20°C;
- нижнее предельное рабочее значение температуры окружающего воздуха при эксплуатации минус 40°C (при снижении температуры ниже минус 20°C основные функции защиты сохраняются, но информация, отображаемая на жидкокристаллическом индикаторе, становится нечитаемой);
- относительная влажность при +25°C – до 98%.

1.1.13 Номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов – по ГОСТ 17516.1 для группы механического исполнения М7:

- синусоидальная вибрация в диапазоне частот от 0,5 до 100 Гц с амплитудой ускорения 10 м/с² (1g), степень жесткости 10а;
- удары многократного действия с пиковым ударным ускорением 30 м/с² (3g) и длительностью действия от 2 до 20 мс, степень жесткости 1.

1.1.14 Устройство предназначено для эксплуатации в следующих условиях:

- высота над уровнем моря не более 2000 м, при использовании на большей высоте необходимо использовать поправочный коэффициент, учитывающий снижение электрической прочности изоляции, согласно ГОСТ 15150;
- окружающая среда – невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных паров и газов, разрушающих изоляцию и металлы;
- место установки должно быть защищено от попадания брызг, воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Основные параметры и размеры

1.2.1.1 Питание устройства осуществляется от источника переменного (от 45 до 55 Гц), постоянного или выпрямленного тока напряжением 110 или 220 В (в зависимости от исполнения). Рабочий диапазон отклонения напряжения питания — +10/–20%.

1.2.1.2 Мощность, потребляемая устройством от источника оперативного постоянного тока в дежурном режиме — не более 7 Вт, в режиме срабатывания — не более 15 Вт.

1.2.1.3 Габаритные размеры устройства не превышают 235×190×185 мм.

1.2.1.4 Масса устройства без упаковки не превышает 7 кг.

1.2.2 Характеристики

1.2.2.1 Характеристики устройства указаны в таблице 1.

1.2.2.2 Дополнительная погрешность измерения токов, а также дополнительная погрешность срабатывания блока при изменении температуры окружающей среды в рабочем диапазоне не превышает 1% на каждые 10°C относительно 20°C.

1.2.2.3 Дополнительная погрешность измерения токов и срабатывания блока при изменении частоты входных сигналов в диапазоне от 45 до 55 Гц не превышает 2% на каждый 1 Гц относительно 50 Гц.

1.2.2.4 Устройство не срабатывает ложно и не повреждается:

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

1.2.2.5 Устройство обеспечивает хранение параметров настройки и конфигурации уставок в течение всего срока службы вне зависимости от наличия питающего напряжения. Ход часов и зафиксированные данные в памяти сохраняются при пропадании оперативного питания на длительное время (вплоть до нескольких лет).

1.2.2.6 Устройство выполняет свои функции со срабатыванием выходных реле в течение 0,6 с при полном пропадании оперативного питания от номинального значения (для исполнения оперативного питания 110 В постоянного тока — в течение 0,2 с).

1.2.2.7 Время готовности устройства к работе после подачи оперативного тока не превышает 0,4 с.

1.2.2.8 Нарботка на отказ устройства составляет 100000 часов.

1.2.2.9 Средний срок службы устройства – не менее 20 лет.

1.2.2.10 Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой устройства, по ГОСТ 14254 соответствует:

- IP42 по лицевой и боковым панелям;
- IP20 по задней панели, кроме клемм подключения токовых цепей.

1.2.2.11 Электрическое сопротивление изоляции между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом в холодном состоянии составляет:

- не менее 100 МОм в нормальных климатических условиях;
- не менее 1 МОм при повышенной влажности (относительная влажность – 98%).

Нормальными климатическими условиями считаются:

- температура окружающего воздуха — (25±10)°C;
- относительная влажность — от 45 до 80%;
- атмосферное давление — от 630 до 800 мм рт. ст.

Таблица 1 – Параметры входных и выходных сигналов устройства

Наименование параметра	Значение
1 Входные аналоговые сигналы:	
число входов по току	4
номинальный ток фаз ($I_A, I_B, I_C, 3I_0$), А	5 (1)
максимальный контролируемый диапазон токов в фазах, А	0,2 – 200 (0,04 – 40)
рабочий диапазон токов в фазах, А	1,0 – 200 (0,2 – 40)
основная относительная погрешность измерения токов в фазах, %	±2
термическая стойкость токовых цепей, А, не менее:	
длительно	15
кратковременно (2 с)	200
частота переменного тока, Гц	50 ±0,5
потребляемая мощность входных цепей фазных токов в номинальном режиме, В·А, не более:	0,5
число входов по напряжению	4
номинальное напряжение фаз ($U_A, U_B, U_C, U_{доп}$), В	100
максимальный контролируемый диапазон напряжений, В	1 – 150
рабочий диапазон напряжений, В	2 – 120
основная относительная погрешность измерения напряжений в фазах, %	±2
термическая стойкость цепей напряжения, В, не менее:	
длительно	150
кратковременно (2 с)	200
частота переменного тока, Гц	50 ±0,5
потребляемая мощность входных цепей для напряжений в номинальном режиме ($U = 100$ В), В·А, не более:	0,5
2 Входные дискретные сигналы (220/110 В)	
число входов	21
входной ток, мА, не более	10
напряжение надежного срабатывания, В	(исполнение 110 В) 75–132 (исполнение 220 В) 160–264
напряжение надежного несрабатывания, В	(исполнение 110 В) 0–60 (исполнение 220 В) 0–120
длительность сигнала, мс, не менее	20
3 Выходные дискретные сигналы управления (220 В)	
количество выходных сигналов (групп контактов)	4 (7)
коммутируемое напряжение переменного или постоянного тока, В, не более	300
коммутируемый постоянный ток замыкания/размыкания при активно-индуктивной нагрузке с постоянной времени $L/R = 50$ мс, А, не более	6 / 0,2
коммутируемый переменный ток замыкания/размыкания при активно-индуктивной нагрузке с постоянной времени $L/R = 50$ мс, А, не более	6 / 6

1.2.2.11 Электрическая изоляция между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом в холодном состоянии при нормальных климатических условиях (п.1.2.2.10) без пробоя и перекрытия выдерживает:

- испытательное напряжение переменного тока 2 кВ (действующее значение) частотой 50 Гц в течение 1 мин;
- импульсное испытательное напряжение (по три импульса положительных и отрицательных) с амплитудой до 5 кВ, длительностью переднего фронта 1,2 мкс, длительностью импульса 50 мкс и периодом следования импульсов – 5 с.

1.2.2.12 Устройство выполняет свои функции при воздействии помех с параметрами, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Таблица помехоустойчивости устройства

Вид помехи	Степень жесткости	ГОСТ, МЭК	Критерий функционирования	Примечание
Повторяющиеся затухающие колебания частотой 0,1—1,0 МГц	3	ГОСТ Р 51317.4.12-99 МЭК 61000-4-12-95	А	2,5 кВ – провод-земля 1,0 кВ – провод-провод
Наносекундные импульсные помехи	4	ГОСТ Р 51317.4.4-99 МЭК 61000-4-4-95	А	4 кВ – питание 2 кВ – остальные цепи
Электростатические помехи	3	ГОСТ Р 51317.4.2-99 МЭК 61000-4-2-95	А	8 кВ – воздушный 6 кВ – контактный
Магнитное поле промышленной частоты	5	ГОСТ Р 50648-94 МЭК 1000-4-8-93	А	100 А/м – постоянно 1000 А/м - кратковременно
Радиочастотное электромагнитное поле	3	ГОСТ Р 51317.4.3-99 МЭК 61000-4-3-96	А	26–1000 МГц 10 В/м
Микросекундные импульсы большой энергии	4	ГОСТ Р 51317.4.5-99 МЭК 61000-4-5-95	А	4 кВ
Кондуктивные низкочастотные помехи	3	ГОСТ Р 51317.4.6-99 МЭК 61000-4-6-96	А	10 В 140 дБ
Импульсное магнитное поле	4	ГОСТ Р 50649-94 МЭК 1000-4-9-93	А	8/20 мкс ±300 А/м
Затухающее колебательное магнитное поле	5	ГОСТ Р 50652-94 МЭК 1000-4-10-93	А	100 кГц ±100 А/м

1.2.3 Пусковые органы по току

1.2.3.1 Пуск записи осциллограммы в память устройства для последующего анализа и расчета расстояния до места повреждения производится по симметричным составляющим токов – I_0 , I_1 и I_2 .

1.2.3.2 По каждому из этих расчетных токов задается своя уставка пусковых органов, определяющая чувствительность, соответственно, к однофазным, трехфазным и междуфазным коротким замыканиям.

1.2.3.3 Все пусковые органы логически объединены по «ИЛИ», то есть запуск осциллографа будет происходить по любому превышению токов заданных значений уставок.

1.2.3.4 Характеристики пусковых органов по току указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры пусковых органов функции ОМП устройства по току

Наименование параметра	Значение
1 Диапазон уставок по току: По току I_0 (для исполнения 1 А / 5 А), А По току I_1 (для исполнения 1 А / 5 А), А По току I_2 (для исполнения 1 А / 5 А), А	0,05–1,00 / 0,25–5,00 0,10–2,00 / 0,50–10,00 0,05–1,00 / 0,25–5,00
2 Дискретность уставок по току, А:	0,01
3 Основная погрешность срабатывания по току, от уставки, %:	±5
4 Коэффициент возврата по току	0,95 – 0,92

1.2.3.5 Ток нулевой последовательности рассчитывается по формуле (3), токи прямой и обратной – по формулам (4) и (5) соответственно:

$$I_0 = \frac{\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C}{3} \quad (3)$$

1.2.4 Пуск по приращениям токов

1.2.4.1 С целью увеличения чувствительности пусковых органов при удаленных КЗ на сильно нагруженных линиях, например, при установке устройства на вводе секции 6–10 кВ, предусмотрена возможность пуска по приращениям токов симметричных составляющих – ΔI .

1.2.4.2 Приращения токов симметричных составляющих ΔI_0 , ΔI_1 , ΔI_2 рассчитываются как разность между действующим значением тока за текущий период и усредненным действующим значением тока за несколько предыдущих периодов.

1.2.4.3 Для запуска по приращению тока симметричной составляющей $n = \{0, 1, 2\}$ необходимо одновременное превышение как уставки приращения тока составляющей n (ΔI_n), так и, одновременно, уставки превышения тока этой составляющей n (I_n для Δ). Для работы по приращениям имеется свой набор разрешающих уставок по симметричным составляющим тока I_0, I_1, I_2 , которые можно настроить чувствительнее, чем уставки пуска собственно по току.

1.2.4.4 Так как приращения токов являются импульсным параметром, то по факту превышения уставок по приращениям запускается элемент выдержки времени, определяемой уставкой «Уставки» - «Набор» - «Пусковые условия ОМП» - «Тпуска по Δ », для записи на это время осциллограммы входных сигналов в память устройства.

1.2.5 Дополнительные пусковые органы

1.2.5.1 Определение обрыва фазы линии

1.2.5.1.1 Определение факта обрыва линии реализуется двумя методами – либо расчетом тока обратной последовательности и сравнения его с уставкой, либо расчетом соотношения токов обратной последовательности I_2 и прямой последовательности I_1 , рассчитанных по формулам:

$$I_1 = \frac{I_A + I_B \cdot e^{j120^\circ} + I_C \cdot e^{-j120^\circ}}{3} \quad (4)$$

$$I_2 = \frac{I_A + I_B \cdot e^{-j120^\circ} + I_C \cdot e^{j120^\circ}}{3} \quad (5)$$

При отсутствии измерительного трансформатора тока в фазе В, I_B рассчитывается по формуле (1).

Имеется возможность работы по двум критериям – либо по величине тока обратной последовательности I_2 , либо по соотношению токов I_2/I_1 , позволяющему удобнее отстраиваться от тока нагрузки. Возможно объединение обоих критериев обрыва по «ИЛИ».

В нормальном режиме работы соотношение I_2/I_1 близко к нулю, тогда как при обрыве одной из фаз соотношение становится близким к единице. При обрыве фазы ТТ значение будет близко к 0,5.

1.2.5.1.2 Функция сигнализации обрыва фазы может работать на выходное программируемое реле, с помощью которого можно организовать независимую выдержку времени.

1.2.5.1.3 Параметры сигнализации обрыва фазы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры дополнительных пусковых органов устройства по току

	Наименование параметра	Значение
1	Диапазон уставок по току I_2, I_1 (для исполнения 1 А / 5 А), А	0,04–4,00 / 0,20–20,00
2	Дискретность уставок по току I_2, I_1 , А	0,01
3	Диапазон уставок по соотношению I_2/I_1	0,10 — 1,00
4	Дискретность уставок по соотношению I_2/I_1	0,01
5	Минимальное значение тока I_1 , при котором производится расчет соотношения, А	0,20 (исп. 5 А) 0,04 (исп. 1 А)
6	Основная погрешность срабатывания по току I_2, I_1 , от уставки, %:	±5
7	Основная погрешность по соотношению I_2/I_1 , от уставок, %	±10
8	Коэффициент возврата (при токе выше 0,4 от $I_{ном}$ / менее 0,4 от $I_{ном}$)	0,95 / 0,92

1.2.5.2 Определение перегрузки по току линии

1.2.5.2.1 Определение факта перегрузки линии реализуется расчетом тока прямой последовательности и сравнения его с уставкой.

1.2.5.2.2 Диапазон уставки, дискретность задания, основная погрешность срабатывания и коэффициент возврата аналогичны составляющей тока обратной последовательности и приведены в Таблице 4.

1.2.5.3 Определение неисправностей ТН и однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.

1.2.5.3.1 В устройстве предусмотрены пусковые органы по напряжениям симметричных составляющих.

1.2.5.3.2 Напряжения симметричных составляющих рассчитываются аналогично токам по формулам (4) и (5).

В нормальном режиме работы энергосистемы напряжения обратной и нулевой последовательности примерно равны нулю, при замыканиях на землю появляется напряжение нулевой последовательности.

При перегорании плавкой вставки на стороне высокого напряжения в ТН появляется напряжение обратной последовательности.

При удаленных замыканиях на линии, перегрузках или других неисправностях снижается напряжение прямой последовательности.

1.2.5.3.3 Функция сигнализации срабатывания пусковых органов по напряжению может работать на выходное программируемое реле, с помощью которого можно организовать независимую выдержку времени.

1.2.5.3.4 Параметры пусковых органов по напряжению приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры дополнительных пусковых органов устройства по напряжению

	Наименование параметра	Значение
1	Диапазон уставок по напряжению U_0, U_1, U_2 В	3–100
2	Дискретность уставок по напряжению, В	1
3	Основная погрешность срабатывания по напряжению, от уставки, %:	± 5
4	Коэффициент возврата по напряжению U_1	1,04
5	Коэффициент возврата по напряжению U_0, U_2	0,96

1.2.6 Определение места повреждения (ОМП)

1.2.6.1 Расчет расстояния до места повреждения производится на основе записанной в память осциллограммы, но только при выполнении пусковых условий по току. В случае задания уставкой работы по приращениям функция ОМП запускается также и по превышению значений токов симметричных составляющих значений уставок, заданных для токов разрешения работы по приращениям.

1.2.6.2 Устройство использует принципиально разные расчетные алгоритмы для линий с изолированной (компенсированной) и заземленной нейтралью. Выбор алгоритмов осуществляется на основе заданной уставки «Нейтраль». При задании «Заземленная» (линии напряжением 110–750 кВ) расчет производится по участкам с учетом параллельной линии и ответвлений (отпаек). Этот алгоритм характеризуется более высокой точностью. При задании «Изолированная» (линии напряжением 6–35 кВ) расчет производится на основании формул также с учетом разбиения линии на участки с возможностью учета ответвлений от основного «ствола» линии. Параллельные линии в этом режиме не учитываются.

Ввиду сильной разветвленности и неоднородности линий, а также шунтирования нагрузкой ответвлений сопротивления петли короткого замыкания в сетях 6–35 кВ с изолированной нейтралью, для этого класса линий применяются упрощенные алгоритмы расчета по полному удельному сопротивлению петли КЗ.

Расчетные формулы для линий с изолированной нейтралью полностью справедливы только для металлических КЗ, поэтому при наличии переходного сопротивления или дуги в месте КЗ возможна индикация большего расстояния, нежели истинное.

На линиях напряжением 35 кВ возможно задание уставки вида нейтрали «Заземлен.». При этом к устройству обязательно должно быть подведено все три фазных тока линии (либо общий провод двух фаз А и С подведен к входным клеммам «I_B» при отсутствии ТТ в фазе В).

1.2.6.3 Устройство имеет архив осциллограмм и архив коротких замыканий. Если в какой-либо осциллограмме выполняются пусковые условия по току, то производится расчет функции ОМП и результаты помещаются в архив КЗ. Кроме этого, имеется функция «Перерасчет», позволяющая при сохранении аварийной осциллограммы в памяти, еще раз, по кнопке с клавиатуры устройства, запустить функцию расчета расстояния, но уже с другими уставками, например, со вторым набором уставок, или изменив некоторые параметры линии. В случае если осциллограмма не сохранилась, функция перерасчета блокируется, а на ЖКИ выдается соответствующее сообщение.

Для перерасчета требуется:

- скорректировать должным образом уставку линии;
- выбрать в разделе меню «Срабатывания» интересующее срабатывание;
- перейти в пункт «Перерасчет» (в случае недоступности осциллограммы при попытке перейти в этот пункт на ЖКИ будет выведено «Осциллограмма недоступна»);
- ввести пароль и нажать кнопку «Ввод».

В результате появится новое срабатывание с датой и временем записи осциллограммы и пометкой «Перерасчет».

1.2.7 Входы с программируемой функцией

1.2.7.1 В устройстве предусмотрено два дискретных входа «Вход 1» и «Вход 2». Эти входы могут быть использованы для следующих функций:

- запуска осциллографа;
- действия на сигнализацию;
- записи каких-либо внешних сигналов в осциллограмму.

1.2.7.2 Для каждого входа может быть задан активный уровень («1» – активным является наличие напряжения на входе, «0» – активным является отсутствие напряжения).

1.2.7.3 Каждый вход имеет свою выдержку времени, которая задается уставкой «Тсраб., с».

1.2.7.4 При использовании сигнализации (см. пункт «Сигнализация») по дискретному входу («Сигнализация» - «Вход» - «ВКЛ») в случае срабатывания реле «Сигнализация» на ЖКИ будет выведено сообщение с именем данного входа. Имя входа редактируется соответствующей уставкой и может содержать не более 12 символов.

1.2.7.5 В устройстве имеется большее количество дискретных входов, 16 из которых установлено на отдельном модуле дискретных входов. Эти входы могут быть использованы как для запуска осциллографа, так и для фиксации каких-либо дискретных сигналов. Кроме этого, дополнительные входы (также как и основные) всегда доступны для чтения по ЛС для дистанционного мониторинга их состояния.

1.2.8 Программируемые реле

1.2.8.1 В устройстве имеются два специальных программируемых пользователем выходных реле («Реле 1», «Реле 2»). Эти реле могут быть программно подключены к точкам ФЛС устройства (см. таблицу ЖЗ и рисунок И.1).

При этом можно получить как новые релейные выходы, так и увеличить количество выходных контактов уже имеющихся реле.

1.2.8.2 Выбор точки подключения данного программируемого реле к ФЛС устройства производится с помощью уставки «Точка».

1.2.8.3 Режим работы данного программируемого реле задается соответствующей уставкой «Режим». Возможна работа в следующих режимах:

- следящий («Без фикс.»);
- с фиксацией до сброса сигнализации устройства («С фикс.»);
- импульсный с длительностью срабатывания 1 с («Имп.»).

1.2.8.4 Имеется возможность ввести задержку на срабатывание и возврат реле с помощью уставок $T_{\text{сраб}}$ и $T_{\text{возвр}}$ соответственно. Значения уставок лежат в диапазоне от 0 до 100,00 с.

1.2.8.5 ФЛС программируемого реле приведена на рисунке И.2.

1.2.9 Программируемые светодиоды

1.2.9.1 В устройстве имеется 5 специальных программируемых светодиодов. Они расположены на передней панели устройства в группе «Доп. информация». Эти светодиоды могут быть программно подключены к точкам ФЛС устройства (см. таблицу Ж.3 и рисунок И.1).

1.2.9.2 Выбор точки подключения данного программируемого светодиода к ФЛС устройства производится с помощью уставки «Точка».

1.2.9.3 Режим работы данного программируемого светодиода задается соответствующей уставкой «Режим». Возможна работа в следующих режимах:

- следящий («Без фикс.»);
- с фиксацией до сброса сигнализации устройства («С фикс.»).

Кроме того, для лучшего визуального восприятия возможно задать режим мигания данного светодиода помощью соответствующей уставки «Мигание» - «Вкл».

1.2.9.4 Имеется возможность ввода задержки на срабатывание данного светодиода с помощью уставки «Тсраб.» в диапазоне от 0 до 100,00 с.

1.2.10 Аварийный осциллограф

1.2.10.1 Аварийный осциллограф (далее – осциллограф) позволяет записывать во внутреннюю память устройства осциллограммы всех измеряемых токов и напряжений, а также состояние дискретных входов. Пуск осциллографа гибко настраивается и может происходить по различным условиям.

1.2.10.2 Реализовано динамическое выделение памяти, то есть количество осциллограмм, помещающихся в памяти, зависит от длительности записей. Максимально в памяти храниться не более 100 осциллограмм.

Каждая осциллограмма имеет привязку к внутреннему времени устройства с точностью до 1 мс.

1.2.10.3 Считывание осциллограмм осуществляется с компьютера по ЛС.

1.2.10.4 С помощью параметров в разделе меню «Настройки» — «Осциллограф» можно гибко настроить условия пуска осциллографа, а также длительность записи.

1.2.10.5 Возможные условия пуска осциллографа:

- превышение любого из токов симметричных составляющих заданных значений уставок (обязательный неотключаемый пуск осциллографа) – $I_0 >$, $I_1 >$, $I_2 >$;
- превышение приращения любого из токов симметричных составляющих заданной уставки и одновременно, этого же тока своей заданной уставки, при условии задания уставки «Пуск по приращениям»;
- программируемый пуск 1...10 (задается уставками «Запуск» – «Точка»). Выбирается точка ФЛС, по сигналу от которой производится пуск (см. Таблицу Ж.3);
- пуск по ЛС.

Условия пуска объединяются по «ИЛИ», то есть появление хотя бы одного из условий вызывает пуск записи осциллограммы.

1.2.10.6 При программируемом пуске осциллографа задание точки подключения к ФЛС устройства выполняется аналогично выбору точки для программируемых реле и светодиодов (см. таблицу Ж.3 и рисунок И.1). Дополнительно необходимо задать режим программируемого пуска: прямо-следящий, инверсно-следящий, прямо-фиксированный, инверсно-фиксированный.

«Прямо» означает, что активным сигналом является «1», соответственно пуск происходит при переходе логического сигнала с нуля в единицу.

«Инверсный» – активный сигнал «0».

«Следящий» режим означает, что запись производится, пока присутствует сигнал (то есть пуск идет «по уровню»).

«Фиксированный» – осциллограмма записывается только заданное время $T_{\text{ПРОГРАММ}}$ независимо от длительности присутствия сигнала (пуск идет «по фронту»).

1.2.10.7 Каждая осциллограмма включает в себя доаварийный, аварийный и послеаварийный режимы.

Максимальная длительность одной осциллограммы ограничена и регулируется уставкой $T_{\text{МАКС ОСЦИЛ}}$. Суммарное время включает в себя аварийный, до- и послеаварийные режимы и в сумме никогда не может превышать заданную максимальную длительность, что может быть полезно для защиты от затирания всей памяти одной длинной осциллограммой в случае длительного наличия одного из пусковых условий.

1.2.10.8 Длительность доаварийной и послеаварийной записей задается уставками $T_{\text{ДОАВАРИЙН}}$ и $T_{\text{ПОСЛЕАВАР}}$ соответственно.

1.2.10.9 Длительность записи аварийного режима зависит от причины пуска осциллографа. Если возникают сразу несколько условий пуска, то осциллограмма пишется до исчезновения всех условий, либо до заполнения максимальной длительности осциллограммы.

Особенности работы осциллографа в зависимости от причины пуска:

а) Программируемый пуск (по сигналу в заданной точке ФЛС);

В следящем режиме работы пуска («Прямо-След.», «Инвер-След.») осциллограмма будет складываться: доаварийный режим ($T_{\text{ДОАВАРИЙН}}$) + время присутствия сигнала в выбранной точке + послеаварийный режим ($T_{\text{ПОСЛЕАВАР}}$).

В фиксированном режиме пуска («Прямо-Фикс.», «Инвер-Фикс.») осциллограмма будет складываться: доаварийный режим + время записи при программируемом пуске ($T_{\text{ПРОГРАММ}}$) + послеаварийный режим.

б) Пуск по превышению симметричных составляющих тока и их приращений.

Присутствуют доаварийный, аварийный и послеаварийный режимы. Запись аварийного режима производится от момента превышения пусковых условий до возврата всех пусковых органов по токам симметричных составляющих. Возможны два режима работы (в зависимости от уставки):

– селективный (для сохранения в памяти устройства осциллограммы необходимо наличие на клемме «Вход РПО» активного сигнала, например, от положения выключателя или срабатывания релейной защиты);

– неселективный (осциллограмма в памяти устройства сохраняется независимо от наличия на клемме «Вход РПО» активного сигнала).

в) Пуск по ЛС.

В селективном режиме работы, если после окончания пусковых условий не был зафиксирован активный сигнал на дискретном входе «Вход РПО», осциллограмма не сохраняется.

В случае если после пуска осциллографа не происходит отпускание пусковых органов в течение времени, превышающего максимальное заданное время, отведенное под одну осциллограмму, то запись продолжается по кольцевому принципу (начало осциллограммы затирается новой информацией) до возврата пусковых органов. Таким образом, если последует отпускание пусковых органов, то сохранена будет начальная часть осциллограммы (длительностью $T_{\text{МАКС ОСЦИЛ}}$).

1.2.10.10 Действия осциллографа при заполнении всей памяти, отведенной под осциллограммы, определяются уставкой «Реж. записи», которая может принимать два значения:

- «Перезап.» – новая осциллограмма затирает самые старые (стирается целое число старых осциллограмм, суммарная длительность которых достаточна для записи новой осциллограммы);
- «Останов» – остановка записи до тех пор, пока память не будет имеющаяся свободная память не будет полностью заполнена.

1.2.10.11 Имеется возможность непосредственно с ЖКИ устройства узнать число записанных осциллограмм, а также объем свободной памяти. Эта информация отображается в меню «Контроль» – «Осциллограф».

Здесь же можно произвести очистку памяти осциллограмм (с вводом пароля). По вводу пароля стираются все осциллограммы, хранящиеся в памяти, перед этим на ЖКИ выводится предупреждающая надпись. Имеется возможность аналогичной очистки памяти с помощью команды по ЛС.

1.2.10.12 Параметры осциллографа приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры цифрового осциллографа устройства

Наименование параметра		Значение
1	Диапазон уставок по времени, с	
	$T_{\text{МАКС}}$	1,00 – 20,00
	$T_{\text{ДОАВАРИЙН}}$	0,04 – 1,00
	$T_{\text{ПОСЛЕАВАР}}$	0,04 – 10,00
	$T_{\text{ПРОГРАММ}}$	0,10 – 10,00
2	Дискретность уставок по времени, с	0,01
3	Период квантования сигналов осциллографа, мс	1
4	Общая длительность сохраняемых в памяти осциллограмм, с	56
5	Максимальное количество хранимых в памяти осциллограмм, с	100

1.2.11 Регистратор событий

1.2.11.1 Для регистрации в памяти устройства фактов обнаружения неисправностей с привязкой к астрономическому времени в устройстве реализован архив событий. При этом любой пуск устройства, приход дискретного сигнала, обнаружение внутренней неисправности регистрируется в памяти событий с присвоением даты и времени момента обнаружения.

1.2.11.2 Считывание информации регистратора событий осуществляется с помощью компьютера по ЛС.

1.2.11.3 Память регистратора построена по кольцевому принципу, то есть после ее заполнения новая информация затирает самую старую. Емкость памяти регистратора составляет до 1000 событий.

1.2.12 Поддержка системы точного единого времени

1.2.12.1 Все события, регистрируемые в устройстве, идут с меткой времени с точностью до 1 мс.

1.2.12.2 Астрономическое время (год, месяц, день, час и т.д.) на устройствах РЗА подстанции можно задать через один из каналов связи с помощью широковещательной команды задания времени. Но в большинстве случаев специфика каналов связи и используемых протоколов не позволяет выдержать точность синхронизации до 1 мс.

1.2.12.3 В устройстве предусмотрены меры для включения в систему точного единого времени, для чего к синхронизируемым устройствам подводится специальный канал, по которому передается синхроимпульс. Это позволяет обеспечить синхронизацию устройств на защищаемом объекте с точностью до 1 мс.

1.2.12.4 Для приема сигнала синхроимпульса может использоваться один из двух входов устройства:

- вход интерфейса RS485-1. В этом режиме (задается соответствующей программной настройкой) порт используется как дискретный вход (то есть реагирует на импульс с минимальной длительностью активного сигнала не менее 15 мс) и не может использоваться для организации стандартного канала связи;
- специализированный дискретный вход «Синхро». Данный вход выполнен на номинальное значение постоянного напряжения 24 В. Длительность входного импульса не менее 15 мс.

1.2.12.5 Приход импульса по каналу синхронизации приводит к автоматической коррекции внутреннего времени устройства.

1.2.12.6 Параметры синхронизации времени задаются в меню «Настройки» — «Синхронизация».

С помощью уставки «Импульс» имеется возможность задать частоту прихода сигнала синхронизации: один раз в секунду, в минуту, в час.

С помощью уставки «Порт» можно задать одно из значений:

- «Откл» – синхронизация не используется (в этом случае интерфейс RS485-1 можно использовать для организации стандартного канала связи);
- «RS485» – канал синхронизации выполняется с помощью интерфейса RS485-1;
- «Оптрон» – канал синхронизации выполняется с помощью оптронного входа «Синхро».

1.2.12.7 В случае, если уставкой задана синхронизация по времени («Порт — RS485/Оптрон»), а синхроимпульс не приходит в течение двух интервалов ожидания импульса (значение уставки «Импульс» умноженное на два), то на ЖКИ устройства появляется сообщение «Нет импульса синхр.». При этом срабатывание реле «Сигнал» не происходит, т.к. ошибка не критическая.

1.2.13 Линия связи (ЛС)

1.2.13.1 Устройство оснащено тремя интерфейсами линии связи с компьютером – USB на передней панели устройства и двумя интерфейсами на задней панели.

1.2.13.2 Разъем USB на передней панели предназначен, в основном, для проведения пусконаладочных работ и позволяет соединяться с компьютером по принципу «точка – точка». Для соединения с компьютером используется стандартный кабель типа «А–В». Гальванической развязки от схемы устройства данный интерфейс не имеет.

1.2.13.3 Интерфейс RS485 на задней панели прибора предназначен для постоянного подключения устройства в локальную сеть связи для решения задач АСУ. На этом интерфейсе реализуется многоточечное

подключение, то есть к одному компьютеру можно одновременно подключать несколько устройств с аналогичным каналом параллельно (шинная архитектура). Этот интерфейс всегда имеет полную гальваническую развязку от схемы устройства.

1.2.13.4 Наличие и тип дополнительного интерфейса зависит от конструктивного исполнения устройства.

1.2.13.5 Устройство поддерживает протокол связи Modbus RTU.

1.2.13.6 При задании настроек линии связи уставками необходимо дополнительно ввести параметры протокола Modbus, позволяющие настроить устройство на работу с различными вариантами передачи данных. Этими параметрами являются адрес устройства в локальной сети, скорость передачи данных, наличие и вид проверки данных на четность, а также количество стоповых бит.

1.2.13.7 Все интерфейсы связи позволяют выполнять все доступные операции, могут работать одновременно, в том числе на разных скоростях передачи.

1.2.13.8 Линию связи с интерфейсом RS485 рекомендуется согласовывать на концах, подключая встроенные согласующие резисторы на крайних устройствах. Подключение осуществляется с помощью замыкания контактов 3 и 4 клеммника X3.2 (а также X3.3 для варианта исполнения «И1»).

1.2.13.9 Монтаж ЛС с интерфейсом RS485 рекомендуется производить с помощью витой экранированной пары, соблюдая полярность подключения проводов.

1.2.13.10 Монтаж линии связи с интерфейсом Ethernet производится с помощью стандартных кабелей типа UTP или FTP с разъемами RJ45.

1.3 Состав изделия

1.3.1 В устройство входят следующие основные узлы:

- модуль контроллера;
- модуль клавиатуры и индикации;
- модуль питания;
- модуль выходных реле и оптронных входов;
- модуль дополнительных оптронных входов;
- модуль входных развязывающих трансформаторов тока;
- модуль входных развязывающих трансформаторов напряжения;
- объединительная кросс-плата.

1.3.2 Конструкция изделия

1.3.2.1 Конструктивно устройство выполнено в виде моноблока, содержащего функциональные модули, на передней панели которого расположены органы индикации и управления устройством, а на задней — клеммные соединители для подключения внешних цепей. Структурная схема устройства изображена на рисунке 1.1.

1.3.2.2 В блоке расположены модули, в состав которых входят печатная плата и другие необходимые элементы. Модули объединены между собой с помощью печатной кросс-платы. Внешние сигналы всех модулей (кроме модуля клавиатуры и индикации) выведены на заднюю панель блока и подключены к клеммам. Клеммы выполнены разъемными (целой группой), что позволяет при необходимости оперативно заменить устройство, не нарушая монтаж подводящих проводов.

1.3.2.3 На передней панели устройства установлены:

- ЖКИ, содержащий четыре строки по 20 знакомест, с управляемой подсветкой и регулируемой контрастностью;
- кнопки клавиатуры управления (шесть кнопок управления диалогом «человек-машина» и кнопка сброса сигнализации);
- светодиоды индикации (с фиксированным назначением и программируемые пользователем).

1.3.3 Модули входных трансформаторов тока и напряжения

1.3.3.1 Модуль трансформаторов тока содержит четыре одинаковых трансформатора тока – три по каждой фазе и один трансформатор для подключения к ТТНП параллельной линии $3I_0'$.

При отсутствии измерительного трансформатора тока в фазе В на присоединении (как правило, для линий класса напряжений 6–35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью) соответствующие входные клеммы устройства оставляют свободными, а уставку «ТТ фазы В» задают «Откл».

1.3.3.2 Модуль трансформаторов тока изготавливается в двух типоразмерах по вторичному току – для подключения к первичным ТТ с номинальным вторичным током 1 А и с номинальным вторичным током 5 А. При этом вход для подключения тока $3I_0'$ параллельной линии всегда выполнен сразу универсальным – для любого варианта исполнения. Для этого на входные клеммы устройства выведены сразу две первичных обмотки входного трансформатора тока – для подключения к ТТ с номинальным вторичным током 5 А (клеммы 7 и 8 разъема X1) и 1 А (клеммы 9 и 10 разъема X1). Ток $3I_0'$ допускается подводить только к одной из них.

1.3.3.3 Модуль трансформаторов напряжения содержит четыре трансформатора напряжения: по одному для подключения трех фазных напряжений и дополнительный – для подведения любого сигнала напряжения в диапазоне до 100 В, которое необходимо измерять или записывать в осциллограмму.

Напряжение U_0 , необходимое при определении вида КЗ в сетях с изолированной нейтралью, рассчитывается на основании измерения трех фазных напряжений.

1.3.3.4 Промежуточные трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку и предварительное масштабирование входных сигналов. Первичные обмотки трансформаторов обеспечивают заданную термическую стойкость при кратковременных перегрузках по входным сигналам.

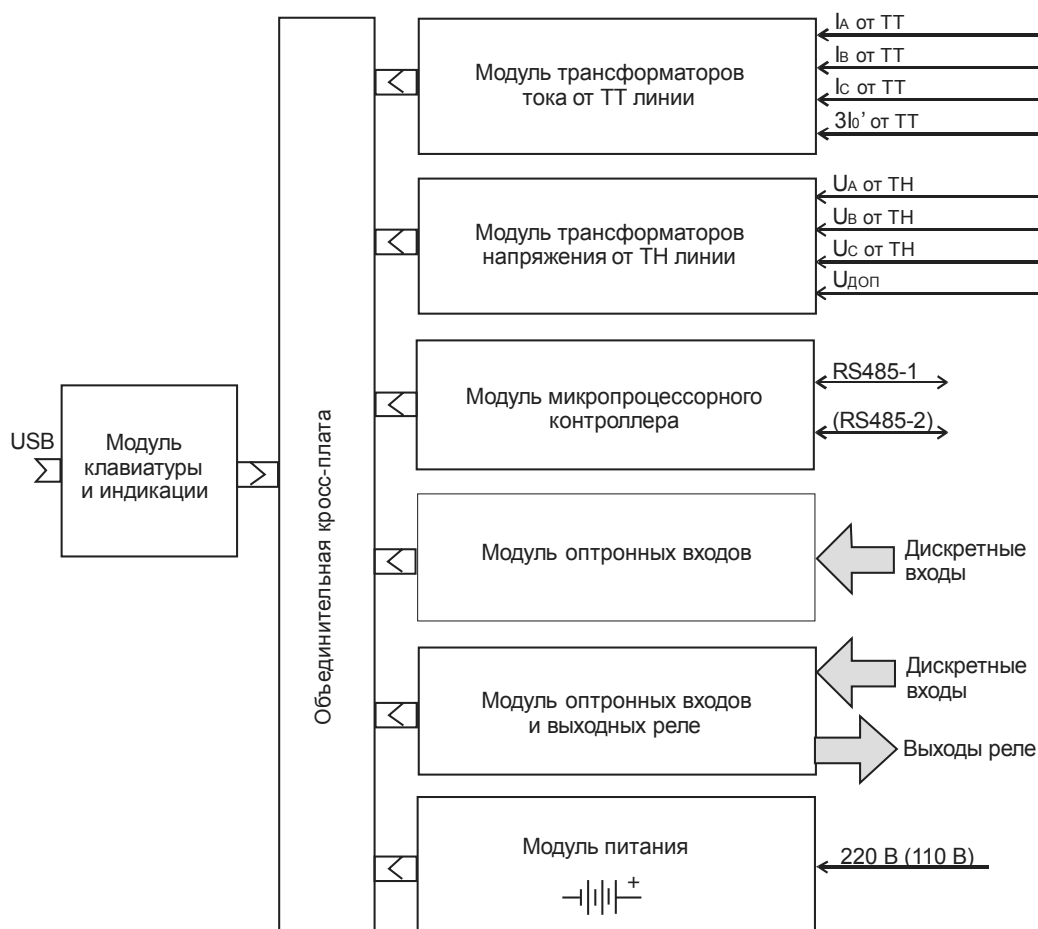


Рисунок 1.1 – Структурная схема устройства

1.3.4 Модуль контроллера

1.3.4.1 Модуль микропроцессорного контроллера, кроме собственно 32-разрядного микропроцессора, содержит 4 Мбайт ПЗУ, 16 Мбайт сохраняемого ОЗУ, сторожевой таймер, часы-календарь, схему резервного питания памяти и календаря, энергонезависимую память уставок, интерфейс шины расширения и 14-разрядный 8-канальный АЦП. Главный процессор также содержит три последовательных канала связи – USB, RS485 и третий интерфейс в зависимости от исполнения. Там же расположен вход синхронизации времени.

1.3.4.2 Модуль контроллера выполняет следующие функции:

- прием сигналов от трансформаторов тока (4 канала);
- прием сигналов от трансформаторов напряжения (4 канала);
- аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов;
- фильтрация аналоговых сигналов, подавление высокочастотных составляющих, начиная со второй гармоники;
- восстановление тока фазы В при ее отсутствии (при условии задания уставкой);
- расчет действующих значений первой гармонической составляющей входных сигналов;
- расчет действующего значения токов и напряжений нулевой, прямой и обратной последовательностей;
- сравнение рассчитанных значений токов с уставками;
- определение вида повреждения;
- расчет расстояния до места короткого замыкания;
- отработка выдержек времени;
- выдача сигналов на соответствующие реле;
- опрос всех дискретных сигналов;

- обслуживание ФЛС устройства;
- управление светодиодами индикации;
- опрос состояния кнопок;
- обслуживание каналов связи;
- вывод информации на дисплей;
- постоянная самодиагностика модуля.

1.3.5 Модули оптронных входов

1.3.5.1 Модули оптронных входов обеспечивают:

- гальваническую развязку входных дискретных сигналов от электронной схемы устройства;
- высокую помехоустойчивость функционирования за счет высокого порога срабатывания.

1.3.5.2 Устройство комплектуется модулями входных дискретных сигналов одной из двух модификаций (в зависимости от конструктивного исполнения устройства) – на напряжение 220 В постоянного/переменного тока или на напряжение 110 В постоянного тока.

1.3.6 Модуль выходных реле

1.3.6.1 Выходные реле, примененные в устройстве, обеспечивают гальваническую развязку электронной схемы устройства с коммутируемыми цепями и обладают высокой коммутирующей способностью. Каждое реле имеет одну или две пары контактов, выведенных на выходные клеммы. В схеме предусмотрена блокировка от случайных срабатываний выходных реле при сбоях процессора.

1.3.6.2 Напряжение питания выходных реле составляет 12 В постоянного тока.

1.3.6.3 В устройстве применен комбинированный модуль ввода-вывода с 4-мя выходными реле и 5-тью оптронными входами.

1.3.7 Модуль питания

1.3.7.1 Модуль питания преобразует первичное напряжение оперативного питания (переменное, постоянное или выпрямленное) во вторичные выходные стабилизированные напряжения постоянного тока +5 В и +12 В.

1.3.7.2 Устройство комплектуется модулем питания одной из двух модификаций (в зависимости от исполнения) – на напряжение 220 В постоянного/переменного тока или на напряжение 110 В постоянного тока. Требуемую модификацию следует оговаривать при заказе устройства.

1.3.7.3 На модуле питания расположен отсек элемента питания, обеспечивающего сохранение памяти и хода часов при отсутствии оперативного питания.

1.3.8 Модуль клавиатуры и индикации

1.3.8.1 Модуль клавиатуры и индикации позволяет опрашивать состояние кнопок, выводить информацию на ЖКИ в буквенно-цифровом виде, а также управлять его подсветкой.

1.3.8.2 Режимы работы устройства задаются с клавиатуры, содержащей 6 кнопок для диалога («Выход», «←», «→», «↑», «↓», «Ввод») и кнопку «Сброс» для сброса сигнализации.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Основные принципы функционирования

1.4.1.1 Устройство всегда находится в режиме слежения за всеми подводимыми токами и напряжениями $I_A, I_B, I_C, 3I_0', U_A, U_B, U_C, U_{доп}$, а также симметричными составляющими токов и напряжений. При отсутствии трансформатора тока в фазе В ток фазы В рассчитывается по формуле (1).

1.4.1.2 С помощью АЦП одновременно замеряются мгновенные значения всех токов и напряжений. Далее происходит цифровая обработка сигналов с выделением промышленной частоты 50 Гц.

1.4.1.3 Для сравнения с уставками используются действующие значения симметричных составляющих токов I_0, I_1 и I_2 и их приращения (при включении соответствующей уставки).

Значения расчетных величин вычисляются каждые 5 мс и сравниваются с уставками, введенными в устройство при настройке его на конкретное применение.

1.4.1.4 В случае превышения хотя бы одним из значений токов уставок пусковых органов осциллограмма всех входных сигналов начинает фиксироваться в памяти устройства, включая доаварийный режим.

Также включается один или несколько светодиодов группы «Пуск» и происходит автоматическое уменьшение значения уставки на 5% для исключения дребезга и обеспечения коэффициента возврата порядка 0,95. При токе менее 2 А (для исполнения по току ТТ 5 А или 0,4 А – для исполнения 1 А) коэффициент возврата уменьшается до 0,92.

Пусковыми условиями устройства по токам и их приращениям являются следующие симметричные составляющие:

- Прямая;
- Обратная;
- Нулевая (для линий с изолированной нейтралью напряжением 6–35 кВ это условие работает только при включенной уставке «ТТ фазы В» и служит для запуска устройства при двойных замыканиях на землю на разных линиях).

Все условия работают по «ИЛИ», то есть выполнение хотя бы одного из этих условий является запуском записи осциллограммы в память и инициализацией цикла ОМП.

При включенной уставке «Пуск по приращениям» пусковыми условиями также являются и приращения токов симметричных составляющих (в частности, токи симметричных составляющих разрешающих работу по соответствующим приращениям).

Также, в пусковые органы входит наличие сигнала на любом из дискретных входов, выбранных в качестве пусковых органов осциллографа соответствующими уставками, а также органы по напряжению.

1.4.1.5 После пропадания условий запуска в осциллограмму записывается послеаварийный участок заданной длительности и начинается ее обработка.

1.4.1.6 При наличии КЗ перед выполнением функции ОМП сначала определяются временные параметры аварии. В частности, рассчитывается время существования короткого замыкания по продолжительности работы пусковых органов. В случае если время от предыдущей аварии составляет менее 100 с, то такая авария считается вызванной срабатыванием АПВ выключателя линии. При этом фиксируется время бестоковой паузы АПВ. При разности времени между авариями более 100 с такие осциллограммы считаются не связанными между собой циклом АПВ и время цикла АПВ не фиксируется.

1.4.1.7 Далее обрабатывается осциллограмма и, в случае задания уставки «Выбор участка» – «Адаптив.», определяется временной участок на ней с примерно одинаковыми характеристиками. По этому участку рассчитывается векторная диаграмма токов и напряжений.

В случае задания уставки «Выбор участка» – «Тотстройки» необходимое место осциллограммы для расчета ВД берется через интервал времени *Тотстройки* от момента выполнения пусковых условий.

1.4.1.8 На основе векторов токов и напряжений определяется вид короткого замыкания.

1.4.1.9 По известному виду повреждения и классу напряжения линии на основе параметров линии производится собственно расчет места повреждения от точки установки устройства. Результат выводится в километрах.

1.4.1.10 Помимо расчетных выводов о месте повреждения устройство формирует данные, необходимые для двухстороннего расчета ($3I_0$, $3U_0$, I_2 , U_2).

Эти данные замеряются строго через интервал времени, задаваемый уставкой «Общие» - «Тотстройки» относительно начала аварии, независимо от значения уставки «Выбор участка».

Необходимость синхронизированных по времени данных является обязательным условием при использовании двухсторонних методов ОМП. Именно поэтому все приборы со всех сторон обслуживаемой линии должны быть одинаково отстроены по времени относительно начала аварии.

В случае если значения симметричных составляющих токов $3I_0$ и I_2 превышают свои пусковые уставки более чем в 1,3 раза, то такие данные считаются пригодными для достоверного расчета расстояния до места повреждения.

В противном случае считается, что токи нарастают плавно, поэтому не гарантируется синхронность съема данных по обоим концам линии. При этом на ЖКИ выдается предупредительная надпись «Двухсторонний расчет выполнять – МОЖНО/НЕЛЬЗЯ». Надпись «МОЖНО» выдается на ЖКИ в случае одновременного превышения значения 1,3 обоими значениями токов симметричных составляющих – $3I_0$ и I_2 .

1.4.1.11 На рисунке 1.2 (а) изображена ситуация с резким фронтом начала короткого замыкания, при этом зафиксированное значение тока (например, нулевой последовательности) превышает уставку более чем в 1,3 раза. В этом случае на ЖКИ будет написано «Двухсторонний расчет выполнять МОЖНО».

На рисунке 1.2 (б) приведен пример начала КЗ с плавным фронтом, например, при горении сухого дерева. При этом ток нарастает плавно и его зафиксированное через время Тотстройки значение менее 1,3 от значения уставки. В этой ситуации не гарантируется одновременность съема данных на обоих концах линии, поэтому устройство выведет на ЖКИ информацию «Двухсторонний расчет выполнять НЕЛЬЗЯ».

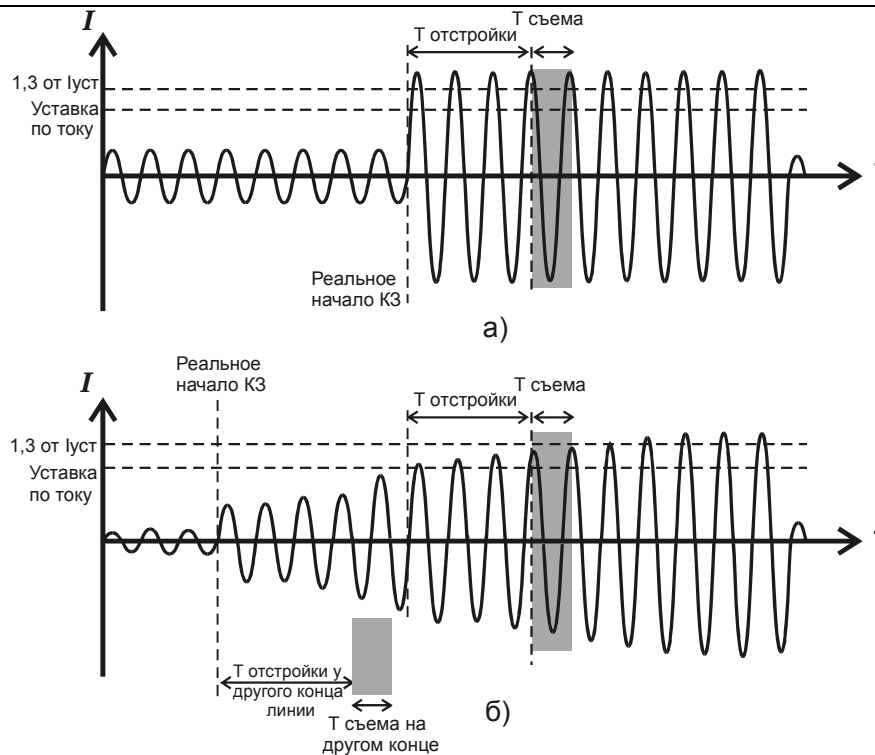


Рисунок 1.2 – Пояснение принципа индикации достоверности данных для двухстороннего расчета

1.4.2 Самодиагностика устройства и контроль подводимых величин

1.4.2.1 Устройство способно диагностировать свои программно доступные узлы: центральный процессор, процессор цифровой обработки сигналов (DSP), ПЗУ, ОЗУ, энергонезависимую память уставок и АЦП. Диагностика осуществляется разово (при запуске устройства по включению питания) и постоянно в фоновом режиме (в процессе функционирования).

При включении питания происходит полная проверка программно доступных узлов устройства, включая сам процессор, ПЗУ, ОЗУ, энергонезависимую память уставок, входные и выходные дискретные порты, а также АЦП. В случае обнаружения отказов, а также при отсутствии оперативного питания выдается сигнал нормально замкнутыми контактами реле «Отказ», и устройство блокируется.

1.4.2.2 Кроме того, имеется механизм перезапуска устройства при каких-либо сбоях. В случаях обнаружения отказов или при отсутствии питания контакты реле «Отказ» переключаются в нормально-замкнутое положение, сигнализируя об этом. При этом выходные реле устройства блокируются.

1.4.2.3 В устройстве предусмотрена возможность (режим «Контроль») просмотра подводимых величин токов и напряжений, а также состояния дискретных входов в режиме реального времени в двух представлениях:

- значения на входе измерительных клемм устройства (вторичные значения токов и напряжений);
- значения на входе первичных измерительных трансформаторов тока и напряжения (первичные значения).

Имеется возможность фиксации подводимых величин (векторной диаграммы токов и напряжений) на определенный момент времени. Для этого необходимо перейти в пункт меню «Контроль» - «Векторн. диаграмма», где эти величины будут представлены в векторной форме на момент нажатия кнопки «Ввод».

1.4.3 Входные аналоговые сигналы

1.4.3.1 Клеммы « I_A », « I_B » и « I_C » предназначены для подключения вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока линии. Обмотки обязательно должны быть правильно сфазированы. Клеммы начала обмоток помечены знаком «*». При отсутствии ТТ в фазе В входные клеммы остаются свободными, а в уставках конфигурации задается «ТТ фазы В» – «НЕТ». В этом случае значение тока в фазе В рассчитывается по формуле (1).

1.4.3.2 Для подвода тока $3I_0'$ параллельной линии для увеличения точности расчета расстояния при однофазных замыканиях на землю предназначены клеммы « $3I_0$ ». При подключении необходимо соблюдать полярность подключения ТТНП параллельной линии к входным клеммам устройства, а также подключать ток к клеммам с соответствующим номинальным током (1 или 5 А).

1.4.3.3 Клеммы « U_A », « U_B » и « U_C » предназначены для подключения вторичных обмоток измерительных трансформаторов напряжения.

1.4.3.4 Клеммы « $U_{дог}$ » предназначены для измерения любого напряжения, в том числе $3U_0$, а также для реализации записи этого сигнала в аварийную осциллограмму.

1.4.4 Входные дискретные сигналы

1.4.4.1 Для обеспечения работы устройства в селективном режиме необходимо на клеммы «Вход РПО» (Х5.1:17, Х5.1:18) подвести сигнал РПО выключателя («Уставки» - «Набор» - «Общие» - «Контакт выкл-ля» - «НР») или РПВ выключателя («Уставки» - «Набор» - «Общие» - «Контакт выкл-ля» - «НЗ»). Сигнал на этом входе опрашивается в течение 1 с после пропадания условий запуска.

При неселективных режимах сигнал на «Входе РПО» пишется в осциллограмму и может дистанционно наблюдаться по ЛС, поэтому к этому входу можно подводить любой требуемый для контроля сигнал.

1.4.4.2 Входы «Вход 1», «Вход 2» являются универсальными и предназначены для записи в осциллограмму. Кроме этого, по этим входам может включаться сигнализация, а также собственно инициироваться процесс записи осциллограммы. Настройка назначения входов обеспечивается соответствующими уставками в группе «Уставки» - «Набор» - «Дискретные входы».

1.4.4.3 Вход «Сброс сигнализации» используется для дистанционного сброса всех реле и светодиодов сигнализации устройства, например, от внешней кнопки или по телеуправлению.

1.4.4.4 Входы дополнительного модуля дискретного ввода «Доп. вход 1»...«Доп. вход 16» предназначены для записи их в осциллограмму. Также возможен пуск записи осциллограммы по изменению состояния сигнала на этих входах.

1.4.5 Выходные реле

1.4.5.1 Реле «Отказ» контролирует работоспособность самого устройства. Его нормально замкнутые контакты размыкаются при срабатывании реле в случае наличия оперативного питания после успешной самодиагностики. Реле предназначено для работы на аварийно-предупредительную сигнализацию подстанции. По данному выходу рекомендуется устанавливать дополнительный внешний блинкер.

1.4.5.2 Реле «Сигнализация» срабатывает при записи новой аварии, с учетом режима работы сигнализации. Также на него можно вывести два программируемых дискретных входа с необходимой задержкой. Кроме этого, на это реле можно вывести срабатывание различных органов как по току, так и по напряжению («Уставки» - «Набор» - «Сигнализация»).

Данное реле может программироваться как для работы в непрерывном режиме, до сброса его кнопкой «Сброс», так и в импульсном режиме с задаваемой от 1 до 20 с длительностью сработавшего состояния. При этом при появлении новой неисправности реле сработает вновь. Это удобно для предотвращения блокировки системы центральной сигнализации постоянно «висящим» сигналом.

1.4.5.3 Специальные программируемые реле «Реле 1» и «Реле 2» имеют возможность программно подключаться к точкам ФЛС устройства. Дополнительно возможно введение заданной временной задержки на срабатывание, на возврат, а также три режима работы реле – следящий, импульсный длительностью 1 с, и с фиксацией до прихода сигнала «Сброс» (от кнопки, по дискретному входу «Сброс» или по ЛС).

1.5 Маркировка и пломбирование

1.5.1 На корпусе устройства имеется маркировка, содержащая следующие данные:

- товарный знак;
- обозначение («Сириус-2-ОМП»);
- исполнение по напряжению оперативного питания;
- исполнение по интерфейсу ЛС;
- исполнение по дополнительному модулю дискретных входов;
- заводской номер;
- дату изготовления (месяц, год).

1.5.2 Органы управления и индикации устройства, а также клеммы подключения имеют поясняющие надписи.

1.5.3 Конструкцией устройства пломбирование не предусмотрено.

1.6 Упаковка

1.6.1 Упаковка устройства произведена в соответствии с требованиями ТУ 3433-002-54933521-2009 для условий транспортирования, указанных в разделе 5 настоящего РЭ.

1.6.2 Транспортная тара имеет маркировку, выполненную по ГОСТ 14192-96, и содержит манипуляционные знаки.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 **Категорически запрещается** подключение устройства с исполнением по напряжению оперативного питания 110 В постоянного тока к оперативному напряжению 220 В, так как это приводит к выходу устройства из строя.

2.1.2 Климатические условия эксплуатации устройства должны соответствовать требованиям п.1.1.13 настоящего РЭ.

2.2 Подготовка изделия к использованию

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1 При работе с устройством необходимо соблюдать общие требования техники безопасности, распространяющиеся на устройства релейной защиты и автоматики энергосистем.

2.2.1.2 К эксплуатации допускаются лица, изучившие настоящее РЭ и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций.

2.2.1.3 Устройство должно устанавливаться на заземленные металлические конструкции, при этом необходимо обеспечить надежный электрический контакт между панелью и винтами крепления устройства, а также соединить заземляющий болт устройства с контуром заземления медным проводом сечением не менее 2 мм².

2.2.2 Порядок установки

2.2.2.1 Внешний вид устройства приведен на рисунках Г.1–Г.4. Механическая установка устройства на панель производится с помощью 4-х винтов согласно разметке, приведенной на рисунке Г.5.

2.2.2.2 Электрическая схема подключения приведена на рисунке Д.1. Чередование фазных токов обязательно проверяется после построения векторной диаграммы нагрузочного режима, полученной в режиме «Контроль», а также по значению тока I_2 . Токи должны подводиться с прямым чередованием фаз.

Оперативное питание =110 В, =220 В или ≈220 В (в зависимости от исполнения) подключается к контактам «Питание». Полярность подключения питания произвольная.

2.2.2.3 Внешние электрические цепи подключаются при помощи клеммных колодок.

2.2.2.3.1 Измерительные токовые цепи подключаются к клеммной колодке Х1. Клеммная колодка позволяет зажимать одножильный или многожильный провод сечением от 0,33 до 3,3 мм². В случае использования проводов большего сечения необходимо применять Y-образные наконечники.

2.2.2.3.2 Входные, выходные электрические цепи, цепи измерения напряжения, цепи оперативного питания и линии связи подключаются к разъемным клеммным колодкам Х2–Х9. При монтаже необходимо сначала вставить ответную часть в разъем по всей длине, затем, убедившись, что защелкнулись боковые пластмассовые фиксаторы, закрутить два фиксирующих винта. Клеммная колодка позволяет зажимать одножильный или многожильный провод сечением от 0,08 до 3,3 мм².

2.2.2.4 Выходные релейные контакты сигнализации устройства, замыкающиеся при неисправности самого устройства или его срабатывании (клеммы реле «Отказ» и «Сигнализация»), подключаются к центральной сигнализации подстанции и могут быть включены параллельно.

2.2.2.5 В устройстве предусмотрена подстройка контрастности ЖКИ. Если информация отображается нечетко, то необходимо отрегулировать контрастность по методике п.2.7.2.1.

2.2.2.6 В комплект с устройством поставляется сменная батарейка для сохранения памяти и хода часов (параметры срабатываний) при отключении оперативного питания (конфигурация устройства и уставки хранятся в энергонезависимой памяти и не зависят от наличия батарейки). При поставке устройства батарейка уже установлена в батарейный отсек. Перед использованием устройства до подачи оперативного питания необходимо подключить батарейку, для чего:

- отвинтить фиксирующий винт на торце модуля питания с задней стороны устройства и повернуть крышку отсека батарейки;
- извлечь защитную пленку для восстановления контакта батареи питания;
- закрыть крышку и завернуть фиксирующий винт.

Затем подать питание на устройство и убедиться, что символ наличия батарейки на индикаторе на-

ходится в соответствующем состоянии — .

Если ЖКИ отображает отсутствие заряда батарейки, то она либо неправильно установлена (перепутана полярность, либо отсутствует контакт), либо батарейка разряжена и требует замены.

2.2.2.7 Перед вводом в эксплуатацию устанавливаются (проверяются) значения уставок согласно диалогу, приведенному в Приложении Ж. Работа с уставками выполняется по методике описанной в п.2.5.1.–2.5.2. Также возможно задание уставок с компьютера по одной из ЛС.

2.2.3 После подключения всех цепей и при наличии достаточной нагрузки на контролируемом присоединении (ориентировочно более 0,1 от $I_{НОМ}$) необходимо проверить правильность включения устройства путем снятия параметров нагрузки в режиме «Контроль».

Снятие векторной диаграммы осуществляется в режиме «Контроль» при надписи на ЖКИ «Векторн. диаграмма» кнопкой «Ввод». Считываются значения векторов и строится ВД для определения правильной фазировки цепей. Взаимное расположение векторов должно соответствовать реальному чередованию фаз. Фазовые углы векторов отсчитываются относительно направления вектора U_A . Отставание от вектора U_A индицируется знаком «-».

Целесообразно сделать 2–3 снятия диаграммы и сопоставить результаты с точки зрения их повторяемости.

2.3 Выбор режимов работы и значений уставок

2.3.1 Устройство может использоваться в двух режимах:

- селективный;
- неселективный.

При выборе режима работы следует учитывать, что для реализации режима селективного срабатывания требуется подключение внешнего сигнала (как правило, от блок-контакта выключателя линии) к дискретному входу «Вход РПО», замыкание которого, длительное или кратковременное, должно происходить не позднее 1 с после срабатывания устройства (отпускания пусковых органов). Имеется возможность задания требуемого вида имеющегося контакта – НР или НЗ («Уставки» - «Набор» - «Общие» - «Контакт выкл-ля»). Если замыкания внешнего контакта не произошло, то КЗ не зафиксируется в памяти, и устройство вновь перейдет в режим слежения.

Селективный режим обычно применяют на необслуживаемых подстанциях, чтобы не вызывать оперативный персонал на подстанцию при срабатывании устройства на внешние КЗ (на смежном участке обслуживаемой линии).

Режим неселективного срабатывания реализуется вводом соответствующей уставки и не требует подведения внешних сигналов. Данный режим может использоваться на подстанциях с постоянным дежурным персоналом для получения информации обо всех КЗ, включая внешние, а также «за спиной», на которые реагирует пусковой орган устройства.

2.3.2 Для обеспечения функционирования устройства должны быть предварительно определены и введены уставки согласно настоящего РЭ.

2.3.3 Конфигурацию линии рекомендуется задавать следующим образом: линия разбивается на отдельные однородные участки, на протяжении которых не должно быть ответвлений, начала или окончания участка с взаимной индукцией, а также резких скачков удельных характеристик. Максимальное число участков — 9, минимальное — 1. Для уменьшения объема вводимых данных при использовании одного или нескольких участков (меньше 9) следует задать нулевую длину следующего за последним из используемых участков. Тогда предыдущий участок с ненулевой длиной считается последним, а все последующие участки, начиная с участка с нулевой длиной, игнорируются.

Параметры ответвлений относятся к участку, в конце которого находится ответвление.

2.3.4 В случае наличия нескольких параллельных линий следует учитывать только одну, с самым большим расчетным произведением $X_{муд} \times 3I_0' \times L_{взаим}$ ($L_{взаим}$ — общая длина параллельных участков линий). Такой обычно является линия, подвешенная на тех же опорах, что и контролируемая. При этом также к устройству необходимо подвести от нее ток нулевой последовательности $3I_0'$. Параметры номинального значения трансформатора тока у параллельной линии могут не совпадать с основной линией и задаются отдельной уставкой («Уставки» - «Набор» - «Общие» - « $I_{мном}$, А»).

2.3.5 В случае определения КЗ «за спиной» устройство выводит на ЖКИ расстояние со знаком «минус». Это позволяет правильно оценить направление, в котором произошло КЗ. При этом параметры линии считаются равными заданным для первого участка линии.

2.3.6 Для возможности подведения тока $3I_0'$ параллельной линии, у которой другой коэффициент трансформации трансформаторов тока, имеется возможность ввода необходимого значения с помощью уставки $I_{мном}$. Кроме этого, независимо от типоразмера устройства по номинальному току ТТ, имеется дополнительная первичная обмотка встроенного в устройство трансформатора тока в случае другого номинального тока первичного ТТ, установленного на параллельной линии — 1 или 5 А.

Ток $3I_0'$ параллельной линии следует подводить только к одной из первичных обмоток встроенного ТТНП, оставляя клеммы второй обмотки свободными.

2.3.7 При использовании устройства для контроля также и смежной линии (за удаленной подстанцией), необходимо ввести ее параметры как следующий участок (может быть, и не один). Если на этой подстанции есть трансформатор с заземленной нейтралью, то следует задать его параметры в качестве ответвления, тогда расчет на смежном участке будет выполняться точнее. Естественно, точность замера обеспечивается лишь в том случае, если к промежуточной подстанции не подходят другие линии с подпиткой по току нулевой последовательности.

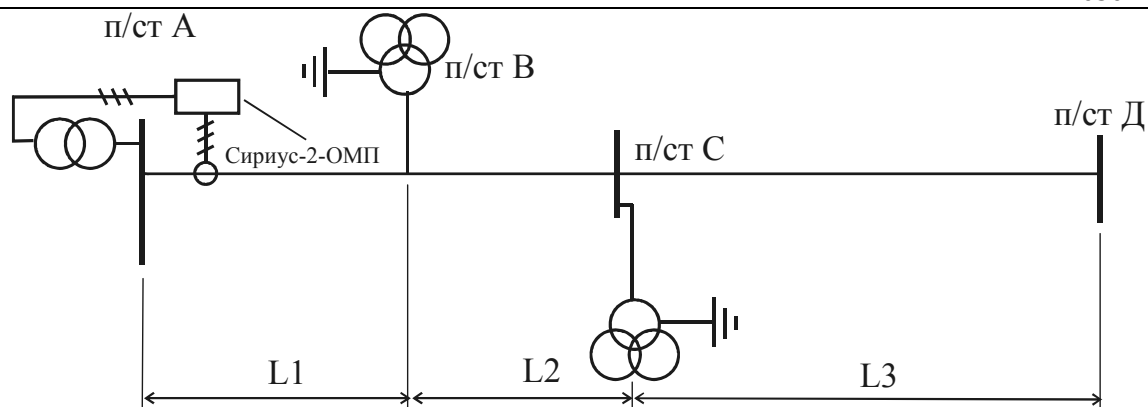


Рисунок 2.1 – Пример учета участка линии за промежуточной подстанцией

2.3.8 В случае выхода расчетного расстояния за пределы длины линии расчет будет проводиться с параметрами линии, заданными для последнего участка. Рекомендуется для транзитных линий дополнительно вводить «запасной» участок за удаленной подстанцией протяженностью 30—50% от длины линии с усредненными параметрами отходящих линий (для компенсации возможной ошибки идентификации вида повреждения).

2.3.9 Ответвление от параллельной линии учитывается только если обе линии отходят от одних сборных шин напряжения и имеют примерно одинаковые удельные параметры, особенно по нулевой последовательности.

2.3.10 Пример описания линии для ввода ее параметров в уставки прибора приведен ниже:

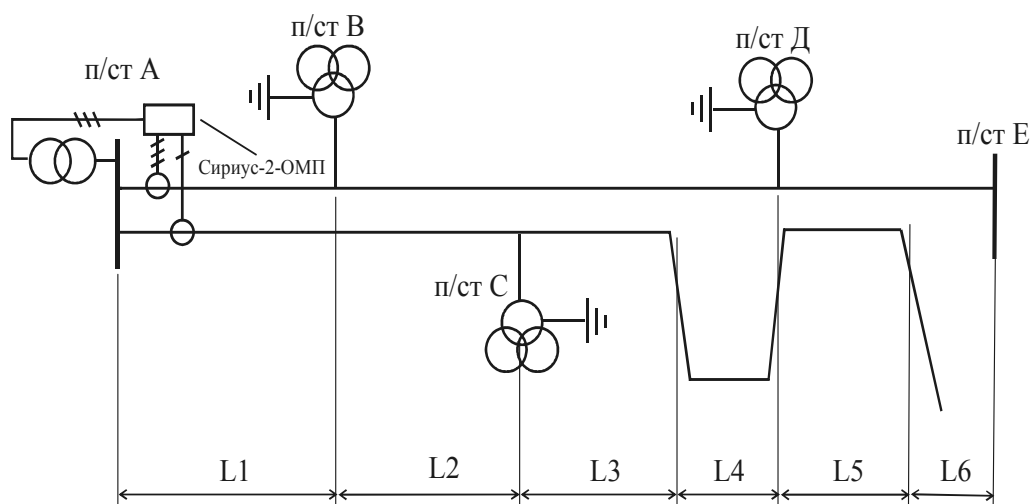


Рисунок 2.2 – Пример описания линии при вводе ее параметров по участкам

Таблица 7 – Пример описания линии при вводе ее параметров по участкам

Номер участка Уставка	1	2	3	4	5	6	7	8, 9
Длина участка, км	12,3	20,5	6,0	15,2	10,5	8,2	0,0	40,0
$R_{1\text{уд}}$, Ом/км	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,1	0,6
$X_{1\text{уд}}$, Ом/км	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,3	0,8
$R_{0\text{уд}}$, Ом/км	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,5	0,9
$X_{0\text{уд}}$, Ом/км	1,304	1,304	1,304	1,304	1,304	1,304	1,9	1,5
$X_{\text{муд}}$, Ом/км	0,905	0,905	0,905	0,0	0,880	0,0	0,0	0,0
Хотв, Ом	30,6	0,0	0,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Хмотв, Ом	0,0	39,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ютв.нагр., А	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечания: 1. Для участков 7—9 могут быть введены любые значения уставок, все равно они будут все проигнорированы, так как $L(7) = 0$.

2. На участке 4 взаимоиנדукция не будет учитываться (т.к. $X_{\text{муд}}(4) = 0$), а на участке 5 будет учтено новое схождение параллельных трасс.

2.3.11 В случае, если линия имеет взаимоиндукцию, обусловленную заходом этой линии на подстанцию В (рис. 2.3), рекомендуется разбить ее на 4 участка. Параметры участков L1 и L4 задаются своими реально существующими величинами. Параметры участков L2 и L3 задаются в схеме прямой последовательности величинами $R_{1уд}$ и $X_{1уд}$, а в схеме нулевой последовательности — величинами $R_{0уд}$ и $(X_{0уд} - X_{муд})$. Взаимная индукция на этих участках не задается. В случае наличия на промежуточной подстанции трансформатора с заземленной нейтралью следует учесть его как ответвление после участка L2 с сопротивлением $(Хотв + X_{муд} \times L)$ ($L=L2=L3$). При таком задании уставок место КЗ на участках L2 и L3 будет определяться с небольшой погрешностью, но на участках L1 и L4 — без погрешности.

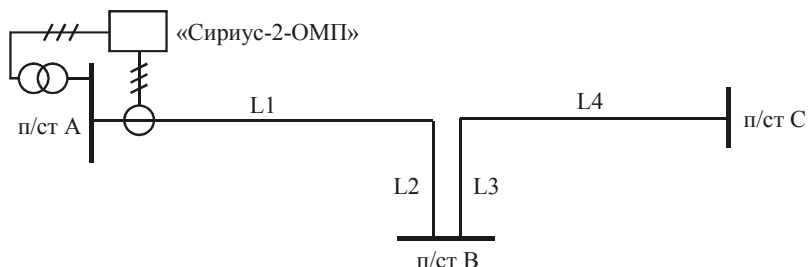


Рисунок 2.3 – Пример линии с взаимоиндукцией со своей же линией

2.3.12 При наличии ответвлений от линии с трансформатором с заземленной нейтралью следует задавать сопротивление ответвления Хотв. В это значение входит реактивное сопротивление трансформатора, а также сопротивление проводов от линии до трансформатора. Реально уставка Хотв должна быть не менее 5 Ом, причем чем меньше это значение, тем больше его влияние на расчет расстояния. Поэтому в случаях сомнения или затруднения в расчетах рекомендуется задавать его максимально большим (400 Ом) или ровно равное нулю, тогда ответвление исключается из расчетов.

2.3.14 Устройство способно определять место повреждения как в пределах контролируемой линии так и вне их. Особенности функционирования приведены в таблице 8.

Знак («+» или «-») перед величиной индицируемого до места повреждения расстояния определяет направление к месту повреждения (прямое или обратное) относительно места подключения устройства к измерительным трансформаторам. Направление (прямое или обратное) определяется полярностью подключения устройства к измерительным трансформаторам. При отображении на ЖКИ знак «+» опускается.

2.3.15 Устройство может быть эффективно применено на проходных подстанциях (например, при установке на секционном выключателе 110–220 кВ). Для этого требуется выставить уставку «Уставки» - «Набор 1» - «Общие» - «ОМП» = «ПРЯМОиОБРАТНО». В этом случае действие дискретного входа «Второй набор уставок» не принимается во внимание и активным становится набор №1. Однако если повреждение находится «за спиной», то расчет ведется по уставкам линии набора №2 («Уставки» - «Набор 2» - «Участки линии»). В этом случае все иные уставки используются из набора №1, при этом в архиве срабатываний в графе «Набор» отображается «К» (комбинированный), а копия уставок на момент срабатывания устройства формируется из уставок линии по участкам набора №2 и остальных уставок из набора №1.

Таблица 8 – Принцип работы устройства с участками линии при различном положении КЗ

Место повреждения	Набор уставок линии	Знак расстояния	Параметры расчетного участка	Действие дискретного входа «Второй набор уставок»	Набор в архиве срабатываний
	«Уставки» → «Набор 1» → «Общие» → «ОМП» = «ПРЯМО»				
«за линией»	Активный	«+»	Последний участок набора	Выбор активного набора уставок	«1» или «2»
«на линии»	Активный	«+»	Поврежденный участок набора		«1» или «2»
«за спиной»	Активный	«-»	Первый участок набора		«1» или «2»
	«Уставки» → «Набор 1» → «Общие» → «ОМП» = «ПРЯМОиОБРАТНО»				
«за линией»	№ 1	«+»	Последний участок набора	Не влияет	«1»
«на линии»	№ 1	«+»	Поврежденный участок набора		«1»
«за спиной»	№ 2	«-»	Поврежденный участок набора		«К»

Примечания:

1. «Активный» набор уставок – определяемый состоянием дискретного входа «2-й набор».
2. Последний участок набора – последний из участков линии, у которого задана ненулевая длина.

2.3.16 Использование устройства в сетях с нестандартным чередованием фаз.

2.3.16.1 Стандартным чередованием фаз считается, когда прямому чередованию фаз соответствует их последовательность А, В, С. Однако имеются энергосистемы, в которых последовательность А, В, С соответствует обратному чередованию фаз.

2.3.16.2 Для того чтобы устройство правильно функционировало в любых сетях следует соблюдать следующие правила подключения цепей тока и напряжения: — фазные напряжения и токи, подведенные к входам «Ua», «Uв», «Uс» и «Ia», «Iв», «Iс» всегда должны соответствовать прямому чередованию фаз.

2.3.16.3 Если в сети стандартное прямое чередование фаз, то сформулированным правилам соответствует подключение фазы А к входу устройства «А» по току и напряжению, фазы В к входу «В», фазы С к входу «С».

2.3.16.4 В сетях с обратным чередованием фаз при подключении необходимо поменять местами провода подводимые к фазам В и С. То есть необходимо подключить ток (напряжение) фазы В к входу «Iс» («Uс»), а ток (напряжение) фазы С – к входу «Iв» («Uв»).

2.3.16.5 По указанному принципу можно обеспечить правильное функционирование устройства в любой сети.

2.3.17 Устройство имеет различные алгоритмы расчета для сетей с различным режимом работы нейтрали. В случае задания уставки «Вид нейтрали» – «Изолированная» в расчетных алгоритмах не реализуются следующие возможности:

- пуск устройства и ОМП при однофазных КЗ на землю (виду малых токов таких замыканий);
- учет взаимоиндукции параллельной линии.

Также следует отметить принципиально разные алгоритмы расчета – с отдельным учетом активной и реактивной составляющих удельного сопротивления линии – для сетей с заземленной нейтралью, и по модулю полного сопротивления линии – для сетей с изолированной нейтралью.

2.3.18 В сетях с изолированной нейтралью устройство определяет трехфазное КЗ («АВС») и три вида междуфазных – соответственно «АВ», «ВС» и «СА». В случае превышения расчетным значением U_0 величины заданной уставки констатируется КЗ, связанное с землей, с заменой индикации на ЖКИ на «АВ0», «ВС0» и «СА0» соответственно. Расчетные алгоритмы расстояния в этом случае не изменяются.

2.3.18 В сетях с изолированной нейтралью устройство определяет трехфазное КЗ («АВС») и три вида междуфазных – соответственно «АВ», «ВС» и «СА». В случае превышения расчетным значением U_0 величины заданной уставки констатируется КЗ, связанное с землей, с заменой индикации на ЖКИ на «АВ0», «ВС0» и «СА0» соответственно. Расчетные алгоритмы расстояния в этом случае не изменяются.

2.3.19 В случае задания уставки «ТТ фазы В» - «Есть» для сетей с изолированной нейтралью автоматически активизируется алгоритм определения двойных замыканий на землю на разных линиях. При этом на ЖКИ выводится один из видов повреждения «АХ0», «ВХ0» или «СХ0».

2.4 Порядок установки

2.4.1 Присоединительные размеры устройства приведены в Приложении Г. Механическая установка устройства на панель может производиться согласно прилагаемым рисункам Приложения Г.

2.4.2 Электрическая схема подключения приведена на рисунке Д.1.

До подключения внешних цепей к устройству необходимо соединить винт заземления устройства с контуром заземления подстанции медным проводом сечением не менее 2 мм².

Оперативное питание 220 В (110 В) подключается к контактам с соответствующей маркировкой. Полярность подключения питания произвольная.

2.4.3 Правильность подключения токовых цепей в обязательном порядке должна быть проконтролирована анализом ВД нагрузочного режима, снятой в режиме «Контроль». Особое внимание следует уделить правильности фазировки тока $3I_0$ параллельной линии ввиду отсутствия действенной системы контроля.

2.4.4 Режим неселективного срабатывания обеспечивается вводом уставки «Уставки» - «Набор» - «Общие» - «Режим» - «Неселект.». При этом никаких внешних сигналов или переключений подводить не требуется.

В селективном режиме напряжение от внешнего замыкающего релейного контакта для записи информации в память и начала расчетов подключается к контактам «Вход РПО». К входным контактам устройства подводится напряжение, равное напряжению питания исполнения устройства. Время ожидания замыкания контакта после окончания условий запуска — 1 с. После этого времени данные о КЗ сбрасываются без фиксации их в памяти устройства.

2.4.5 Выходной релейный контакт сигнализации устройства «Сигнализация», замыкающийся при фиксации нового КЗ в памяти устройства до нажатия кнопки «Сброс», подключается к центральной сигнализации подстанции. Длительность выдачи сигнала может задаваться уставкой «Уставки» - «Набор» - «Сигнализация» - «Длительность», задаваемой от 1 с до 20 с или как непрерывное замыкание (до сброса). При появлении нового КЗ реле вновь сработает и снова выдаст сигнал (кроме непрерывного режима).

2.4.6 Выходной релейный контакт отказа устройства «Отказ», замыкающийся при пропадании оперативного питания или неисправности устройства, также может подключаться к центральной сигнализации подстанции.

2.4.7 Выходной релейный контакт запуска устройства может подключаться для запуска других устройств, фиксирующих аварийные ситуации, для увеличения объема регистрируемой информации.

2.4.8 Разъемы ЛС могут подключаться к локальной сети связи для автоматической передачи данных об аварии на компьютер, включая осциллограмму, а также дистанционного измерения нагрузочного режима линии и смены уставок.

2.5 Подготовка к работе

2.5.1 Перед вводом в эксплуатацию обязательно устанавливаются (проверяются) значения **всех уставок и настроек**.

Некоторые настройки доступны для изменения без ввода пароля – это текущие время и дата, а также контрастность ЖКИ, то есть те уставки, значения которых требуется изменять достаточно часто, в том числе и дежурным персоналом.

Также без ввода пароля можно просматривать имеющиеся в работе значения уставок без их изменения.

После ввода пароля происходит копирование блока действующих уставок в специальный буфер памяти для их редактирования. При этом старые уставки продолжают оставаться в работе.

При правильно введенном пароле надпись в правом верхнем углу ЖКИ значок закрытого замка меняется на значок открытого, сообщая о доступе к изменению уставок. При изменении хотя бы одного значения уставки там же также появляется значок звонка, сообщая о наличии изменения уставок.

Ввод отредактированных (измененных) значений уставок происходит мгновенно, перезаписью единым блоком, после выхода из режима «Уставки» с подтверждением их сохранения – по нажатию кнопки «Ввод» при надписи на ЖКИ «Да». Одновременно происходит перезапись новых значений уставок в энергонезависимую память. После этого значения новых уставок вводятся в работу. В противном случае в работе остаются прежние значения уставок.

2.5.2 Настройка (проверка) уставок выполняется при подключенном питании независимо от подключения остальных цепей. Настройка (проверка) выполняется без измерительных приборов и вспомогательных устройств.

Пароль вводится любом месте диалога при необходимости изменения какой-либо уставки. Для этого требуется нажать на кнопку «Ввод», после чего ввести значение пароля – четыре последних цифры заводского номера устройства.

Для ввода измененных уставок в работу и записи их в энергонезависимую память необходимо при выходе из режима «Уставки» ответить «Да» (нажать кнопку «Ввод») на вопрос «Сохранить уставки?», предварительно нажав кнопки-стрелки для замены появляющейся по умолчанию надписи на ЖКИ «Нет» на надпись «Да». В противном случае в устройстве останутся старые значения уставок.

Значение пароля сбрасывается при выходе в режим индикации текущих токов по фазам (дежурный режим).

По окончании ввода уставок обязательно проверяют введенные значения еще раз для исключения ошибок.

2.5.3 После подключения всех цепей и при наличии достаточной нагрузки на контролируемой линии (более 0,2 от $I_{ном}$) необходимо проверить правильность включения устройства путем снятия параметров нагрузки в режиме «Контроль».

Снятие ВД осуществляется в режиме «Контроль» при надписи на ЖКИ «Векторн. диаграмма» нажатием кнопки «Ввод». При этом устройство производит измерения токов и напряжений, которые сразу же отображаются на ЖКИ в виде значений модулей и углов векторов. Обновить информацию можно, войдя снова в меню «Векторн. диаграмма» и нажав кнопку «Ввод».

Далее снимаются действующие значения и фазы векторов токов и напряжений и строится ВД для подтверждения правильности сборки цепей. Фазы векторов токов и напряжений всегда индицируются относительно вектора напряжения U_A . Отставание от вектора U_A (поворот по часовой стрелке) индицируется знаком «-». Полученную диаграмму обязательно сравнивают с показаниями других приборов, установленных на линии, для проверки всех значений и их фазовых соотношений. Типичный вид векторной диаграммы нагрузочного режима представлен на рисунке 3.3.

Целесообразно сделать просмотр ВД 2—3 раза и сопоставить результаты с точки зрения их повторяемости.

2.6 Порядок работы

2.6.1 В дежурном режиме работающее устройство должно отображать токи нагрузки по все трем фазам **в первичных амперах**. Подсветка ЖКИ может быть включена или отключена, в зависимости от одноименной уставки (в подменю «Настройки»).

При запуске осциллографа устройства включается один или сразу несколько из светодиодов группы «Пуск». После фиксации осциллограммы и, в случае КЗ, проведения всех расчетов устройство выводит на ЖКИ вид КЗ, расстояние до него (в км), дату и время возникновения аварии. При этом включаются светодиоды «Новая осциллограмма» и «Новое КЗ» и замыкаются контакты реле «Сигнализация». Устройство при этом вновь находится в режиме слежения, хотя на индикаторе продолжает отображаться зафиксированная информация о КЗ.

При наступлении пусковых условий включается один или несколько светодиодов группы «Пуск» и начинается процесс записи аварийной осциллограммы в память. По окончании процесса осциллографирования загорается светодиод «Новая осциллограмма». Далее производится анализ осциллограммы, после завершения которого загорается светодиод «Новое КЗ» (при его выявлении), а на ЖКИ выводятся данные об аварии.

При последующем КЗ устройство зафиксирует его и выведет на ЖКИ новое значение расстояния. Таким образом, при наличии АПВ линии, может быть зафиксировано до трех результатов измерений, что существенно повышает достоверность результатов.

Результат последнего зафиксированного КЗ будет выводиться на ЖКИ до нажатия любой кнопки клавиатуры. Реле «Сигнализация» и светодиоды «Новое КЗ» и «Новая осциллограмма» сбрасываются только по кнопке «Сброс».

2.6.2 Устройство имеет два режима просмотра информации:

а) Первое считывание информации о новом КЗ.

б) Считывание любой информации о любом ранее записанном КЗ, включая последнее.

Отличия этих режимов заключаются в том, что в первом случае при нажатии любой кнопки на ЖКИ выводится дата и время последней аварии и кнопками «↑» и «↓» сразу можно просматривать результаты КЗ, тогда как во втором случае надо пройти по всему диалогу и выбрать нужное КЗ.

При считывании результатов аварийного режима кнопкой «↓» на ЖКИ последовательно выводятся следующие параметры:

- вид КЗ, расстояние до КЗ (в км), а также дата и время возникновения аварии, набор уставок;
- токи и напряжения нулевой последовательности для двустороннего расчета расстояния, снятые в момент времени, отстоящий на время Тотстройки от начала аварийного процесса (момента пуска);
- суммарный и разностные токи нулевой последовательности контролируемой и параллельной линий;
- ток и напряжение прямой последовательности;
- токи и напряжения обратной последовательности для двустороннего расчета расстояния, снятые в момент времени, отстоящий на время Тотстройки от начала аварийного процесса (момента пуска);
- ток и длительность короткого замыкания;
- длительность бестоковой паузы при неуспешном АПВ;
- расчетный и измеренный характеристические углы линии;
- модули и фазовые углы векторов входных токов и напряжений (автоматически выбранного участка аварии или жестко заданного уставкой);
- векторная диаграмма доаварийного (нагрузочного) режима;
- предложение о проведении перерасчета короткого замыкания по той же осциллограмме, но с измененными значениями уставок.

При нажатии кнопки «←» считывание происходит в обратном порядке. Для вывода устройства в дежурный режим после считывания информации необходимо нажимать кнопку «Выход» до появления на ЖКИ индикации фазных токов. В любом случае устройство всегда находится в режиме слежения.

2.6.3 Структура диалога «человек-машина» приведена на рисунке Ж.1.

2.6.4 В случае нечеткого определения вида КЗ встроенным алгоритмом устройства на ЖКИ рядом с видом повреждения будет отображен знак вопроса. Аналогично будет индцироваться вид КЗ и при отсутствии в записанной осциллограмме стабильного участка сигналов. В этих случаях отображаемое на ЖКИ расстояние может являться не достоверным.

2.6.5 Информация о характеристическом угле линии и измеренном реальном угле позволяет судить о наличии переходного сопротивления в месте КЗ. Если углы примерно равны, то переходное сопротивление минимально, а КЗ является металлическим. Как правило, точность определения места повреждения таких КЗ является всегда более высокой. Если же измеренный угол существенно меньше расчетного, рассчитываемого на основе уставок удельных сопротивлений линии, то это говорит о наличии переходного сопротивления в месте КЗ и возможном увеличении погрешности ОМП. Данная информации позволяет как облегчить поиск непосредственно места замыкания, зная характер повреждения (металлическое или нет), так и соответственно скорректировать зону обхода оперативно-выездной бригады для поиска повреждения.

Данная информация более актуальна для линий электропередачи напряжением 6–35 кВ.

2.7 Использование изделия

2.7.1 В режиме слежения на работающем устройстве на ЖКИ отображается ток нагрузки и текущее время, говорящие о режиме слежения за линией. В нормальном режиме должны быть погашены все сигнальные светодиоды, кроме светодиода «Питание».

При пуске устройства загорается соответствующий светодиод(ы) из группы «Пуск» на время существования пусковых условий, после чего на ЖКИ выводится информация о виде повреждения и расстоянии до места короткого замыкания.

В случае срабатывания устройства дежурному персоналу необходимо переписать в оперативный журнал всю информацию о данном срабатывании, имеющуюся в памяти коротких замыканий.

2.7.2 Работа с диалогом

2.7.2.1 В устройстве предусмотрена подстройка контрастности ЖКИ. Для входа в режим изменения контрастности ЖКИ необходимо в дежурном режиме нажать одновременно кнопки «→» и «←» и далее, этими же кнопками, отрегулировать оптимальное значение. Для сохранения в памяти данной настройки надо нажать кнопку «Ввод».

2.7.2.2 Структура диалога устройства изображена на рисунке Ж.1. Верхний уровень состоит из следующих пунктов меню (режимов): «Срабатывания», «Контроль», «Настройки» и «Уставки».

Циклический перебор пунктов меню одного уровня производится нажатием кнопок «↑» и «↓». Переход на нижестоящий уровень диалога производится при нажатии кнопки «Ввод». Выход на вышестоящий уровень осуществляется кнопкой «Выход».

При подаче команды сброса сигнализации устройства при нажатии кнопки «Сброс», происходит автоматический выход на самый верхний уровень диалога – дежурный режим или отображение внешних неисправностей.

Независимо от того, в каком из указанных выше пунктов меню находится устройство, все функции слежения полностью сохраняются.

До выбора кнопкой верхнего уровня меню устройство находится в дежурном режиме. При этом на ЖКИ выводятся текущие время и дата, а также значение фазных токов в первичных значениях.

2.7.2.3 В большинстве режимов верхняя строчка ЖКИ используется как статусная строка, где отображаются специальные символы и подсказка в каком месте меню находится пользователь.

В статусной строке предусмотрены следующие символы:



– сигнализирует степень заряда сменной батарейки: полную и, соответственно, батарея разряжена или отсутствует;



– символ появляется, в случае если после ввода пароля были изменены значения каких-либо уставок или настроек. Символ исчезает после сохранения уставок.



– сигнализирует, что редактирование уставок и настроек запрещено, так как не введен пароль. Исчезает после ввода пароля.



– заменяет предыдущий символ в случае, если редактирование уставок и настроек разрешено после ввода пароля.

2.7.2.4 Если в течение 5 минут не производилось нажатие кнопок управления диалогом, то независимо от того, в каком режиме находится устройство, происходит автоматический выход на верхний уровень диалога – дежурный режим или отображение внешних неисправностей.

2.7.2.5 Исключение составляет режим, в который устройство переходит при срабатывании функции ОМП – отображение информации о новом КЗ. В данном режиме надпись сохраняется до тех пор, даже после пропадания оперативного питания устройства, пока не будет нажата любая кнопка управления, что говорит о том, что новая информация замечена оператором.

2.7.2.6 Режим «Срабатывания» предназначен для вывода на ЖКИ информации о срабатываниях устройства.

Предусмотрено отображение 25-ти последних расчетов ОМП устройства (срабатываний). Хранение информации организовано по кольцевому принципу – при срабатывании добавляется новая информация и стирается самая старая. Таким образом, в пункте «Срабатывание 1» всегда хранится самая новая информация, а в пункте «Срабатывание 25» – самая старая.

При любом срабатывании устройства с действием на отключение выключателя происходит автоматический переход диалога на пункт «Срабатывание 1», где отображается информация о новом срабатывании. Для циклического просмотра параметров данного отключения используются кнопки «↑» и «↓».

При считывании результатов аварийного режима по кнопке «↓» на ЖКИ последовательно выводятся следующие параметры:

- дата и время возникновения аварии;
- вид повреждения и расстояние до места КЗ (в км);
- номер набора уставок, который был активным на момент срабатывания;
- максимальный фазный ток в момент аварии;

- общее время существования аварии;
- значение модулей тока и напряжения нулевой последовательности;
- значение модулей тока и напряжения обратной последовательности;
- векторная диаграмма аварийного режима (модули и фазовые углы векторов всех токов и напряжений относительно вектора напряжения фазы А);
- векторная диаграмма доаварийного (нагрузочного) режима (модули и фазовые углы векторов всех токов и напряжений относительно вектора напряжения фазы А).

2.7.2.7 Режим «Контроль» предназначен для вывода на ЖКИ текущих значений напряжений и токов, а также состояния входных дискретных сигналов, текущих даты и времени.

Данный режим удобно использовать при наладке для проверки целостности входных цепей, правильности подведения сигналов и т.д. Также благодаря данному режиму имеется возможность контролировать основные параметры устройства при эксплуатации. Для этого большинство аналоговых параметров отображается как во вторичных, так и в первичных значениях.

2.7.2.8 В режиме «Контроль» предусмотрена возможность просмотра первичных и вторичных значений токов и напряжений.

2.7.2.9 Режим «Настройки» предназначен для просмотра и редактирования параметров сервисных функций устройства, таких как: интерфейсы ЛС, наличие синхронизации времени, текущие дата и время, настройки осциллографа.

Изменение любых параметров, кроме текущих даты и времени, а также контрастности ЖКИ, разрешается только при правильно введенном пароле. В качестве пароля используются последние 4 цифры заводского номера устройства. Методика ввода цифровых параметров, в том числе пароля, описана в п.2.7.2.11. Запрос пароля происходит при выборе параметра, который необходимо отредактировать, и нажатии на кнопку «Ввод». После этого для редактирования остальных уставок или настроек вводить пароль заново нет необходимости.

Сохранение введенных параметров происходит при выходе из режима их редактирования (из меню «Настройки») с предварительной выдачей на ЖКИ соответствующего запроса.

2.7.2.10 Режим «Уставки» предназначен для просмотра и редактирования уставок запуска, работы логики устройства, а также параметров линии. С помощью уставок имеется возможность ввести или вывести из работы различные функции, а также задать их числовые параметры.

Сохранение введенных уставок производится при выходе из режима «Уставки». При этом на ЖКИ выводится соответствующий запрос с возможностью выбора: сохранить уставки или отказаться от введенных изменений. Ввод в действие уставок происходит одновременно, что предотвращает неправильную работу устройства при смене только части из взаимосвязанных уставок.

При выходе на верхний уровень диалога происходит автоматический сброс пароля. Причем это происходит как при умышленном выходе оператором, так и в случае, если выход на верхний уровень произошел автоматически после «простоя» устройства более 5 мин. Это позволяет предотвратить несанкционированный доступ к изменению уставок, в случае если оператор случайно оставил устройство на долгое время в режиме редактирования.

Уставки имеют специальный буфер памяти для редактирования уставок, позволяющий сохранять введенные изменения при случайных перерывах в работе (срабатывание при новом КЗ, исчезновение оперативного питания). Например, если во время ввода уставок произошло срабатывание, то устройство автоматически выйдет из режима редактирования уставок и отобразит параметры данного срабатывания. Для того чтобы продолжить редактирование необходимо снова войти в режим редактирования уставок, причем произведенные ранее изменения будут восстановлены и нет необходимости вводить уставки заново.

2.7.2.11 Ввод цифровых значений параметров и уставок.

Для ввода значения уставки необходимо выбрать соответствующий пункт меню, нажать кнопку «Ввод». Затем появится новое окно, где младшая цифра уставки начнет мигать (если редактируется уставка, то необходимо предварительно ввести пароль по методике, описываемой в данном пункте). Кнопками «↑» и «↓» необходимо установить требуемое значение цифры. Затем нажать кнопку «←». Начнет мигать следующая цифра. Аналогично установить все цифры уставки. При нажатии кнопки «Ввод» произойдет сохранение введенного значения уставки. Если в любой момент ввода нажать кнопку «Выход», то будет возвращено старое значение уставки.

2.7.3 Описание уставок устройства.

2.7.3.1 Все уставки устройства делятся на группы по функциональному признаку, а также общие, относящиеся к функции и месту установки устройства в целом.

2.7.3.2 Изменение уставок, кроме текущих даты и времени, разрешено только после ввода пароля. Необходимо обязательно проверять **ВСЕ УСТАВКИ**, предусмотренные в устройстве, ввиду возможного влияния «забытых» уставок на работу устройства.

2.7.3.3 Ввод новых значений уставок происходит для всех уставок одновременно, что гарантирует от неправильной работы при смене только части из взаимосвязанных уставок. Перед вводом исправленной группы уставок в работу задается вопрос-предупреждение для возможности отказа оператора при сомнениях в своих действиях. Описание назначения уставок устройства приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Описание уставок устройства

Общие уставки	
<i>Режим работы</i>	В селективном режиме необходимо подвести активный сигнал на клеммы «Вход РПО» в течение не более 1 с после снятия пусковых условий. В противном случае авария вообще не будет фиксироваться в памяти. В неселективном режиме будут всегда фиксироваться все аварии
<i>ОМП</i>	Уставка позволяет задавать тип контроля за линией – только в одну сторону – (ПРЯМО) или в обе одновременно (ПРЯМОиОБРАТНО). При уставке «ПРЯМО» данные для расчета по участкам берутся из активного набора уставок, а при уставке «ПРЯМОиОБРАТНО» – для прямого направления (в линию) всегда действует первый набор уставок по участкам линии, для обратного (расстояние со знаком «-») – из второго набора, независимо от состояния дискретного входа «2-й набор». Остальные уставки при этом действуют от первого набора
<i>$U_{НОМ}$, кВ</i>	Первичное номинальное значение напряжения (линейное) линии
<i>Вид нейтрали</i>	Вид нейтрали обслуживаемой линии – изолированная (или компенсированная) или эффективно-заземленная. Как правило, для линий напряжением 6–35 кВ задается «ИЗОЛИР», для 110 кВ и выше – «ЗАЗЕМЛ». При необходимости можно для линии 35 кВ задать другой вид нейтрали, что приведет к смене алгоритмов расчета, которые в каждом конкретном случае могут различаться по оптимальности и точности
<i>$I_{НОМ}$, А</i>	Первичное номинальное значение тока трансформаторов тока линии, к которым подключается устройство. Для линий класса напряжения 6–35 кВ диапазон номинальных значений первичного тока может быть от 20 до 5000 А, для линий класса 110 кВ и выше – от 50 до 5000 А. Вторичное значение ТТ – 1 или 5 А, определяется типом исполнения устройства
<i>$I_{МНОМ}$, А</i>	Первичное номинальное значение тока трансформатора тока нулевой последовательности параллельной ВЛ, к которому подключается устройство при наличии взаимной индукции. Может задаваться от 50 до 5000 А, для линий класса 110 кВ и выше. Вторичное значение ТТ – 1 или 5 А, определяется клеммами разъема X1, к которым подводится ток $3I_0'$ этой линии
<i>T отстройки, мс</i>	Время от момента начала КЗ, по истечению которого по одному периоду рассчитывается значение симметричных составляющих, предназначенных для ОМП по параметрам двухстороннего режима. В случае задания уставки «Расчет ВД по осциллограмме» – «Тотстройки» ВД для расчета ОМП односторонним методом также считается по этому же участку осциллограммы
<i>Расчет ВД по осц-ме</i>	Выбор между адаптивным методом выбора участка осциллограммы для расчета векторной диаграммы и, далее, функции ОМП, и между жестко определенным временным участком, определяемым уставкой «Тотстройки»
<i>I_0 несимметрии, А</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по току нулевой последовательности. Задается во вторичных амперах
<i>I_1 перегрузки, А</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по току прямой последовательности. Эффективен для определения перегрузки линии по току с выводом на сигнализацию. Задается во вторичных амперах
<i>I_2 несимметрии, А</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по току обратной последовательности. Задается во вторичных амперах
<i>I_2/I_1 несимметрии</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по отношению току обратной и прямой последовательности.
<i>I_0/I_1 несимметрии</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по отношению току нулевой и прямой последовательности.
<i>U_0, В</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по расчетному значению напряжения нулевой последовательности. Задается во вторичных вольтах. Также используется при определении вида КЗ (двухфазные с землей) при задании уставки «Изолир.» на линиях напряжением 6–35 кВ
<i>U_1, В</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по напряжению прямой последовательности. Задается во вторичных вольтах. Работает на снижение напряжения ниже значения уставки
<i>U_2, В</i>	Задание уставки дополнительного независимого органа сравнения, работающего по напряжению обратной последовательности. Задается во вторичных вольтах

Продолжение таблицы 9 на следующей странице

Продолжение таблицы 9

<i>Вид АПВ</i>	Выбирает тип АПВ – с однофазным (ОАПВ) или трехфазным (ТАПВ). В случае однофазного АПВ выключателя, применяемого, как правило, на линиях напряжения 220 кВ и выше, активизируется специальный алгоритм, блокирующий повторный пуск устройства при отключении только одной поврежденной фазы выключателем при однофазном КЗ
<i>ТТ фазы В</i>	Определяет наличие измерительного трансформатора тока в фазе В. При его отсутствии значение тока в фазе В восстанавливается расчетным методом по формуле (1). Уставка актуальна для линий 6–10 (35) кВ. Для линий 110 кВ и выше обязательно должна быть задана как «Есть»
<i>Контакт выключателя</i>	Тип контакта РПО, подводимого к устройству от высоковольтного выключателя линии для селективной работы. Если это нормально разомкнутый контакт, то задается «НР», если же берется контакт РПВ, то необходимо задать «НЗ». Фактически, при этом производится инверсия сигнала, подаваемого на клеммы «Вход РПО» устройства
Уставки пусковых условий ОМП	
I_0 , А	Вторичный ток нулевой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП
I_2 , А	Вторичный ток обратной последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП
I_1 , А	Вторичный ток прямой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП
<i>Пуск по приращениям</i>	Разрешение или запрет работы по приращениям симметричных составляющих. Как правило, работа по приращениям целесообразна при установке устройства на вводе секции шин 6–35 кВ
I_0 для Δ , А	Вторичный ток нулевой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП по приращению тока нулевой последовательности
ΔI_0 , А	Приращение вторичного тока нулевой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП при одновременном условии превышения тока нулевой последовательности I_0 для Δ
I_2 для Δ , А	Вторичный ток обратной последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП по приращению тока обратной последовательности
ΔI_2 , А	Приращение вторичного тока обратной последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП при одновременном условии превышения тока обратной последовательности I_2 для Δ
I_1 для Δ , А	Вторичный ток прямой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП по приращению тока прямой последовательности
ΔI_1 , А	Приращение вторичного тока прямой последовательности, при превышении которого будет активизироваться функция ОМП при одновременном условии превышения тока прямой последовательности I_1 для Δ
T пуска по Δ , с	Время записи осциллограммы аварии при запуске по приращениям тока
Уставки сигнализации	
<i>Длительность сигнализации</i>	Позволяет при обнаружении внешней неисправности включать реле «Сигнализация» как постоянно («непрерывный» режим), до сброса его кнопкой клавиатуры или по ТУ, так и на определенное время от 1 до 20 с, достаточное для срабатывания центральной сигнализации подстанции. При этом можно избежать блокировки центральной сигнализации при постоянно «висящем» сигнале. При появлении новой неисправности вновь произойдет формирование импульса такой же заданной длительности
Сигнал (от причины)	Разрешение или запрет срабатывания реле «Сигнализация» от данной причины
Программируемые входы 1...2	
Активный уровень	«1» – активным является наличие напряжения на входе «0» – активным является отсутствие напряжения
T , с	Время задержки срабатывания входа

Продолжение таблицы 9 на следующей странице

Продолжение таблицы 9

Имя	Сообщение длиной до 12 символов, отображаемое на ЖКИ при срабатывании сигнализации при наличии активного сигнала на этом входе
Программируемые реле 1...2	
Точка	Определяет точку подключения на ФЛС, к которой подключается реле
$T_{\text{ср.аб.}}$, с	Выдержка времени на срабатывание реле после появления сигнала в указанном с помощью уставки «Точка» месте ФЛС
$T_{\text{возвр.}}$, с	Время возврата реле после снятия сигнала в указанном с помощью уставки «Точка» месте ФЛС (только для режима – «без фиксации»)
Режим	Режим работы реле: «Без фикс.» (следающий), «С фикс.» (до сброса) или «Имп.» (длительность импульса – 1 секунда)
Программируемые светодиоды 1...5	
Точка	Выбор точки подключения к ФЛС
T , с	Выдержка времени на срабатывание светодиода после появления сигнала в указанной точке ФЛС
Режим	Режим работы светодиода – в следающем режиме или с фиксацией срабатывания (блинкер), до сброса сигналом «Сброс»
Мигание	Режим работы светодиода – с миганием, либо с постоянным свечением при срабатывании
Уставки копирования	
Набор 1 → Набор 2	Позволяет скопировать все значения первого набора уставок во второй. Операция разрешается только при повторном вводе пароля
Набор 2 → Набор 1	Позволяет скопировать все значения второго набора уставок в первый. Операция разрешается только при повторном вводе пароля

Таблица 10 – Уставки описания участков линии

Параметр	Расшифровка параметра
L , км	Длина однородного участка
$R_{1уд}$, Ом/км	Удельное активное сопротивление прямой последовательности линии
$X_{1уд}$, Ом/км	Удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности
$R_{0уд}$, Ом/км	Удельное активное сопротивление линии нулевой последовательности
$X_{0уд}$, Ом/км	Удельное реактивное сопротивление линии нулевой последовательности
$X_{муд}$, Ом/км	Удельное реактивное сопротивление взаимоиндукции с параллельной линией. Нулевое значение трактуется как отсутствие взаимоиндукции на данном участке. Используется только для линий с заземленной нейтралью
$X_{отп}$, Ом	Реактивное сопротивление нулевой последовательности отпайки (ответвления). Суммируется из длины подводящих проводов и собственно сопротивления X_0 трансформатора. В случае отсутствия ответвления задается равной «0». Используется только для линий с заземленной нейтралью
$X'_{отп}$, Ом	Реактивное сопротивление нулевой последовательности отпайки (ответвления) от параллельной линии. Суммируется из X_0 отпайки, подводящей к трансформатору, и собственно сопротивления X_0 трансформатора. Задается не равной нулю только в случае обеих линий, отходящих от одной системы шин (общий ТН). Нулевое значение трактуется как отсутствие отпайки (ответвления) на данном участке. Используется только для линий с заземленной нейтралью
$I_{отв.нагр.}$, А	Средний первичный ток нагрузки ответвления в конце данного задаваемого участка для сетей с изолированной нейтралью. Нулевое значение трактуется как отсутствие ответвления. Используется только для линий с изолированной нейтралью

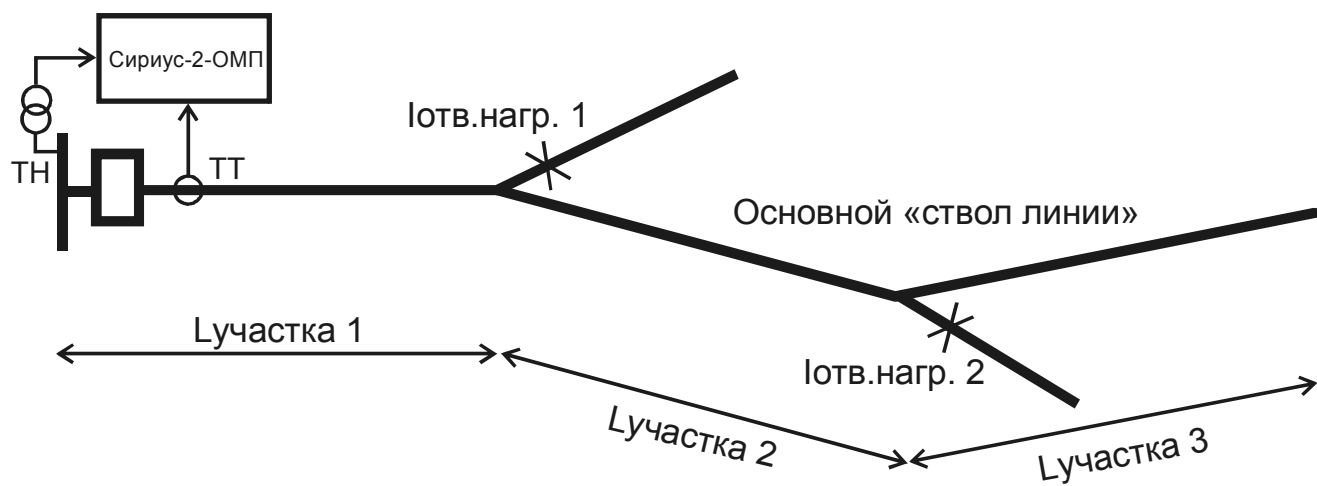


Рисунок 2.4 – Распределение линии на участки для сетей с изолированной нейтралью и наличием ответвлений

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие указания

Техническое обслуживание устройства включает:

- проверку и регулировку при первом включении.
- периодические проверки технического состояния.
- тестовый контроль;
- замену элемента питания.

3.1.1 Проверку и регулировку при первом включении проводят в полном объеме раздела 3.2.

3.1.2 Периодические проверки технического состояния проводят через 3–6 лет. Первую периодическую проверку рекомендуется проводить через год после ввода в работу.

В объем периодической проверки включают внешний осмотр, при котором производят удаление пыли, проверку механического крепления элементов, полноту сочленения разъемов, затяжку винтов клеммных колодок.

Объем электрических испытаний при периодических проверках может быть сокращен относительно проверки при первом включении.

3.1.3 Тестовый контроль – выход в режим «Контроль» и просмотр текущих значений токов и напряжений и сравнением их с показаниями других измерительных приборов, выполняется раз в месяц. При этом обязательно производится проверка и подстройка часов.

На подстанциях без дежурного персонала тестовый контроль выполняется по мере возможности.

В случае срабатывания устройства необходимо переписать в журнал всю информацию о данном срабатывании, имеющуюся в памяти архива аварий.

3.1.4 Замена элемента питания

Устройство содержит энергонезависимую память, сохранение которой при отсутствии оперативного питания обеспечивается литиевым элементом питания CR2. Расчетный срок службы элемента питания *при отсутствии оперативного питания* составляет не менее 1 года.

Последовательность действий по замене элемента питания:

– снять с устройства оперативное питание (допускается проводить работу по замене элемента питания на работающем устройстве, но только в антистатическом браслете, соединенном с корпусом устройства);

– отвинтить фиксирующий винт на торце модуля питания с задней стороны устройства и повернуть крышку отсека батарейки;

– аккуратно вынуть старую батарейку;

– установить новую батарейку в «гнездо» в соответствии с указанной полярностью;

– закрыть крышку и завернуть фиксирующий винт.

3.2 Проверка работоспособности изделия

3.2.1 Проверку электрического сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения, оперативного питания, релейными управляющими контактами, дискретными сигналами, а также между указанными цепями и корпусом проводят мегаомметром на напряжение 1000 В. Линия связи RS485 проверяется на напряжение 500 В.

Сопротивление изоляции измеряется между группами соединенных между собой выводов согласно Приложению Б, а также между этими группами и корпусом блока (клеммой заземления). Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 100 МОм.

3.2.2 Проверка заряда батарейки

Заряд батарейки проверяется путем визуального контроля символа в статусной строке, отображае-

мой на индикаторе устройства. Если отображается символ  то батарейку необходимо заменить по методике, описанной в п.3.1.4.

3.2.3 Настройка (проверка) уставок выполняется при подключенном питании независимо от подключения остальных цепей. Сначала следует ввести значение пароля. Настройка (проверка) выполняется в следующем порядке:

1 Согласно диалогу войти в режим «Уставки», выбрать необходимую функциональную группу уставок. Навести курсор на необходимую уставку.

2 Нажать кнопку «Ввод». Если до этого пароль не был введен, то появится диалог запроса пароля. После ввода правильного значения пароля появится возможность редактирования уставки. Редактирование цифровых значений производится в соответствии с методикой описанной в п. 2.7.2.11.

3 Нажатием кнопки «↓» выбрать очередную уставку. Продолжить редактирование. При этом ввод пароля не требуется.

4 Ввод текущего времени осуществляется аналогично. Нажатие кнопки «Ввод» при вводе значения минут обнуляет значение секунд. Для изменения значения даты и времени ввода пароля не требуется.

5 По окончании настройки обязательно проверяют введенные уставки защиты для исключения ошибок.

3.2.4 Проверка функционирования устройства

3.2.4.1 Проверку удобно вести, используя имитатор логических сигналов (например, И-901) совместно с установкой для проверки релейной защиты типа У5053, У5003, «Уран-2», «Нептун-3», «Ретом-51, -61» и др.

3.2.4.2 Проверка параметров, регулирование и настройка

3.2.4.3 Проверку электрического сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения, выходных контактов реле и входов оптронов, а также между указанными цепями и корпусом проводят мегаомметром на напряжение 1000 В.

3.2.4.4 Сопротивление изоляции измеряется между группами соединенных между собой выводов согласно таблице Б Приложения, а также между этими группами и корпусом блока (клеммой заземления). Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 100 МОм.

3.2.4.5 Перед проверкой работоспособности необходимо ввести требуемые значения уставок согласно п.2.5.1. Проверку удобно вести, используя логический имитатор совместно с установкой для проверки релейной защиты типа У5053, У5003, «Уран-2», «Нептун-3», «Ретом-41, -51, -61» и др.

3.2.4.6 Проверка работоспособности входных цепей устройства. С помощью логического имитатора или источника постоянного напряжения поочередно подавать сигналы на входные цепи устройства, проверить прохождение сигналов либо в режиме «Контроль» (рисунок В.1), либо по реакции на них устройства.

3.2.4.7 Проверка работоспособности выходных реле. Подавая различные воздействия на устройство, необходимо добиться срабатывания всех реле и убедиться в работоспособности всех контактных групп.

3.2.4.8 Устройство при подаче оперативного питания производит глубокое самотестирование всех программно доступных элементов схемы. Во время работы постоянно проверяется работа обмена со сигнальным процессором и АЦП. При обнаружении любой внутренней неисправности во время тестирования устройство выдает на ЖКИ сообщение об ошибке, замыкает контакты реле «Отказ» и блокируется. Расшифровка сообщений приведена в таблице А.1. От случайных сбоев в устройстве предусмотрен сторожевой таймер, перезапускающий устройство в случае нарушения нормальной работы.

3.2.4.9 Проверка правильности чередования фаз и расчета тока обратной последовательности I_2 . Подавая нормальную (АВС) трехфазную систему токов (фазы токов сдвинуты на 120° относительно соседних фаз) на устройство, убедиться в близком к нулю значении тока обратной последовательности I_2 .

3.2.4.10 Проверка работоспособности и точности выполняется при наличии оперативного питания и подключении к устройству однофазных источников входного тока и напряжения с возможностью регулирования этих величин в рабочем диапазоне. Допускается проверка при ограниченном диапазоне входного тока, максимальный ток проверки при этом должен быть не менее $10 \cdot I_{ном}$.

Проверку рекомендуется выполнять при сдвиге фаз между током и напряжением 90° , что упрощает расчеты. Класс точности измерительных приборов в цепях входного тока и напряжения должен быть не менее 1,0.

Подключение входного тока и напряжения для однофазных источников в зависимости от вида имитируемого КЗ выполняется в соответствии с таблицей 11.

Каждое срабатывание выполняется в следующей последовательности:

1. Устройство выводится в режим «Контроль».
2. Устанавливаются значения входного напряжения и тока.
3. Нажатием кнопки «Ввод» осуществляется съем данных. Входной ток снимается после пуска через

2—3 с.

Срабатывание можно произвести и в режиме слежения, подавая толчком предварительно отрегулированный ток на время 0,2—3,0 с.

3.2.5 Проверка самозапуска проводится в любом режиме при любом входном напряжении, например, 50 В. Значения $I_{0пуск}$, $I_{2пуск}$ и $I_{1пуск}$ должны быть установлены равными 0,20, 0,20 и 1,20 А соответственно для исполнения устройства на 1 А и 1,00, 1,00 и 6,00 А для исполнения устройства на 5 А. В режиме однофазного КЗ устройство не должно срабатывать при подаче на входные клеммы одной из фаз тока до $0,95 \cdot 3 \cdot I_{0пуск}$. При подаче тока $1,05 \cdot 3 \cdot I_{0пуск}$ устройство должно надежно срабатывать, что фиксируется по свечению светодиода «Пуск» и индикации вида и расстояния до КЗ на ЖКИ. При имитации междуфазных КЗ пуск должен происходить при входном токе, в $\sqrt{3}$ раз большем значения $I_{2пуск}$.

3.2.6 Проверка выбора поврежденных фаз и определения расстояния до места КЗ.

Расчетные формулы (6), (8—10) справедливы для линии без ответвлений, описываемой одним участком. Рекомендуется задавать длину участка 300 км.

Допускается проверка для реальных линий с реальными уставками. При этом подаваемые векторные диаграммы при КЗ разных видов в заданных точках линии предварительно рассчитываются специальными программами.

3.2.7 Проверку удобно проводить, выводя устройство в дежурный режим.

В случае задания уставки вида нейтрали линии – «Заземлен.» проверку следует выполнять по следующим формулам:

3.2.7.1 Входные величины подводятся в соответствии с имитируемым видом КЗ (см. таблицу 11).

Входное напряжение не должно превышать 100 В.

При каждом срабатывании проверяется правильность индикации поврежденных фаз, а полученное расстояние сопоставляется с расчетным.

3.2.7.2 Для двухфазных КЗ расчетное расстояние определяется по формуле:

$$L_P = \frac{K_T}{2 \cdot X_{1\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi \quad (6)$$

где L_P – расчетное расстояние, км;

$X_{1\text{уд}}$ – удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности, Ом/км, введенное как уставка;

U – напряжение, подводимое к устройству, В;

I – ток, подводимый к устройству, А;

φ – угол между током и напряжением, подводимыми к устройству;

K_T – коэффициент, определяемый по формуле

Для $I_H = 5\text{А}$:

$$K_T = \frac{K_{TH}}{K_{TT}} = 50 \cdot \frac{U_H}{I_H} \quad (7)$$

Для $I_H = 1\text{А}$:

$$K_T = \frac{K_{TH}}{K_{TT}} = 10 \cdot \frac{U_H}{I_H} \quad (8)$$

где K_{TH} , K_{TT} – коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока линии электропередачи, соответственно;

U_H , I_H – уставки номинальных первичных значений напряжений и токов.

3.2.7.3 Для проверки трехфазного КЗ необходимо подавать на устройство симметричную трехфазную систему напряжений и токов, причем токи должны отставать от соответствующих напряжений на угол от 30° до 90° (удобно 60°). При этом

$$L_P = \frac{K_T}{X_{1\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi \quad (9)$$

где U и I – напряжение и ток одной из фаз, подводимых к устройству;

φ – угол между током и напряжением каждой фазы, подводимой к устройству.

3.2.7.4 Для однофазных КЗ расчетный результат получают по формуле

$$L_P = \frac{3 \cdot K_T}{2 \cdot X_{1\text{уд}} + X_{0\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi \quad (10)$$

где $X_{0\text{уд}}$ – удельное реактивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км.

3.2.7.5 Для однофазных КЗ с влиянием параллельной линии (вид А' в соответствии с таблицей 11 Приложения) расчетный результат получают по формуле

$$L_P = \frac{3 \cdot K_T}{2 \cdot X_{1\text{уд}} + X_{\mu\text{уд}} + X_{0\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi \quad (11)$$

Упрощенные формулы (6) – (10) справедливы только для испытательных режимов в соответствии с таблицей 11. Реально расчет ведется по более сложным формулам.

В случае задания уставки вида нейтрали – «Изолир.» расчетные формулы устройства меняются, и расчет ведется по другим соотношениям (11) – (14).

3.2.7.6 Для проверки двухфазных КЗ на устройство подают однофазное напряжение между выбранными фазами, при этом клемму «0 напряжения» не подключают. Однофазный ток подают в две поврежденные фазы тока, включенные встречно-последовательно. В случае отключения уставки «ТТ фазы В» – «ОТКЛ» ток подается только в одну фазу – А или С при имитации КЗ вида АВ и ВС (см. таблицу 11). При имитации КЗ вида АС ток подается в две фазы последовательно. Расчетное расстояние определяется по формуле:

$$L_P = \frac{K_T}{2 \cdot Z_{1\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \quad (12)$$

где L_P – расчетное расстояние, км;

$Z_{1\text{уд}} = \sqrt{R_{1\text{уд}}^2 + X_{1\text{уд}}^2}$ – удельное полное сопротивление линии прямой последовательности;

$X_{1\text{уд}}$ – удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности, Ом/км, введенное как уставка;

$R_{1\text{уд}}$ – удельное активное сопротивление линии прямой последовательности, Ом/км, введенное как уставка;

U – напряжение, подводимое к устройству, В;

I – ток, подводимый к устройству, А;

K_T – коэффициент, определяемый по формуле:

$$K_T = \frac{K_{TH}}{K_{TT}} = 50 \cdot \frac{U_H}{I_H} \quad (\text{для } I_{\text{ном,втор.ТТ}} = 5 \text{ А}) \quad (13)$$

где K_{TH} , K_{TT} – коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока линии электропередачи, соответственно;

U_H , I_H – первичные номинальные значения трансформаторов напряжения и тока, введенные как уставки.

3.2.7.7 Для проверки трехфазного КЗ необходимо подавать на устройство симметричную трехфазную систему напряжений и токов. При этом

$$L_P = \frac{K_T}{Z_{1\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \quad (14)$$

где U и I – напряжение и ток каждой из фаз, подводимых к устройству, без учета их фазовых соотношений.

3.2.7.8 Для проверки двойных замыканий на землю на разных линиях к устройству подводят только одно фазное напряжение и один фазный ток этой же фазы, при этом обязательно должна быть включена уставка «ТТ фазы В – ВКЛ». Расчетный результат получают по формуле

$$L_P = \frac{3 \cdot K_T}{2 \cdot X_{1\text{уд}} + X_{0\text{уд}}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi \quad (15)$$

где $X_{0\text{уд}}$ – удельное реактивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км.

φ – угол между подводимым током и напряжением одной из фаз.

3.2.8 Проверка точностных параметров и дополнительной информации.

3.2.8.1 Относительная погрешность определения расстояния (δ в процентах) вычисляется по формуле

$$\delta = 100 \cdot \frac{L_{\text{инд}} - L_P}{L_P} \quad (16)$$

где $L_{\text{инд}}$ – индицируемое устройством расстояние, км;

L_P – расчетное расстояние.

Средняя погрешность определяется как среднее арифметическое относительных погрешностей нескольких измерений (не менее 3). Разброс определяется относительно среднего значения показаний.

3.2.8.2 Контрольные срабатывания проводят 3–5 раз в каждой точке при следующих сочетаниях параметров входных величин и режимов:

а) Напряжение 50 В, ток $2 \cdot I_{\text{ном}}$, режимы 1–3 таблицы 11;

б) Напряжение 50 В, двадцатикратное значение минимального тока рабочего диапазона;

в) Напряжение 50 В, ток — в $\sqrt{3}$ больше тока минимального значения диапазона. При проведении измерений по условиям данного подпункта допускается увеличение средней погрешности до $\pm 10\%$. После срабатывания возможно появление расстояния 999,9 км.

3.2.8.3 Проверка фазовой характеристики проводится в одном из режимов с током не менее $2 \cdot I_{ном}$. При этом добиваются минимально возможного (близкого к нулю) значения расстояния, изменяя угол φ . Отклонение угла φ от нулевого значения не должно превышать $\pm 3^\circ$.

3.2.8.4 Дополнительную информацию считывают и анализируют при одном из видов междуфазного замыкания. Действующие значения тока КЗ, токов и напряжений прямой и обратной последовательностей должны соответствовать подаваемым входным величинам с учетом соотношений, определяющих фазные значения составляющих для данных несимметричных систем. Допускается проверку вести при трехфазном КЗ, что упрощает анализ этих величин, но требует подведения к устройству симметричных трехфазных систем напряжений и токов.

При имитации однофазных КЗ согласно таблицы 11 расчетные значения составляющих определяют по выражениям

$$I_{КЗ} = I_{ВХ} \cdot K_{ТТ} \quad (17)$$

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{I_{ВХ} \cdot K_{ТТ}}{3} \quad (18)$$

$$U_0 = U_1 = U_2 = \frac{U_{ВХ} \cdot K_{ТН}}{3} \quad (19)$$

При имитации междуфазных КЗ согласно таблицы 11 расчетные значения составляющих определяются по выражениям:

$I_{КЗ}$ определяется по (17);

$$I_0 = 0,$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I_{ВХ} \cdot K_{ТТ}}{\sqrt{3}} \quad (20)$$

$$U_0 = 0,$$

$$U_1 = U_2 = \frac{U_{ВХ} \cdot K_{ТН}}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (21)$$

где $I_{вх}$, $U_{вх}$ – подводимые к устройству ток и напряжение соответственно,
 $K_{ТТ}$, $K_{ТН}$ – коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения соответственно.

3.2.9 Проверка автоматического выхода из любого режима в дежурный режим. При задании режима работы «Уставки», «Настройки», «Срабатывания» или «Контроль» через 4...6 минут устройство должно автоматически выводить на ЖКИ текущие токи нагрузки линии отдельно по всем трем фазам.

При обнаружении неисправности устройство блокируется (отключаются все выходные реле). Код ошибок платы процессора высвечивается на светодиодах, расположенных на передней панели и предназначен для ремонта на заводе-изготовителе или в специализированной лаборатории.

3.2.10 Проверка селективного режима запуска проводится при имитации КЗ любого вида. После срабатывания устройства при наличии постоянного напряжения 220 В или 110 В (в зависимости от исполнения устройства) между контактами «Вход РПО» должен высвечиваться вид и расстояние до КЗ, замыкаться контакт сигнализации (реле «Сигнализация»), включаться светодиод «Новое КЗ». В противном случае устройство должно игнорировать аварию.

Таблица 11 – Имитация различных видов КЗ для проверки устройства «Сириус-2-ОМП»

Номер режи- ма	Вид КЗ	Контакты для подключения				
		цепей тока			цепей напряжения	
		Начало	Конец	Перемычка	Начало	Конец
1	A0	$I_{АН}$	$I_{АК}$	-	U_A	0 напряжения
2	B0	$I_{БН}$	$I_{БК}$	-	U_B	0 напряжения
3	C0	$I_{СН}$	$I_{СК}$	-	U_C	0 напряжения
4	AB	$I_{АН}$	$I_{БН}$	$I_{АК}, I_{БК}$	U_A	U_B
5	BC	$I_{БН}$	$I_{СН}$	$I_{БК}, I_{СК}$	U_B	U_C
6	CA	$I_{СН}$	$I_{АН}$	$I_{СК}, I_{АК}$	U_C	U_A
7	A0'	$I_{АН}$	$3I_0'_{К}$	$I_{АК}, 3I_0'_{Н}$	U_A	0 напряжения

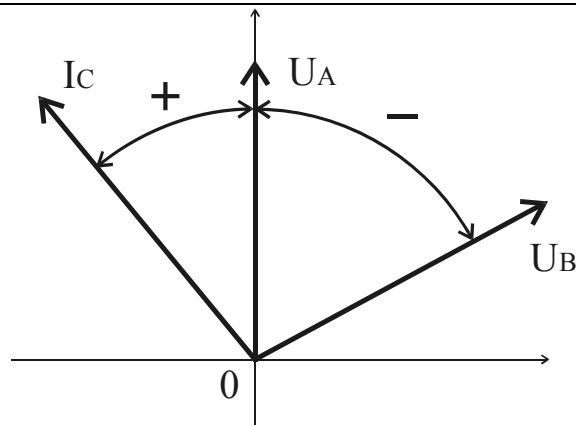


Рисунок 3.1 – Принцип отсчета углов векторов в устройстве.

Знак угла вектора тока I_C индицируется со знаком «+», а вектора напряжения U_B — со знаком «-».

Отсчет ведется всегда относительно вектора U_A .

Вид КЗ А0' обозначает проверку вида КЗ А0, но с учетом влияния параллельной линии

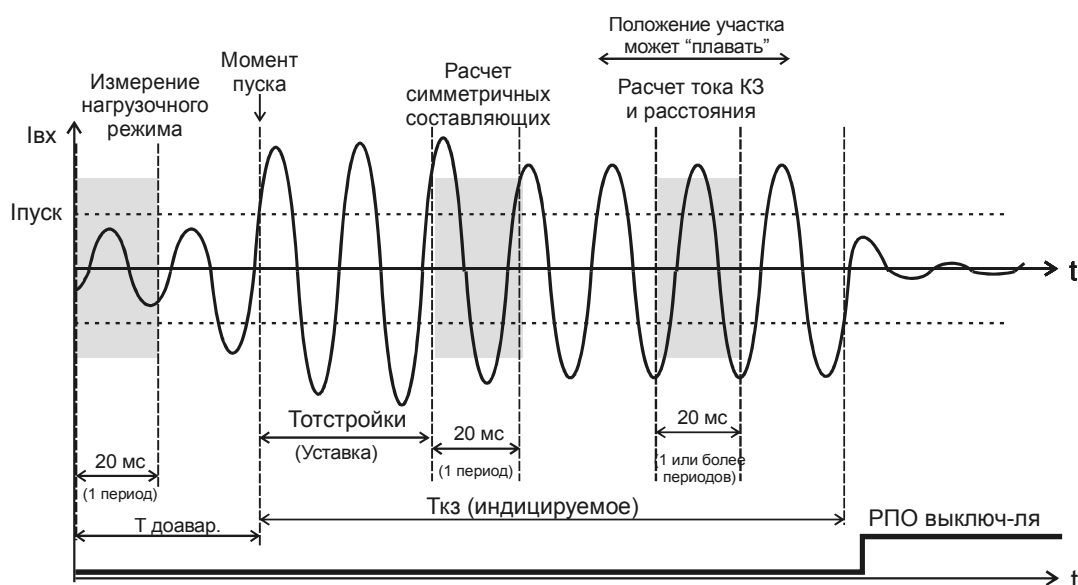


Рисунок 3.2 – Поясняющая диаграмма фиксации входных токов и напряжений для расчета различных параметров в устройстве

Примечания:

1. Все отсчеты по времени берутся относительно момента пуска.
2. Фиксация параметров нагрузочного режима производится за заданное уставкой «Тдоавар.» время до выявления условий пуска.
3. Фиксация параметров симметричных составляющих токов и напряжений для двусторонних методов расчета производится через время, заданное уставкой «Тотстройки» от момента пуска, в течение одного периода.
4. Момент измерения токов и напряжений для расчета расстояния выбирается адаптивным методом автоматически и может находиться в любом месте осциллограммы аварии, либо жестко задается уставкой «Тотстройки». Токи и напряжения рассчитываются усреднением за время не менее одного периода.
5. При задании уставки «Выбор участка» – «Тотстройки» выбор участка осциллограммы для расчета векторной диаграммы токов и напряжений осуществляется исходя из заданной уставки «Тотстройки» (как для двухстороннего расчета).
6. Значения токов и напряжений, предназначенных для разных целей (одностороннее ОМП и измерение параметров симметричных составляющих для двухстороннего ОМП), могут не совпадать между собой, так как могут измеряться в разные моменты времени.
6. Относительная фаза векторных диаграмм нагрузочного режима и аварийного участка не привязана друг к другу.
7. Для упрощения рисунка остальные входные сигналы токов и напряжений не показаны. Под I_{vx} подразумевается любой из токов симметричных составляющих, по которому происходит пуск.

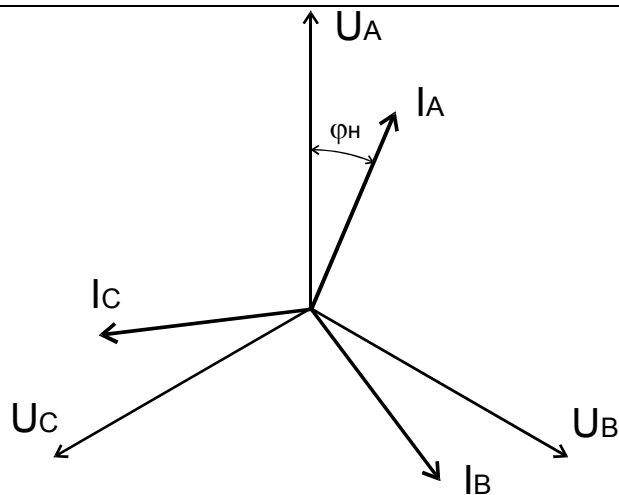


Рисунок 3.3 – Типичная векторная диаграмма нагрузочного режима для прямого чередования фаз для тупиковых линий электропередачи. Угол φ_n между одноименными векторами напряжения и тока составляет от 10° до 40° (обычно – порядка 30°)

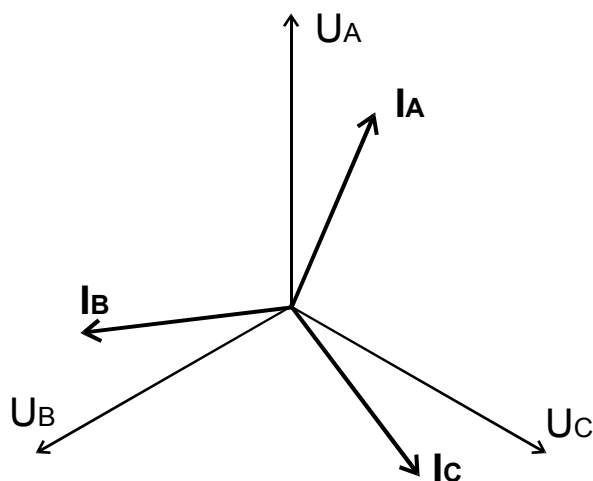


Рисунок 3.4 – Типичная векторная диаграмма нагрузочного режима для тупиковой линии для обратного чередования фаз в энергосистеме. При подключении к устройству следует фазы тока и напряжения В и С поменять местами

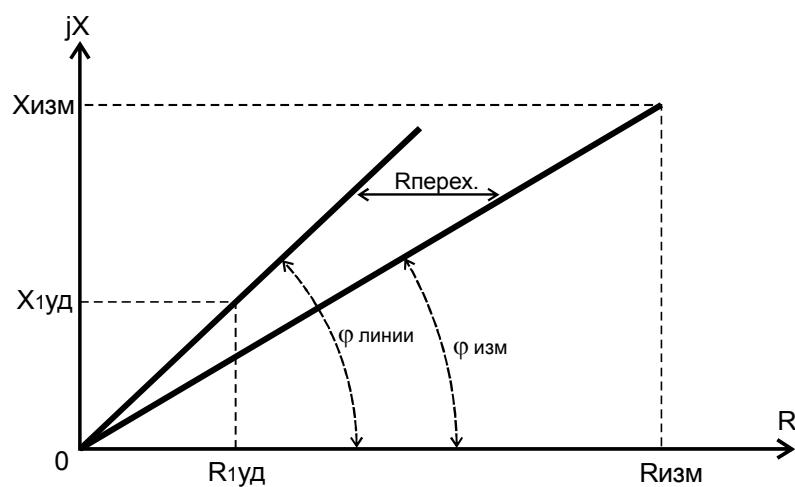


Рисунок 3.5 – Принцип расчета теоретического и измеренного характеристического углов линии, отображаемых на ЖКИ устройства «Сириус-2-ОМП» (выводится для текущего участка с КЗ)

4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

4.1 Устройство представляет собой достаточно сложное изделие и ремонт его должен осуществляться квалифицированными специалистами с помощью специальной отладочной аппаратуры.

4.2 Ремонт устройств в послегарантийный период целесообразно организовать централизованно, например, в базовой лаборатории энергосистемы или по договору с изготовителем.

5 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

5.1 Условия транспортирования и хранения и срок сохраняемости в упаковке и (или) консервации изготовителя должны соответствовать указанным в таблице 12.

5.2 Если требуемые условия транспортирования и (или) хранения отличаются от приведенных в таблице 6, то устройство поставляют для условий и сроков, устанавливаемых по ГОСТ 23216 и указываемых в договоре на поставку или заказе-наряде.

Таблица 12 – Условия транспортирования и хранения

Вид поставок	Обозначение условий транспортирования в части воздействия:		Обозначение условий хранения по ГОСТ 15150	Срок сохраняемости в упаковке изготовителя, годы
	Механических факторов по ГОСТ 23216	Климатических факторов, таких как условия хранения по ГОСТ 15150		
Внутри страны (кроме районов Крайнего Севера и труднодоступных районов по ГОСТ 15846)	С	5 (навесы в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом)	1 (отапливаемое хранилище)	3
			2 (неотапливаемое хранилище)	1
Внутри страны в районы Крайнего Севера и труднодоступные районы по ГОСТ 15846	С	5	1	3

Примечание: Нижнее значение температуры окружающего воздуха при транспортировании и хранении – минус 40°C

5.3 Допускается транспортирование любым (кроме морского) видом закрытого транспорта в сочетании их между собой, отнесенным к условиям транспортирования «С» с общим числом перегрузок не более четырех, или автомобильным транспортом:

- по дорогам с асфальтовым и бетонным покрытием (дороги 1-й категории) на расстояние до 1000 км;
- по булыжным (дороги 2-й и 3-й категории) и грунтовым дорогам на расстояние до 250 км со скоростью до 40 км/ч.

5.4 Транспортировка должна производиться только в закрытом транспорте (железнодорожных вагонов, контейнерах, закрытых автомашинах, трюмах и т.д.).

5.5 Погрузка и транспортировка должны осуществляться с учетом манипуляционных знаков, нанесенных на тару, и в соответствии с действующими правилами перевозок грузов.

6 УТИЛИЗАЦИЯ

6.1 После окончания срока службы устройство подлежит демонтажу и утилизации.

6.2 В состав устройства не входят драгоценные металлы, а также ядовитые, радиоактивные и взрывоопасные вещества.

6.3 Демонтаж и утилизация устройства не требуют применения специальных мер безопасности и выполняются без применения специальных приспособлений и инструментов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Коды ошибок при самотестировании устройства

При включении питания устройства все светодиоды загораются. При начальном тестировании устройства проверяется работоспособность составных частей устройства и поочередно, по мере прохождения тестов, гасятся светодиоды: сначала левый столбец, затем правый столбец.

При возникновении ошибки необходимо записать сообщение, отображенное на ЖКИ. Если ЖКИ не показывает информацию, необходимо записать последний погашенный светодиод. Сообщения об ошибках при начальном и фоновом самотестировании приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Описание неисправностей устройства

Сообщение об ошибке	Описание неисправности
Ошибка мод. КОМБИНИР	Обрыв обмотки реле на комбинированном модуле
Неисправность SRAM Адрес = XXXXXXXX	Неисправность статического ОЗУ
Неисправность SDRAM Адрес = XXXXXXXX	Неисправность динамического ОЗУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Проверка электрического сопротивления изоляции

Таблица Б.1 – Проверка электрического сопротивления изоляции устройства «Сириус-2-ОМП»

Разъем	Номера контактов	Наименование	Испытательное напряжение
X1	с 1 по 10	Токовые цепи	1000 В
X2	с 1 по 6	Цепи напряжения	1000 В
X3.1	с 1 по 2	Цепи синхронизации	500 В
X3.2	с 1 по 4	Линия связи 1	500 В
X3.3	с 1 по 4	Линия связи 2	500 В
X4.2	с 1 по 14	Входные цепи 1	1000 В
X4.1	с 15 по 24	Выходные релейные цепи	1000 В
X5	с 1 по 24	Входные цепи 2	1000 В
X9	с 1 по 6	Цепи питания	1000 В

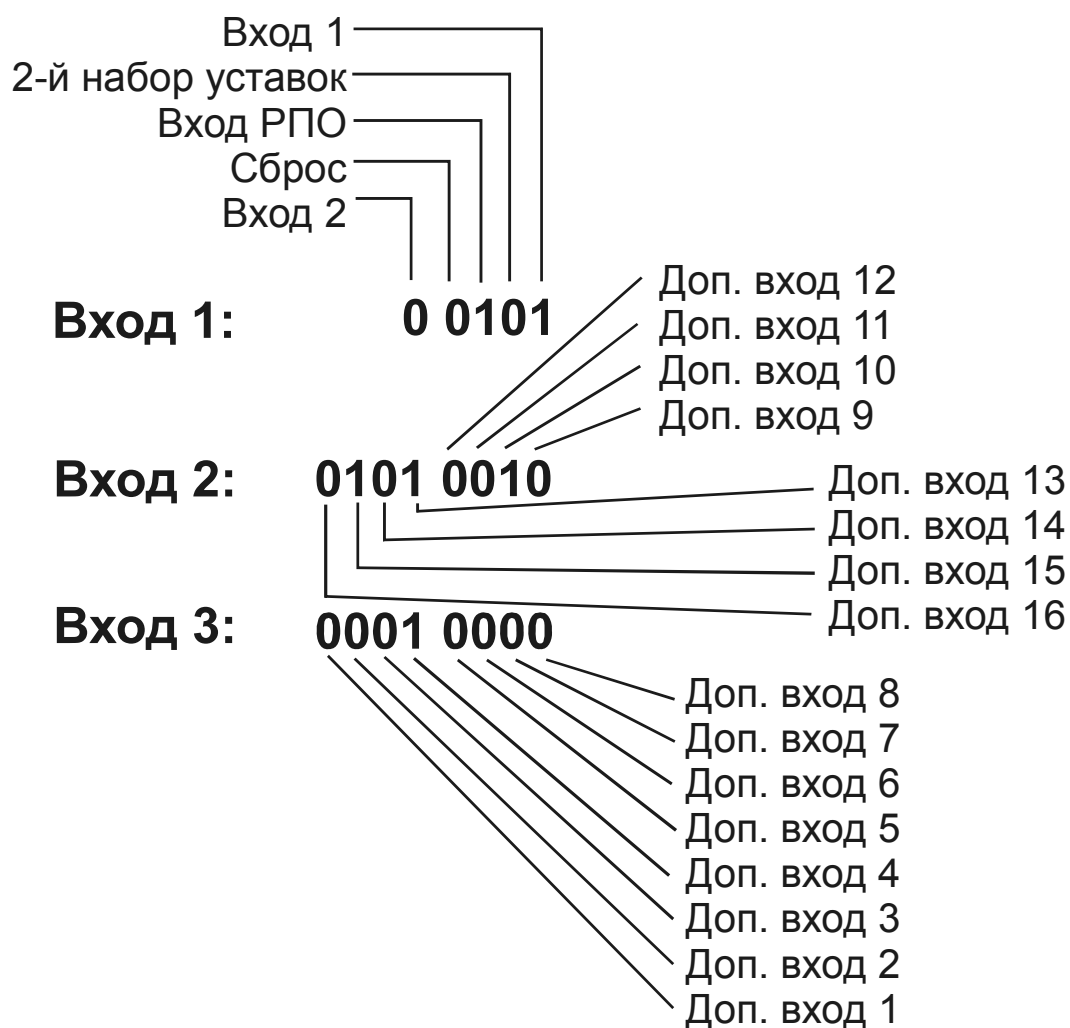
ПРИЛОЖЕНИЕ В**(справочное)****Расписание входных дискретных сигналов устройства в режиме «Контроль»**

Рисунок В.1 – Соответствие входных дискретных сигналов в режиме «Контроль входов».
Наличию сигнала на входе соответствует «1», отсутствию – «0».

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)
Внешний вид и установочные размеры

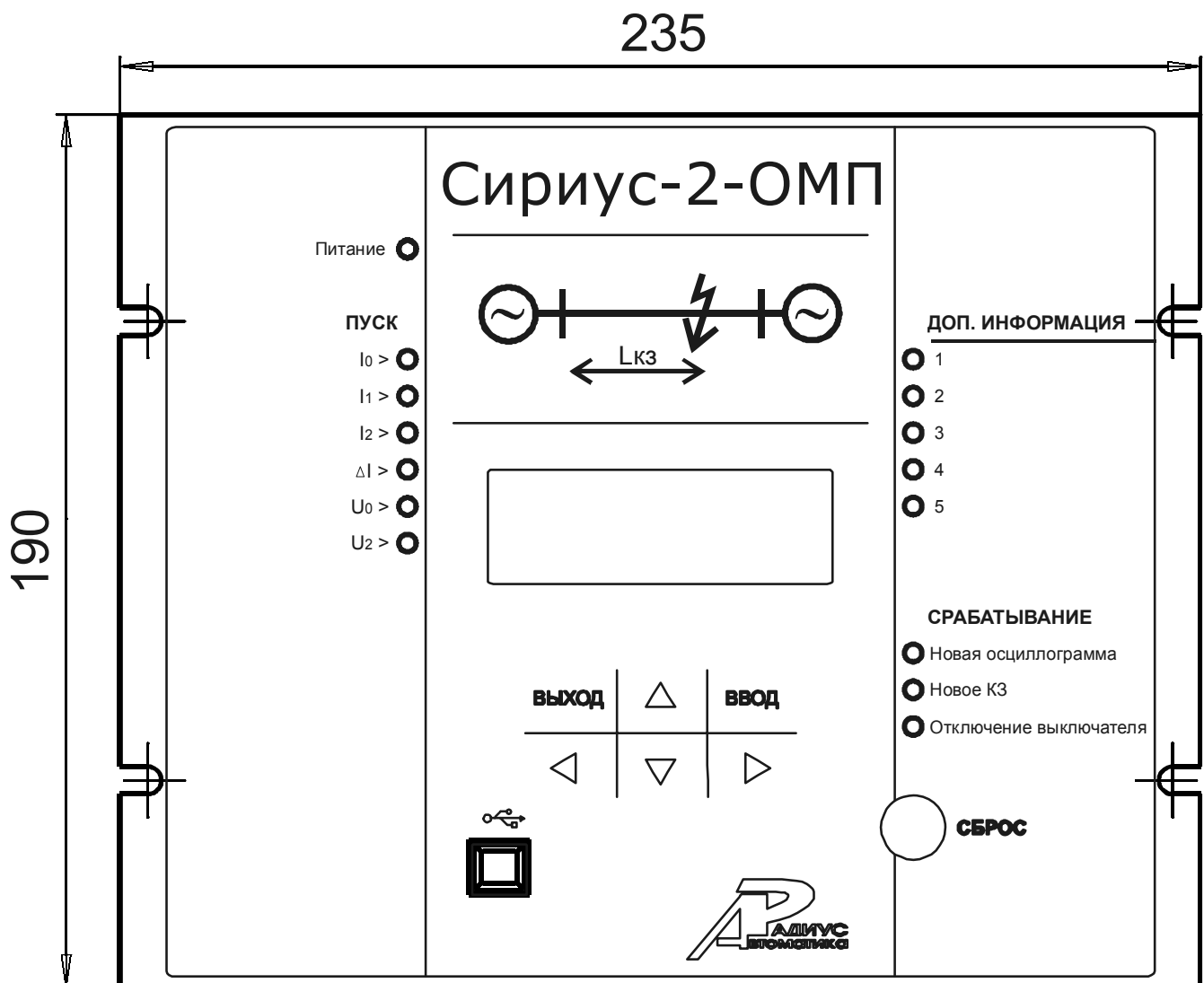


Рисунок Г.1 – Внешний вид передней панели устройства «Сириус-2-ОМП»

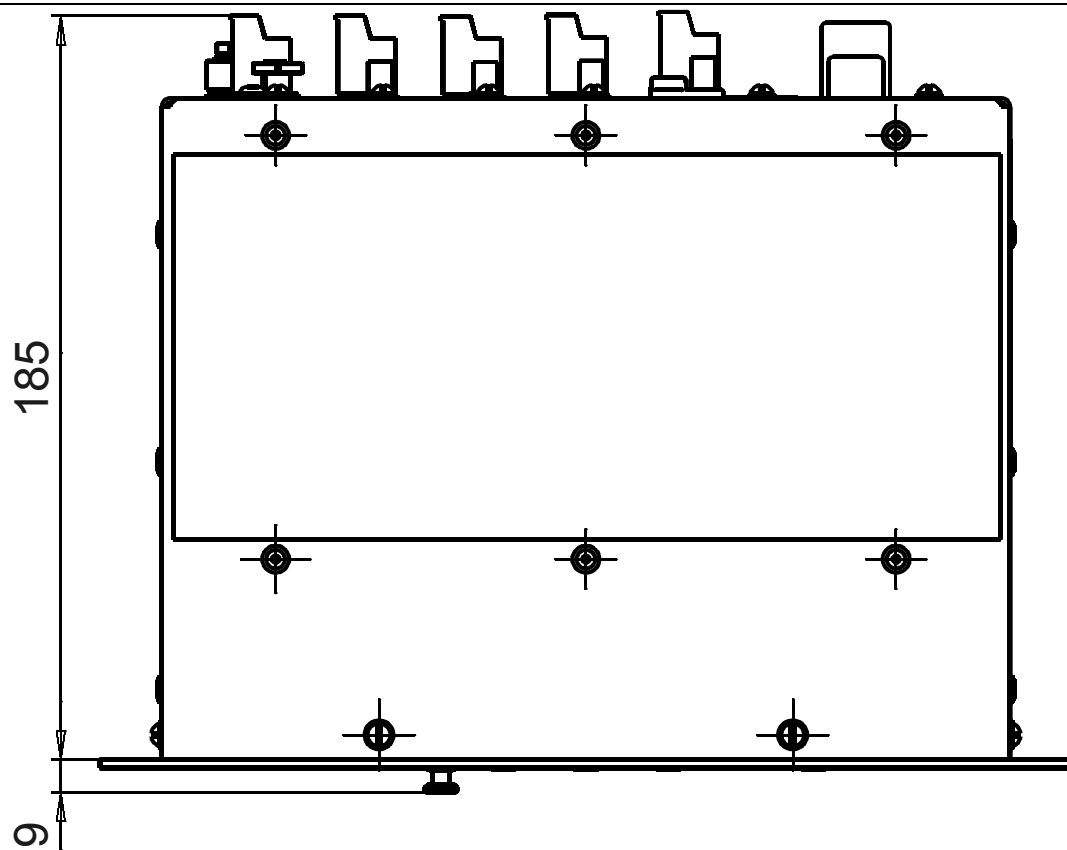


Рисунок Г.2 – Вид сверху

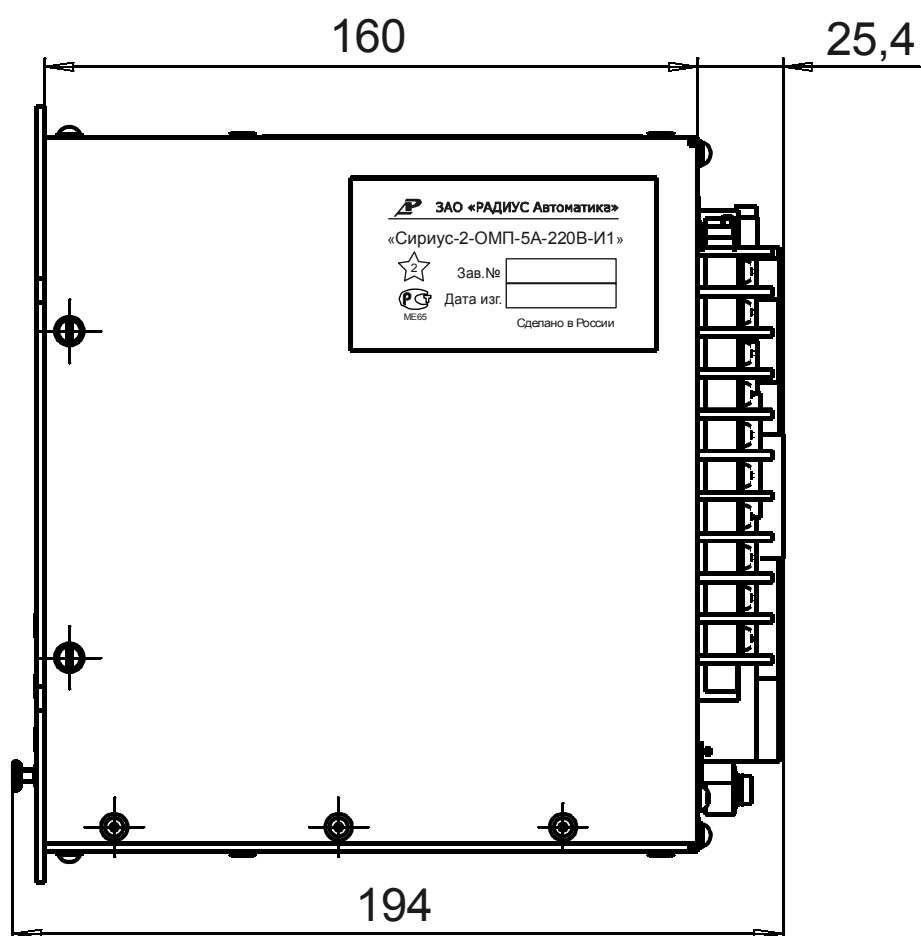


Рисунок Г.3 – Вид сбоку

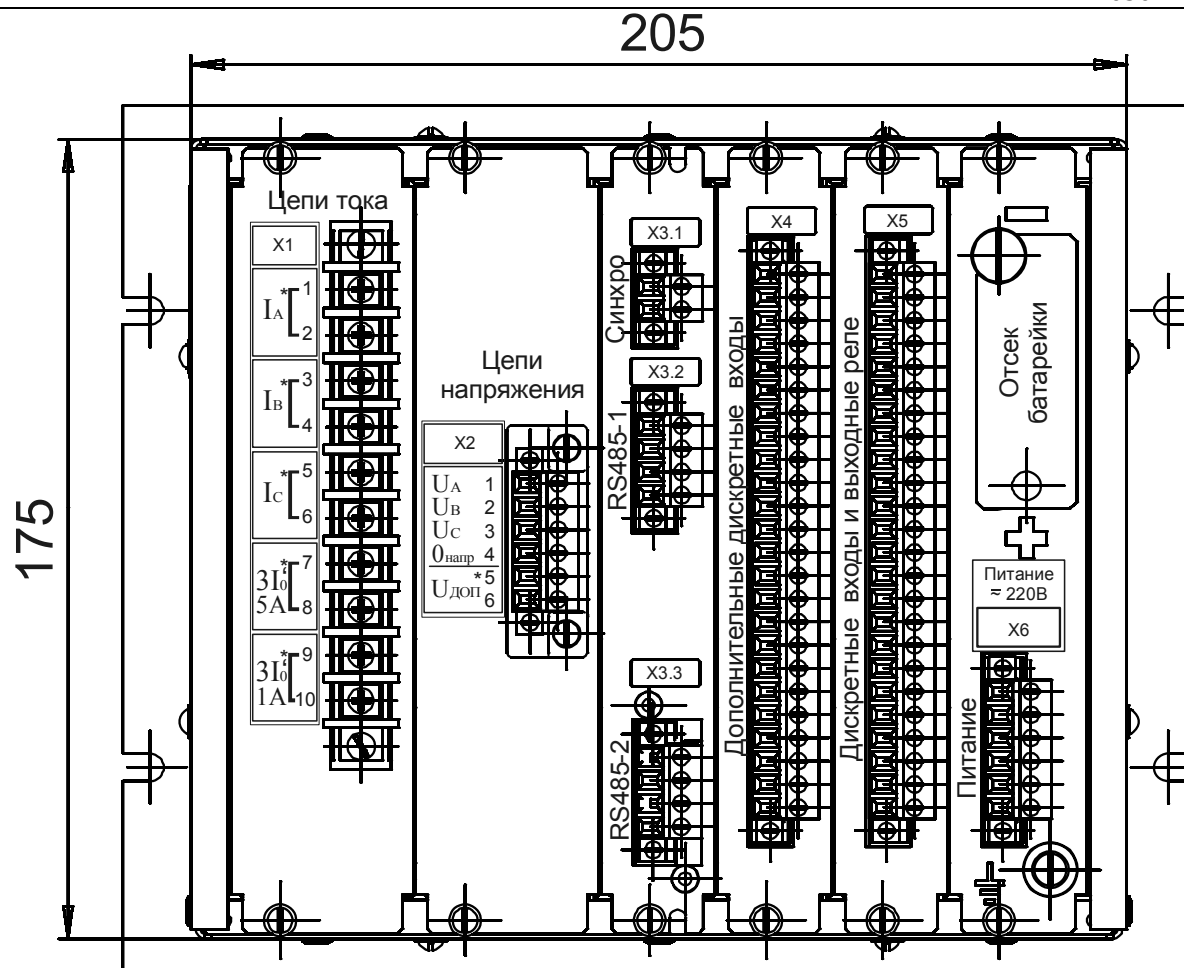


Рисунок Г.4 – Расположение элементов на задней панели устройства «Сириус-2-ОМП»

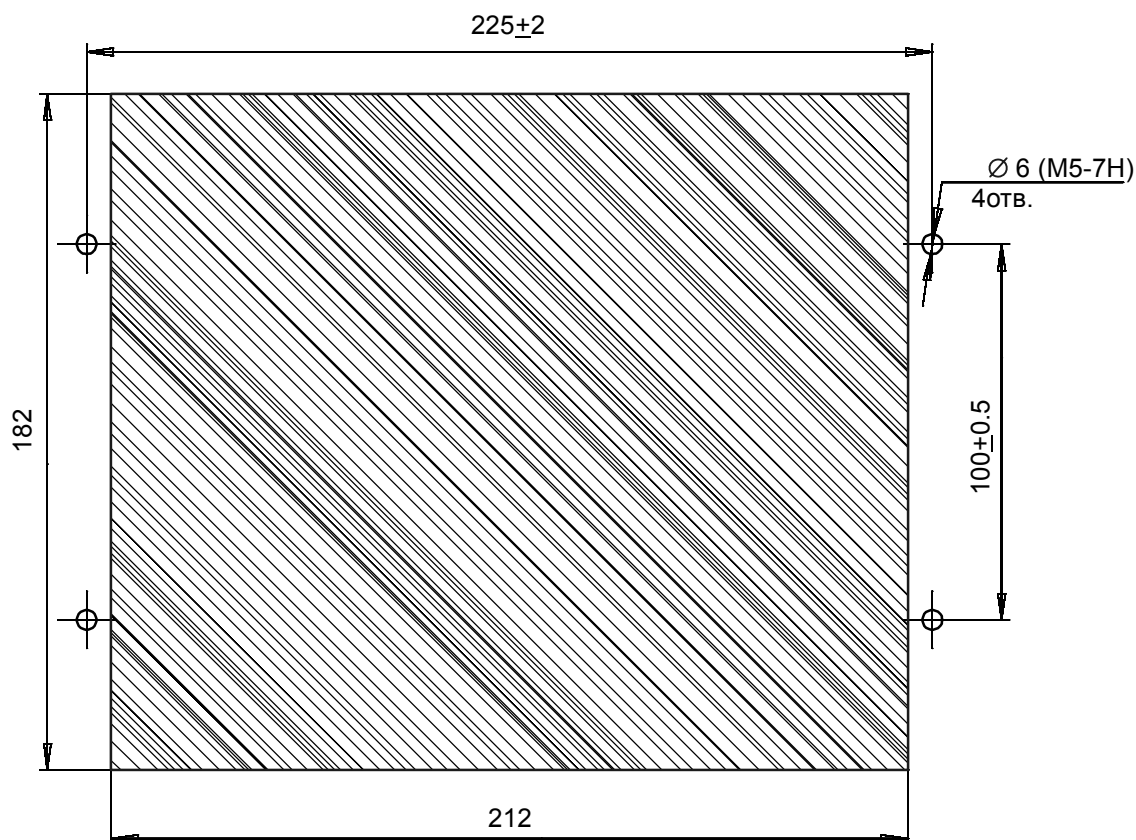


Рисунок Г.5 – Разметка панели под установку устройства «Сириус-2-ОМП»

ПРИЛОЖЕНИЕ Д **(обязательное)** **Схема подключения внешних цепей**

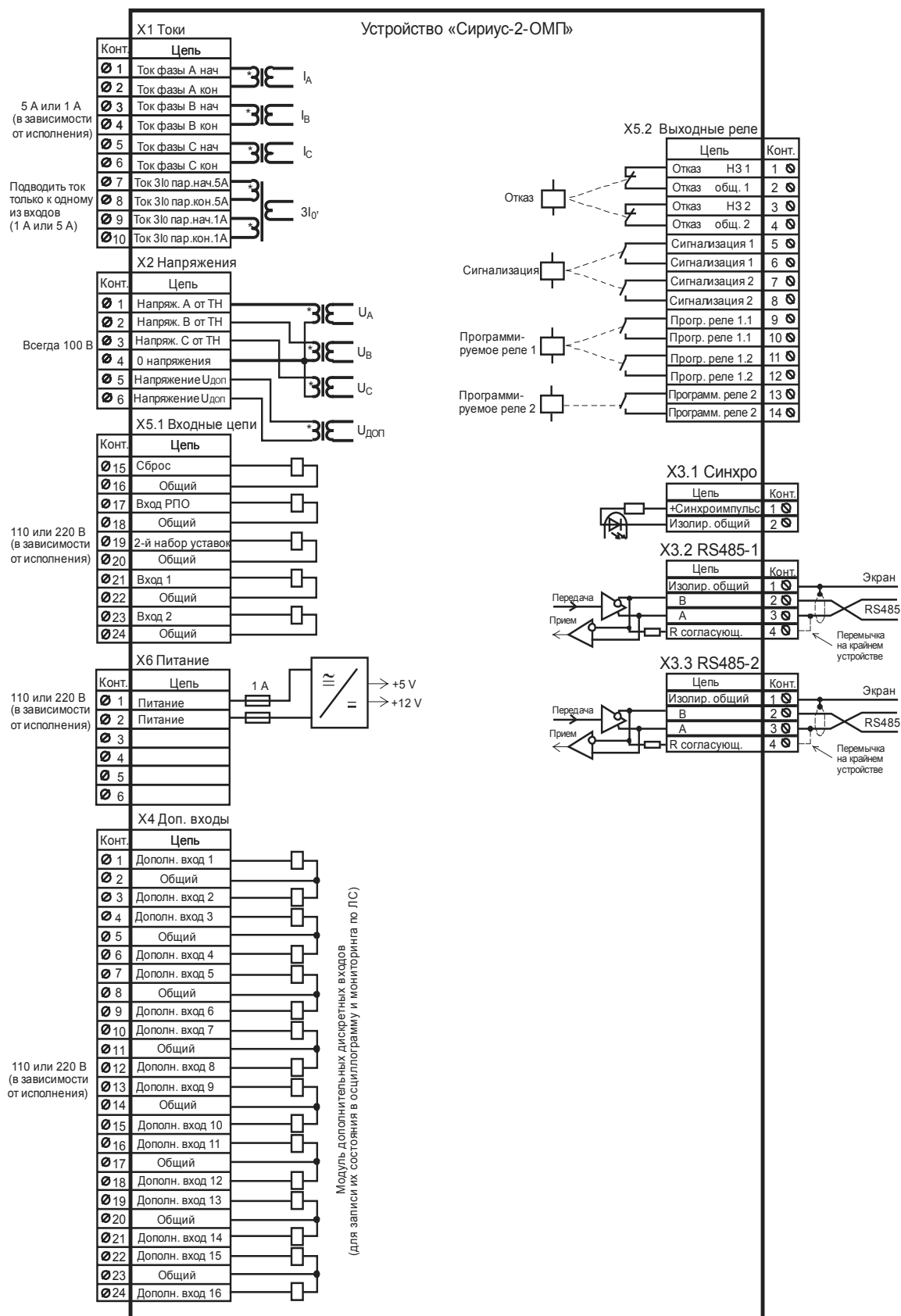


Рисунок Д.1 – Схема подключения внешних цепей к устройству «Сириус-2-ОМП»

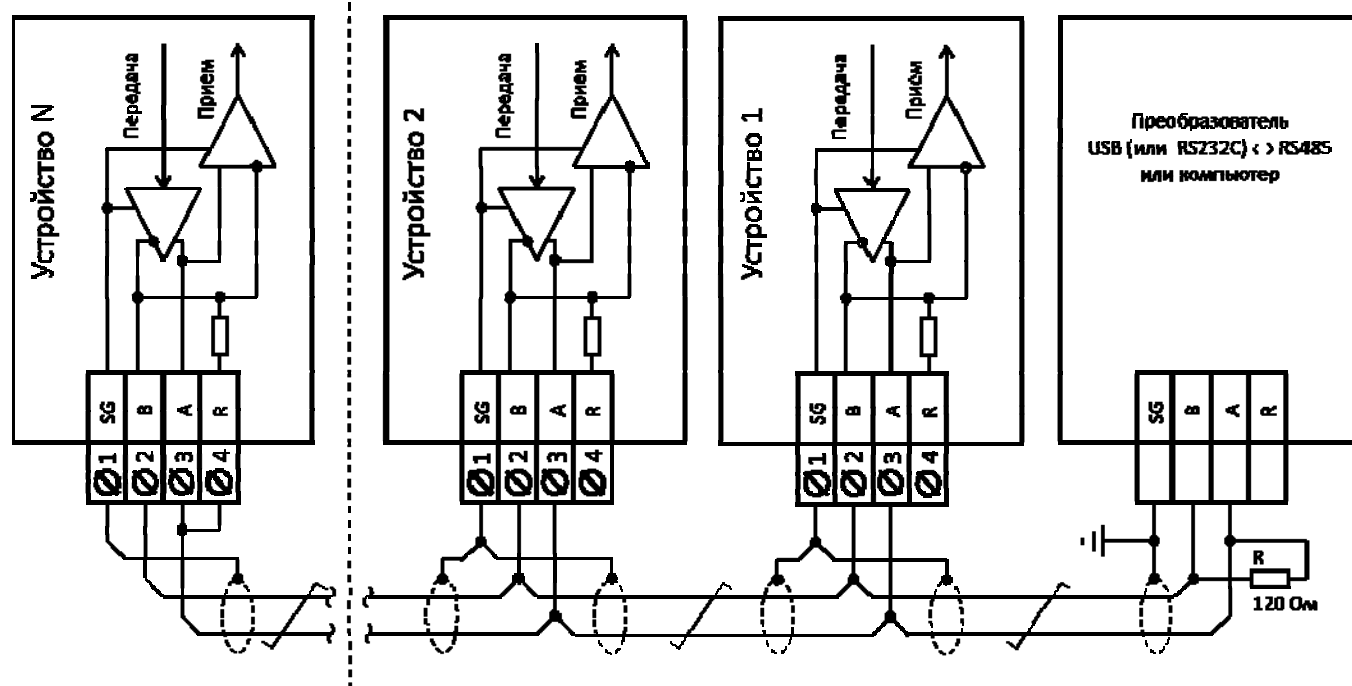


Рисунок Д.2 – Схема подключения устройств с интерфейсом RS485 в локальную сеть.
Внешний резистор R устанавливается при отсутствии встроенного резистора

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж **(обязательное)** **Диалог «человек-машина»**

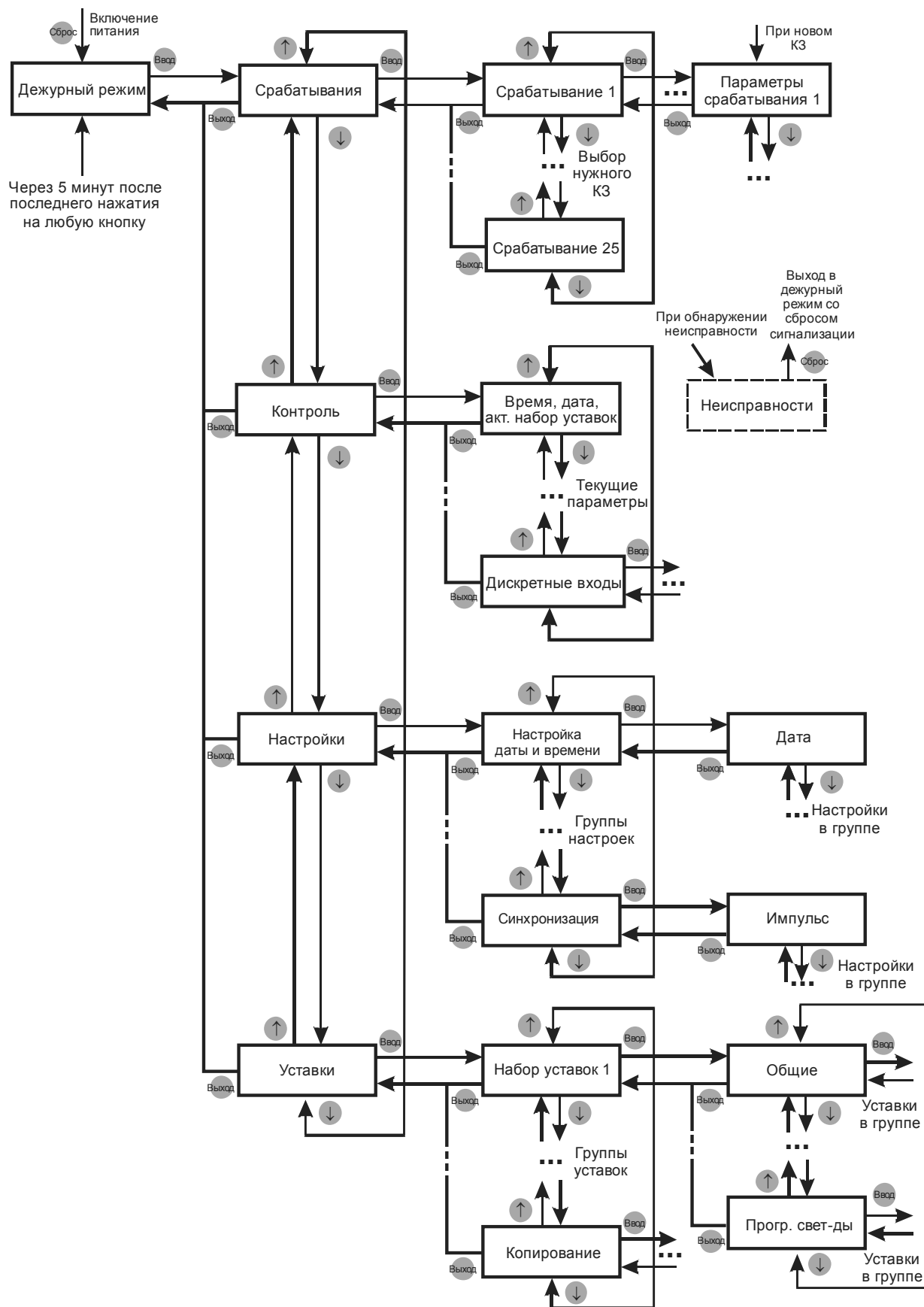


Рисунок Ж.1 – Общая структура диалога

Таблица Ж.1 – Диалог «Человек – Машина»

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Диапазон регулирования уставок или вывода значений параметров, примечание
Параметры срабатывания	Срабатывание 1 (последнее), вид КЗ, расстояние до КЗ, дата и время срабатывания	Вид КЗ, расстояние до КЗ, дата, время срабатывания, набор уставок при срабатывании		Основная информация о КЗ
		<i>Двухсторонний расчет выполнять</i>		МОЖНО / НЕЛЬЗЯ
		$3I_{0r}$, кА $3U_{0r}$, кВ	*	Первичные значения для двустороннего расчета расстояния по нулевой (с суммарным и разностным током) и обратной последовательностям
		$3I_{0\Sigma}$, кА $3I_{0\Delta}$, кА	*	
		I_{2r} , кА U_{2r} , кВ	*	
		I_{1r} , кА U_{1r} , кВ	*	Первичные значения
		$I_{\text{МАКС}}$, кА $T_{\text{АВАРИИ}}$, с $T_{\text{АПВ}}$, с	**	Макс. первичный ток КЗ Длительность аварии Бестоковая пауза АПВ (0 – не было АПВ – пауза свыше 100 с)
		U_{Ar} , кВ фаза, град. U_{Br} , кВ фаза, град. U_{Cr} , кВ фаза, град.	**	Первичные значения напряжения Фаза относительно U_A
		I_{Ar} , кА фаза, град. I_{Br} , кА фаза, град. I_{Cr} , кА фаза, град.	**	Первичные значения тока
		<i>Параллельная линия</i> $3I'_{0r}$, кА фаза, град.	**	Первичные значения
		<i>Характеристический угол</i> φ_L расчетный, ° φ_L измеренный, °	**	На основе уставок На основе измерения петли КЗ
		<i>Векторная диаграмма предаварийного режима</i>	U_{Ar} , кВ, ° U_{Br} , кВ, ° U_{Cr} , кВ, °	Первичные значения Фаза относительно U_A
			I_{Ar} , кА, ° I_{Br} , кА, ° I_{Cr} , кА, °	Первичные значения
			<i>Паралл. линия</i> $3I'_{0r}$, кА, °	Первичные значения
		Перерасчет расстояния		По нажатию кнопки «Ввод»
	Срабатывание 2			
	...			
	Срабатывание 25 (самое старое)			
Контроль	Текущее время Текущая дата Активный набор уставок			чч:мм:сс ДД.ММ.ГГГГ
	Вторичные значения (текущие)	U_{Ar} В U_{Br} В U_{Cr} В	фаза, град. фаза, град. фаза, град.	0...200,0 В 0...359° Вторичные значения

Продолжение таблицы Ж.1 на следующей странице

		I_{A1} А	фаза, град.	0...200,00 А 0...359°
		I_{B1} А	фаза, град.	Вторичные значения
		I_{G1} А	фаза, град.	
		$3I_{01}$ А	фаза, град.	0...200,00 А 0...359°
		$U_{доп1}$ В	фаза, град.	0...200,0 В 0...359°
		U_{AB1} В	фаза, град.	0...200,0 В 0...359°
		U_{BC1} В	фаза, град.	Вторичные значения
		U_{CA1} В	фаза, град.	
		U_{01} В		0...200,0 В
		U_{21} В		Вторичные значения
		U_{11} В		
	Первичные значения (текущие)	I_{01} А		0...200,00 А
		I_{21} А		Вторичные значения
		I_{11} А		
		U_{A1} кВ	фаза, град.	0...1500,0 кВ 0...359°
		U_{B1} кВ	фаза, град.	Первичные значения с 4-мя значащими цифрами
		U_{G1} кВ	фаза, град.	
		I_{A1} кА	фаза, град.	0...24,000 кА 0...359°
		I_{B1} кА	фаза, град.	Первичные значения с 4-мя значащими цифрами
		I_{G1} кА	фаза, град.	
		$3I_{01}$ кА	фаза, град.	0...24,000 кА 0...359°
	Векторная диаграмма (снимается в момент нажатия кнопки «Ввод»)	$U_{доп1}$ кВ	фаза, град.	0...1500,0 кВ 0...359°
		U_{AB1} кВ	фаза, град.	0...1500,0 кВ 0...359°
		U_{BC1} кВ	фаза, град.	Первичные значения с 4-мя значащими цифрами
		U_{CA1} кВ	фаза, град.	
		U_{01} кВ		Модули первичных значений с 4-мя значащими цифрами
		U_{21} кВ		
		U_{11} кВ		
		I_{01} кА		Модули первичных значений с 4-мя значащими цифрами
		I_{21} кА		
		I_{11} кА		
	Осциллограф	I_{A1} А	фаза, град.	0...200,00 А 0...359°
		I_{B1} А	фаза, град.	Вторичные значения
		I_{G1} А	фаза, град.	
		$3I_{01}$ А	фаза, град.	0...200,00 А 0...359°
	Входы 1: 0 0010 Входы 2: 0000 1000 Входы 3: 0010 0001	$U_{доп1}$ В	фаза, град.	0...200,0 В 0...359°
		U_{A1} В	фаза, град.	0...200,0 В 0...359°
		U_{B1} В	фаза, град.	Вторичные значения
	Тест светодиодов	U_{G1} В	фаза, град.	
		Записано осциллограмм, шт		Информация о количестве осциллограмм в памяти. Нажатие кнопки «Ввод» и последующего ввода пароля приводит к очистке памяти осциллограмм
		Свобод. память, с:		Свободная память в секундах
	Информация об устройстве	Свобод. память, %:		Свободная память в процентах
		Состояние дискретных входов (1 – активн.). Расписание входов приведено в Приложении К		
		Начало – по кнопке «Ввод»		
	Информация об устройстве	Все светодиоды мигают		
		ЗАО «РАДИУС Автоматика»		
		«Сириус-2-ОМП»		
	Информация об устройстве	Заводской номер:		
		XXXX XXXX		

Продолжение таблицы Ж.1 на следующей странице

Продолжение таблицы Ж.1

		Версия ПО Изменение уставок: дата и время	Номер программной версии Время и дата последнего изменения уставок	
Настройки	Дата		ММ.ЧЧ.ГГГГ	
	Время		чч:мм:сс	
	Деж. подсветка		ВКЛ / ОТКЛ	
	Осциллограф	Общие	Режим записи	ПЕРЕЗАП / ОСТАНОВ
			$T_{\text{МАКС. ОСЦ.}}, \text{с}$	1,00...20,00
			$T_{\text{ДОАВАРИЙН.}}, \text{с}$	0,04...1,00
			$T_{\text{ПОСЛЕАВАР.}}, \text{с}$	0,04...10,00
			$T_{\text{ПРОГРАММ.}}, \text{с}$	0,10...12,00
			$T_{\text{МАКС. ОСЦ.}}, \text{с}$	1,00...20,00
		Запуск 1	Точка	список в таблице Ж.3
			Режим	ПРЯМО-СЛЕД / ИНВЕР-СЛЕД / ПРЯМО-ФИКС / ИНВЕР-ФИКС
		...	...	...
		Запуск 10	Точка	список в таблице Ж.3
			Режим	ПРЯМО-СЛЕД / ИНВЕР-СЛЕД / ПРЯМО-ФИКС / ИНВЕР-ФИКС
	Порт 1 (USB)		Протокол	MODBUS
			Адрес	1...247
			Скорость, бод	1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 / 460800
			Четность	НЕТ / ЧЕТ / НЕЧЕТ
			Стоповые биты	1 / 2
	Порт 2 (RS 485 №1)		Протокол	MODBUS
			Адрес	1...247
			Скорость, бод	1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 / 460800
			Четность	НЕТ / ЧЕТ / НЕЧЕТ
			Стоповые биты	1 / 2
	Порт 3 (RS 485 №2)		Протокол	MODBUS
			Адрес	1...247
			Скорость, бод	1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 / 460800
			Четность	НЕТ / ЧЕТ / НЕЧЕТ
			Стоповые биты	1 / 2
Синхронизация		Импульс	СЕКУНДА / МИНУТА / ЧАС	
		Порт	ОТКЛ / RS485 / ОПТРОН	
Уставки Набор 1	Общие		Режим работы	НЕСЕЛЕКТ / СЕЛЕКТ
			ОМП	ПРЯМО / ПРЯМОиОБРАТНО
			$U_{\text{НОМ.}}, \text{кВ}$	6...750
			Вид нейтрали	ИЗОЛИР / ЗАЗЕМЛЕН
			$I_{\text{НОМ.}}, \text{А}$	20...5000
			$I_{\text{МНОМ.}}, \text{А}$	50...5000 (паралл. линия)
			Расчет ВД по осцил-ме	Адаптив. / Тотстройки
			$T \text{ отстройки}, \text{мс}$	0...200
			$I_0 \text{ несимм.}, \text{А}$	0,04...4,00 (исп. 1 А) 0,20...20,00 (исп. 5 А)

Продолжение таблицы Ж.1 на следующей странице

			I_1 перегрузки, А	0,04...4,00 (исп. 1 А) 0,20...20,00 (исп. 5 А)
			I_2 несимм., А	0,04...4,00 (исп. 1 А) 0,20...20,00 (исп. 5 А)
			I_2 / I_1 несимм.	0,10...1,00 ($I_1 > 0,04$ А исп. 1 А) ($I_1 > 0,20$ А исп. 5 А)
			I_0 / I_1 несимм.	0,10...1,00 ($I_1 > 0,04$ А исп. 1 А) ($I_1 > 0,20$ А исп. 5 А)
			U_0 , В	3...100
			U_2 , В	3...100
			$U_{1\phi}$, В	3...100
			ТТ фазы В	ЕСТЬ / НЕТ
			Тип АПВ	ОАПВ / ТАПВ
			Контакт выключателя	НЗ / НР
	Уставки линии	Участок 1	Длина участка, км	0–999,9
			$R_{1\phi ДЛ}$ Ом/км	0,010...1,000
			$X_{1\phi ДЛ}$ Ом/км	0,050...1,000
			$R_{0\phi ДЛ}$ Ом/км	0,010...6,000
			$X_{0\phi ДЛ}$ Ом/км	0,050...2,000
			$X_{0МУДЛ}$ Ом/км	0,000...4,000 (0 – нет взаим.)
			X_0 ОТПАЙКИ, Ом	0...400,0 (0 – нет отпайки)
			X_0 ПАРАЛЛ.ОТПАЙКИ, Ом	0...400,0 (0 – нет отпайки)
			$I_{\text{ОТВ.НАГР.}}$ А	0...400 первич. ток ответвления, (только для изолир. нейтрали)
		...		
		Участок 9	...	...
	Пусковые условия ОМП		I_0 , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			I_2 , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			$I_{1\phi}$, А	0,10...2,00 (исп. 1 А) 0,50...10,00 (исп. 5 А)
			Пуск по Δ	ОТКЛ / ВКЛ
			T пуска осц. по Δ , с	0,10...20,00
			I_0 для Δ , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			ΔI_0 , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			I_2 для Δ , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			ΔI_2 , А	0,05...1,00 (исп. 1 А) 0,25...5,00 (исп. 5 А)
			$I_{1\phi}$ для Δ , А	0,10...2,00 (исп. 1 А) 0,50...10,00 (исп. 5 А)
			$\Delta I_{1\phi}$, А	0,10...2,00 (исп. 1 А) 0,50...10,00 (исп. 5 А)
	Сигнализация		Длительность сигнали- зации	НЕПР / 1 с / 2 с / 3 с / 5 с / 10 с / 20 с
			От новой осц-мы	ОТКЛ / ВКЛ
			От нового КЗ	ОТКЛ / ВКЛ
			От отключения по входу РПО	ОТКЛ / ВКЛ
			От пуска по току	ОТКЛ / ВКЛ

Продолжение таблицы Ж.1 на следующей странице

Продолжение таблицы Ж.1

			От пуска по приращению тока	ОТКЛ / ВКЛ
			От несимметрии по I_0	ОТКЛ / ВКЛ
			От несимметрии по I_0/I_1	ОТКЛ / ВКЛ
			От несимметрии по I_2	ОТКЛ / ВКЛ
			От несимметрии по I_2/I_1	ОТКЛ / ВКЛ
			От перегрузки	ОТКЛ / ВКЛ
			От $U_0 >$	ОТКЛ / ВКЛ
			От $U_2 >$	ОТКЛ / ВКЛ
			От $U_1 <$	ОТКЛ / ВКЛ
			От Входа 1	ОТКЛ / ВКЛ
			От Входа 2	ОТКЛ / ВКЛ
	Входы	Вход 1	Актив. уровень	«1» / «0»
			$T_{CPAB, I}$ с	0,02...100,00
			Имя	до 12 символов
		Вход 2	Актив. уровень	«1» / «0»
			$T_{CPAB, I}$ с	0,02...100,00
			Имя	до 12 символов
	Программ. реле	Реле 1	Точка	из таблицы Ж.3
			Режим	Без фиксации / С фиксацией / Импульс
			$T_{CPAB, I}$ с	0,00...100,00
			$T_{BOЗBP, I}$ с	0,00...100,00
		Реле 2	Точка	из таблицы Ж.3
			Режим	Без фиксации / С фиксацией / Импульс
			$T_{CPAB, I}$ с	0,00...100,00
			$T_{BOЗBP, I}$ с	0,00...100,00
	Светодиоды	Светодиод 1	Точка	из таблицы Ж.3
			Режим	Без фиксации / С фиксацией
			$T_{CPAB, I}$ с	0,00...100,00
			Мигание	ОТКЛ / ВКЛ
		Светодиод 2	...	
		Светодиод 3	...	
		Светодиод 4	...	
		Светодиод 5	...	
Набор 2				
Копирование	Набор 1 → Набор 2			После ввода пароля
	Набор 2 → Набор 1			После ввода пароля

1. Нажатие кнопки «Ввод» приводит к переходу на нижестоящий уровень диалога или выбор индицируемого действия или параметра.

2. Циклический перебор параметров в пределах группы осуществляется кнопками «←» и «→».

3. Выход на вышестоящий уровень диалога осуществляется кнопкой «Выход».

4. Выбор участка расчета векторной диаграммы по осциллограмме для дальнейших расчетов односторонним методом производится в зависимости от уставки «Расчет ВД». При «адаптивном» режиме участок выбирается устройством автоматически путем просмотра всей осциллограммы от начала аварии по критерию получения двух соседних расчетных величин расстояния менее 3%, при заданном «Тотстройки» – по периоду, отстоящему от начала пуска на время Тотстройки. Шаг перемещения по осциллограмме – 5 мс.

5. Выбор уставкой типа алгоритма позволяет, при необходимости, применять расчеты расстояния по индуктивной составляющей на линиях напряжением 35 кВ.

6. В устройстве предусмотрен автоматический анализ осциллограммы на предмет перехода одного типа КЗ в другой с целью правильной работы при однофазном АПВ на линиях сверхвысокого напряжения. При включенной уставке типа выключателя – «ПОФАЗНЫЙ» при переходе из однофазного вида КЗ в

двухфазное противоположных фаз устройство предполагает, что это неполнофазный режим после однофазного отключения выключателем поврежденной фазы и не фиксирует его.

7. Пусковые условия осциллографа являются гораздо более широкими, чем ОМП. Функция ОМП и запись ее результатов в архив срабатываний выполняется по осциллограмме, уже записанной в память, только при условии выполнения в ней условий пуска ОМП по токам симметричных составляющих. При условии заданной уставки «Пуск по приращениям» – «ВКЛ» пусковыми условиями при анализе осциллограммы являются наименьшие значения из каждой пары уставок – значение тока симметричных составляющих простого пуска и такое же, необходимое для пуска по приращениям.

Соответственно, архив срабатываний несколько другой, нежели архив осциллограмм. При перерасчете в него попадают также и новые расчеты ОМП, но выполненные по одной и той же осциллограмме.

8. * – расчет через время Тотстройки от момента пуска, ** – расчет с адаптивным временем выбора.

Таблица Ж.2 – Возможные информационные предупредительные надписи, выдаваемые на экран ЖКИ

Расшифровка сообщения	Отображаемая надпись на индикаторе
Зафиксировано пропадание оперативного тока на устройстве	Сбой питания
Сообщение, выводимое на ЖКИ при приходе сигнала на Вход 1 (по умолчанию – «Вход 1»)	Вход 1 (надпись программируется уставкой)
Сообщение, выводимое на ЖКИ при приходе сигнала на Вход 2 (по умолчанию – «Вход 2»)	Вход 2 (надпись программируется уставкой)
Не вставлена или разряжена батарейка	Нет батарейки
Нет импульса синхронизации за удвоенный интервал времени, заданный уставкой (только при условии задания уставки наличия синхронизации)	Нет импульса синхронизации
Сбой архивной памяти КЗ, событий или осциллографа	Сбой памяти

Одновременно на индикаторе может отображаться не более трех надписей. Если одновременно возникает четыре или более сообщений, справа от надписи появляются символы «↓» и «↑». В этом случае для просмотра остальных сообщений можно воспользоваться кнопками «↓» и «↑».

Таблица Ж.3 – Возможные точки подключения пусков осциллографа, дополнительных выходных реле и сигнальных светодиодов к внутренней функциональной логической схеме

Точка подключения на функциональной логической схеме	Отображаемая надпись на индикаторе	Примечание
Не подключено	Не подключено	
Успешное тестирование (параллельно реле «Отказ»)	Работа	
Любой пуск ОМП	Пуск ОМП	
Пуск по I_0	$I_0 >$	
Пуск по I_1	$I_1 >$	
Пуск по I_2	$I_2 >$	
Любой пуск по I	$I >$	
Пуск по ΔI_0	$\Delta I_0 >$	
Пуск по ΔI_1	$\Delta I_1 >$	
Пуск по ΔI_2	$\Delta I_2 >$	
Любой пуск по ΔI	$\Delta I >$	
Пуск по U_0	$U_0 >$	
Пуск по U_1	$U_1 <$	
Пуск по U_2	$U_2 >$	
Несимметрия U (от дополнительного пускового органа по U_2 или U_0)	Несимметрия по U	
Состояние входа выключателя РПО	Вход РПО	
Состояние входа «2-й набор уставок»	2-й набор	
Состояние входа «Вход 1»	Вход 1	
Состояние входа «Вход 2»	Вход 2	
Новая осциллограмма записана	Новая осцил-ма	
Новое КЗ записано	Новое КЗ	
Перегрузка (от дополнительного пускового органа по I_1)	Перегрузка	
Несимметрия (от дополнительного пускового органа по I_0)	Несимметрия по I_0	
Несимметрия (от дополнительного пускового органа по I_0 / I_1)	Несимметрия по I_0 / I_1	
Несимметрия (от дополнительного пускового органа по I_2)	Несимметрия по I_2	
Несимметрия (от дополнительного пускового органа по I_2 / I_1)	Несимметрия по I_2 / I_1	
Элемент питания разряжен	Нет батар.	
Ошибка синхронизации времени	Нет синхр.	
Состояние дополнительного входа «Доп. вход 1»	Доп. вход 1	Только для запуска осциллографа
Состояние дополнительного входа «Доп. вход 2»	Доп. вход 2	Только для запуска осциллографа
...	...	...
Состояние дополнительного входа «Доп. вход 16»	Доп. вход 16	Только для запуска осциллографа

Примечание:

Функция «Перерасчет» предназначена для возможности оператору уже после КЗ заново провести расчет вида и места КЗ, предварительно изменив какие-либо уставки и повторив расчет с записанной ранее осциллограммой КЗ. При этом данные перерасчета записываются как новое очередное КЗ в архив срабатываний с пометкой «Перерасчет». Данная функция позволяет устранять ошибки ввода уставок по параметрам линии, а также подбирать наиболее оптимальные уставки по результатам КЗ с его найденным реальным местом.

ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное) Функциональные логические схемы

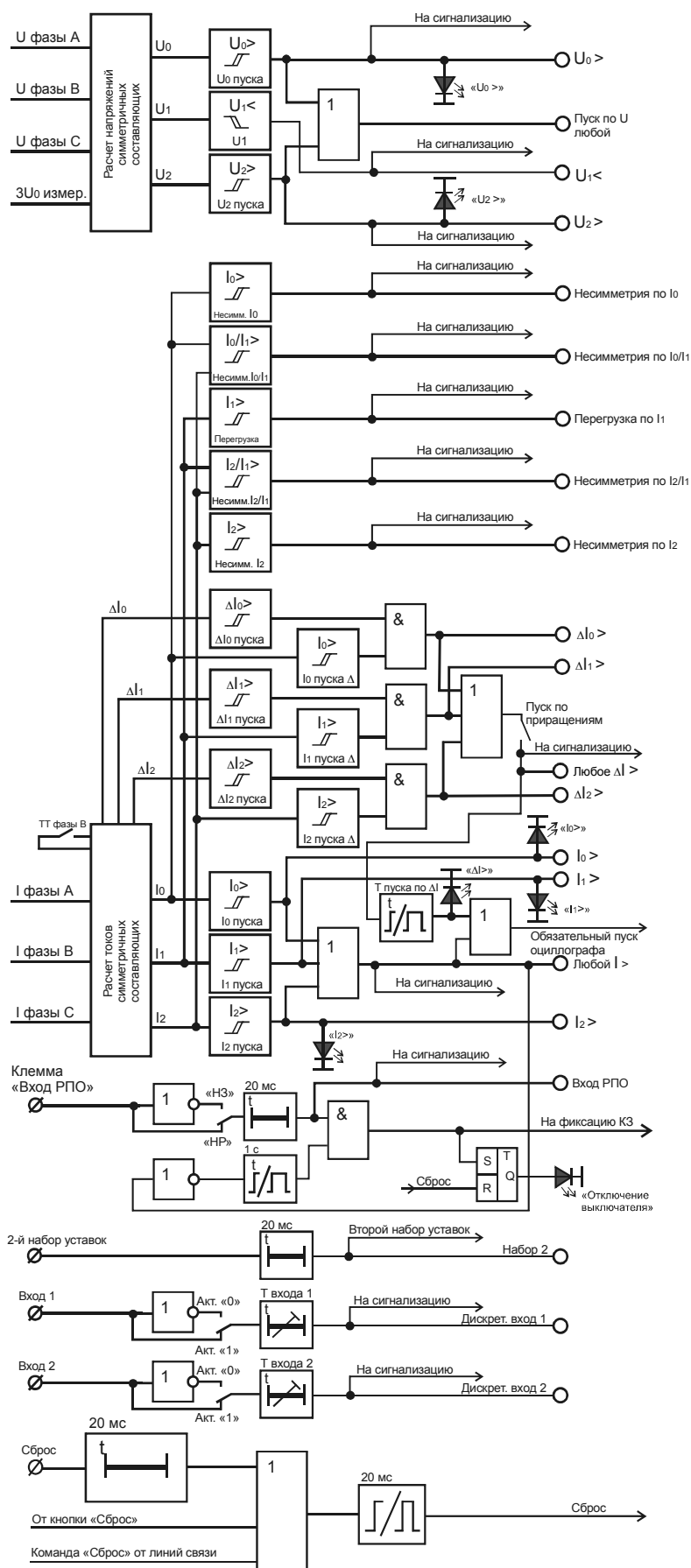


Рисунок И.1 – Пусковые условия

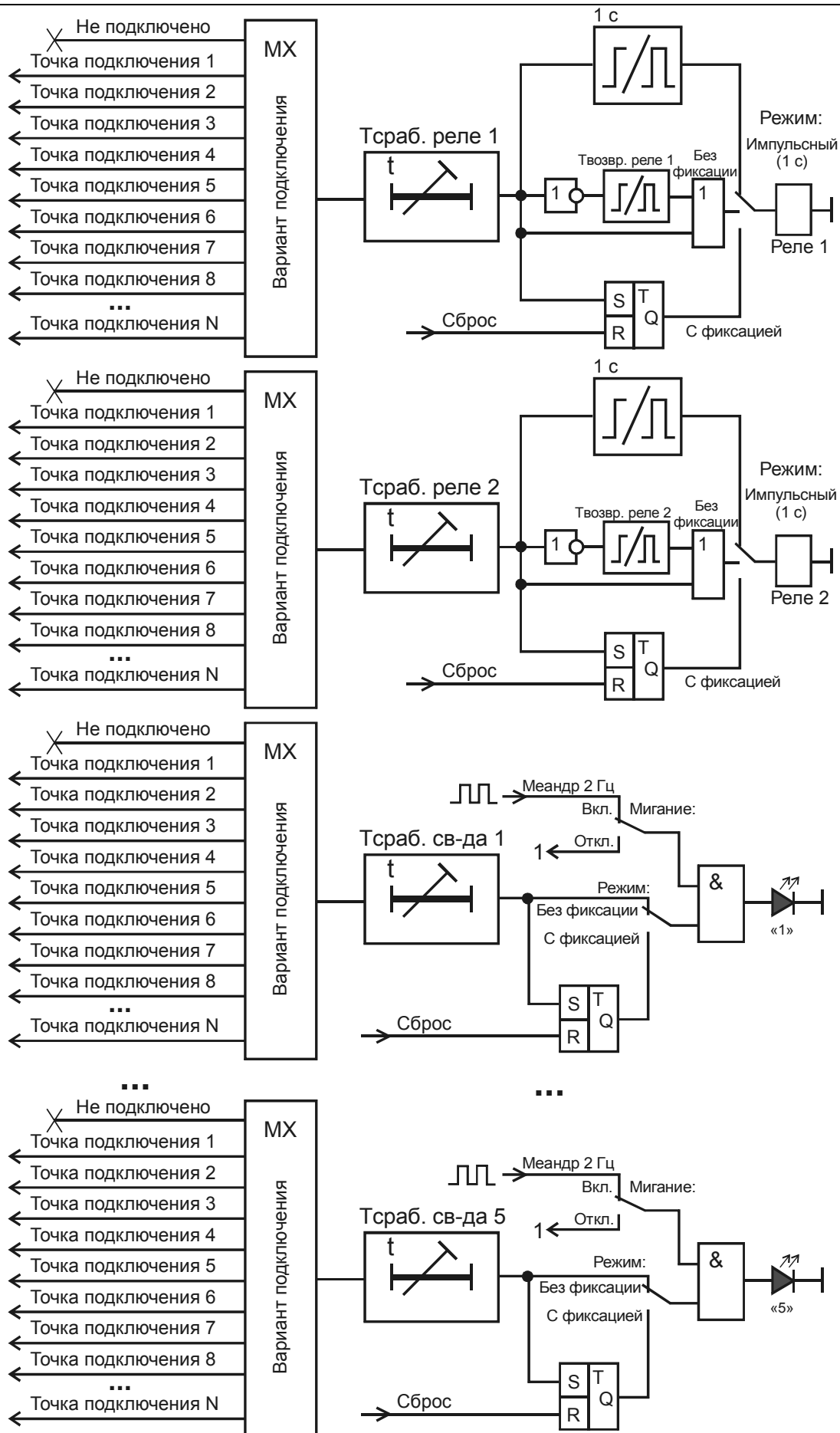
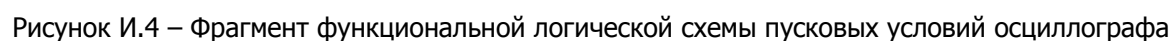
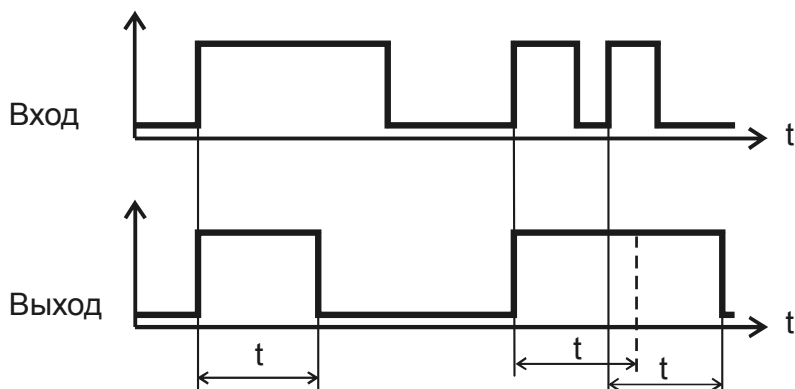
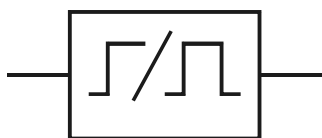


Рисунок И.2 – Фрагмент функциональной логической схемы программируемых выходных реле и светодиодов



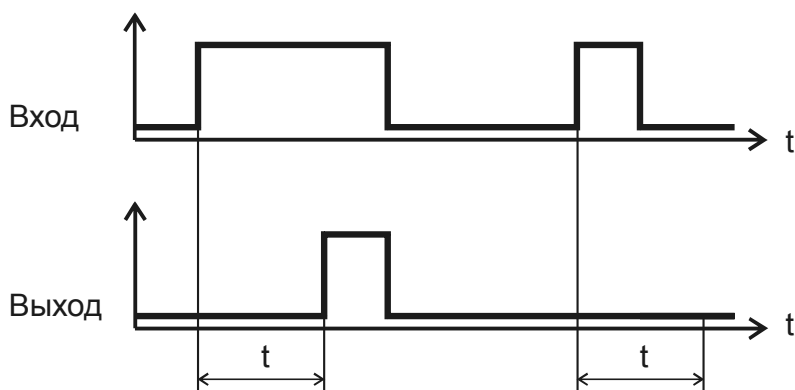
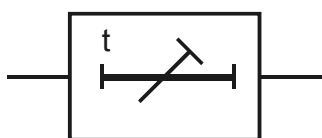
ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное) Элементы функциональных и логических схем

Перезапускаемый
одновибратор
 t

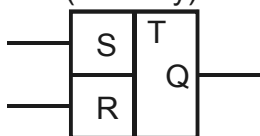


Если t на элементе не указано, то длительность выходного импульса равна одному программному циклу устройства (около 5 мс)

Элемент задержки



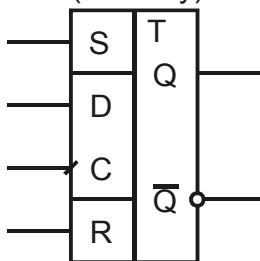
RS - триггер
(memory)



R	S	Q
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	0

Сигнал сброса триггера **R** имеет приоритет перед сигналом установки **S**

D - триггер
(memory)



C	D	R	S	Q	$\bar{Q}$
$\nearrow$	0	0	0	0	1
$\nearrow$	1	0	0	1	0
$\searrow$	X	0	0	Q	$\bar{Q}$
X	X	1	0	0	1
X	X	0	1	1	0
X	X	1	1	0	1

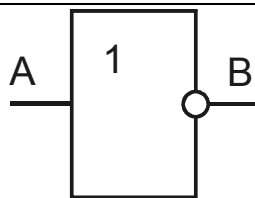
X – безразличное состояние

memory – элемент с памятью (сохраняет свое состояние после пропадания и нового появления напряжения питания)

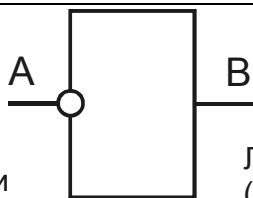
Q – предыдущее состояние выхода триггера (TG)



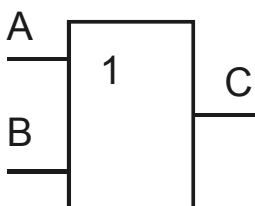
Светодиод на передней панели



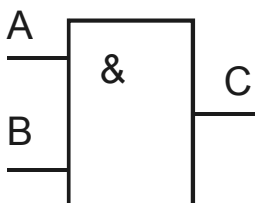
или

Логическое «НЕ»
(NOT)

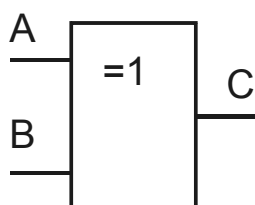
A	B
0	1
1	0

Логическое «ИЛИ»
(OR)

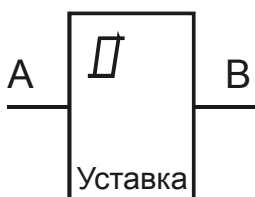
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Логическое «И»
(AND)

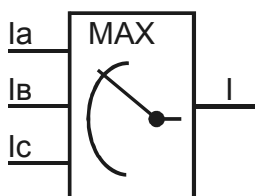
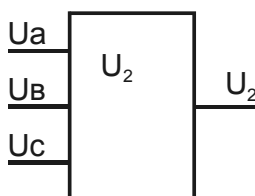
A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Исключающее «ИЛИ»
(XOR)

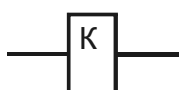
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Сравнение подводимого
значения с заданной
уставкой (с гистерезисом)

A > Уставки	B = 1
A = Уставке	B = 1
A < Уставки	B = 0

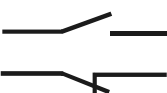
Выделение максимального
значения (из модулей величин) $I = \max(I_a, I_b, I_c)$ Вычисление обратной
последовательности
(напряжения или тока)

$$\vec{U}_2 = \frac{\vec{U}_A + \vec{U}_B \cdot e^{-j120} + \vec{U}_C \cdot e^{j120}}{3}$$



Выходное реле

или



Уставка конфигурации