

СОДЕРЖАНИЕ

	Страница
ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
1.1 Назначение	4
1.2 Технические характеристики	4
1.3 Состав и конструкция	10
1.4 Устройство и работа	10
1.5 Маркировка	15
1.6 Упаковка	15
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	16
2.1 Эксплуатационные ограничения	16
2.2 Подготовка к использованию	17
2.3 Использование по назначению	17
2.4 Порядок установки	18
2.5 Подготовка к работе	19
2.6 Порядок работы	22
2.7 Проверка параметров, регулирование и настройка	24
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	29
3.1 Общие указания	29
3.2 Техническое освидетельствование	29
4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	29
5 ХРАНЕНИЕ	29
6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	29
7 ПАСПОРТ	30
7.1 Свидетельство о приемке	30
7.2 Гарантии изготовителя	30
7.3 Комплектность	30
7.4 Тара и упаковка	30
ПРИЛОЖЕНИЕ	31

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по эксплуатации индикатора микропроцессорного фиксирующего ИМФ-1Р предназначено для обеспечения правильной эксплуатации устройства обслуживающим персоналом и поддержания его в полной готовности к работе.

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

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

Устройство должно устанавливаться на заземленные металлические конструкции, при этом необходимо обеспечить надежный электрический контакт между панелью и винтами крепления устройства. Винт заземления устройства должен быть соединен с контуром заземления подстанции медным проводом сечением не менее 2 мм².

Сокращения, используемые в тексте:

- АПВ – автоматическое повторное включение;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- БИ – блок индикации;
- БП – блок питания;
- БВ – блок входных трансформаторов;
- БВВ – блок ввода-вывода;
- КЗ – короткое замыкание;
- КЛ – клавиатура;
- МП – мультиплексор;
- ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
- ПРЦ – процессор;
- ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;
- ПИ – последовательный интерфейс;
- ЭНП – энергонезависимая память.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение

1.1.1 Индикатор микропроцессорный фиксирующий ИМФ-1Р (в дальнейшем – ИМФ) предназначен для непосредственного определения расстояния до места междуфазного короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи напряжением 6—35 кВ протяженностью до 200 км с дополнительной фиксацией действующих значений тока короткого замыкания, токов прямой и обратной последовательностей, напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей.

ИМФ предназначен для установки на линиях с односторонним питанием.

ИМФ фиксирует длительность короткого замыкания и момент его возникновения.

ИМФ фиксирует осциллограммы входных токов и напряжений аварийного процесса длительностью до 4,5 с с возможностью передачи данных по линии связи на центральный пульт управления или компьютер.

1.1.2 ИМФ должен устанавливаться на металлических заземленных панелях в помещениях щитов управления и релейной защиты подстанций.

1.1.3 В части воздействия климатических факторов ИМФ соответствует исполнению УХЛ 3.1 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89 с диапазоном рабочих температур от минус 20 до 55°C. Все технические характеристики ИМФ, кроме отображения информации на ЖК индикаторе, сохраняются до температуры минус 40°C.

1.1.4 В части воздействия механических факторов ИМФ соответствует группе М1 по ГОСТ 17516.1-90.

1.1.5 ИМФ имеет несколько вариантов исполнения, различающихся напряжением оперативного питания и типом последовательного интерфейса. При заказе после наименования изделия через тире следует указывать напряжение оперативного питания в вольтах, а также тип последовательного интерфейса (RS485 — RS или токовая петля — ТП).

Пример обозначения исполнения ИМФ для напряжения питания 220 В и с интерфейсом линии связи RS485:

«Индикатор микропроцессорный фиксирующий ИМФ-1Р-220-RS ТУ 4222-030-17326295-06».

1.1.6 Габаритные размеры и масса ИМФ:

– высота, мм	290;
– ширина, мм	145;
– глубина, мм	150;
– масса, кг, не более	6.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Основные технические характеристики

1.2.1.1 Электропитание ИМФ:

- питание ИМФ осуществляется от источника постоянного тока напряжением от 130 до 320 В или переменного тока напряжением от 105 до 264 В частотой от 45 до 55 Гц, либо от источника постоянного тока напряжением от 80 до 143 В, в зависимости от исполнения;
- потребляемая мощность не более 15 Вт;
- функционирование ИМФ не нарушается при перерывах питания длительностью до 0,1 с (при напряжении питания 220 В);
- функционирование часов реального времени и хранение информации об авариях обеспечивается при отсутствии оперативного питания до нескольких лет;
- ИМФ сохраняет выбранные режимы работы и значения уставок при отсутствии оперативного питания в течение всего срока службы;
- время готовности ИМФ к работе после подачи оперативного питания — не более 1 с.

1.2.1.2 Входные аналоговые сигналы:

- число входов по току 3;
- число входов по напряжению 3;
- номинальный входной переменный ток I_n , А 5;
- номинальное входное переменное напряжение U_n , В 100;
- номинальная частота переменного тока F_n , Гц 50;
- рабочий диапазон токов, А 2—150;
- рабочий диапазон напряжений, В 10—130;
- рабочий диапазон частоты переменного тока, Гц 50 ± 2 ;
- основная относительная погрешность измерения токов и напряжений, % ± 3
- дополнительная погрешность измерения токов и напряжений при изменении температуры окружающей среды в рабочем диапазоне на каждые 10°C , % ± 1
- дополнительная погрешность измерения токов и напряжений при изменении частоты входных сигналов в рабочем диапазоне на каждый 1 Гц, % ± 1
- термическая стойкость цепей тока, А, не менее
 - длительно 15;
 - кратковременно (1 с) 200;
- термическая стойкость цепей напряжения, В, не менее
 - длительно 130;
- потребляемая мощность входных цепей, В•А, не более
 - для цепей тока при I_n 0,5;
 - для цепей напряжения при U_n 0,5.

1.2.1.3 Входные дискретные сигналы:

- число входов (постоянного тока) 3;

- напряжение срабатывания, В 160—264 (80—140);
- напряжение несрабатывания, В 0—140 (0—70);
- длительность входного сигнала, мс, не менее 20.

1.2.1.4 Выходные дискретные сигналы:

- число выходов 3;
- коммутируемое напряжение постоянного или переменного тока, В, не более 264;
- ток замыкания/размыкания при активно-индуктивной нагрузке с постоянной времени L/R 50 мс, А, не более 5/0,15.

1.2.1.5 ИМФ обеспечивает функцию часов и календаря с индикацией года, месяца, даты, часа, минут, секунд. Погрешность хода часов не более ± 5 с/сутки.

1.2.1.6 Погрешность определения расстояния до места повреждения (при проверке в лабораторных условиях в соответствии с приведенными методами проверки) не превышает 5% при токе не менее номинального значения, угле между током и напряжением от 45 до 90 эл. град и расстоянии до места повреждения от 20 до 200 км. При меньшем расстоянии погрешность не превышает 1 км.

1.2.1.7 Электрическое сопротивление изоляции между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом в нормальных климатических условиях не менее 100 МОм.

Нормальными климатическими условиями являются:

- температура окружающей среды от 15 до 25°C;
- относительная влажность от 45 до 80%;
- атмосферное давление от 630 до 800 мм рт.ст.

1.2.1.8 Электрическая изоляция между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом выдерживает без повреждения подачу в течение 1 минуты испытательного напряжения 2000 В переменного тока частоты 50 Гц.

1.2.1.9 Электрическая изоляция между независимыми электрическими цепями и между этими цепями и корпусом выдерживает без повреждения подачу импульсов напряжения амплитудой до 5 кВ, длительностью 50 мкс и периодом следования 5 с.

1.2.2 Выполняемые функции

1.2.2.1 ИМФ обеспечивает вычисление, запоминание и вывод на дисплей и в линию связи следующей информации:

- вид повреждения и расстояние до места короткого замыкания $L_{кз}$, км;
- момент КЗ (год, месяц, число, часы, минуты, секунды);
- действующее значение тока КЗ $I_{кз}$, кА;
- длительность КЗ $T_{кз}$, с;
- действующее значение тока обратной последовательности I_2 , кА;
- действующее значение напряжения обратной последовательности U_2 , кВ;

- действующее значение тока прямой последовательности I_1 , кА;
- действующее значение напряжения прямой последовательности U_1 , кВ;
- действующее значение напряжения нулевой последовательности $3U_0$, кВ;
- длительность бестоковой паузы неуспешного цикла АПВ Тапв, с;
- расчетный характеристический угол линии, а также измеренное значение угла (между напряжением и током поврежденных фаз), эл. град;
- значения фазных и линейных векторов токов и напряжений аварийного режима (U_A и I_A , U_B и I_B , U_C и I_C , U_{AB} и I_{AB} , U_{BC} и I_{BC} , U_{CA} и I_{CA}) в полярных координатах;
- значения фазных векторов токов и напряжений доаварийного (нагрузочного) режима (U_A и I_A , U_B и I_B , U_C и I_C) в полярных координатах.

Значения тока КЗ и собственно расстояния до КЗ рассчитываются на основании одного из периодов записанной в памяти осциллограммы, выбранному по критерию «квазистационарности» процесса.

Векторные диаграммы нагрузочного режима и аварийного не привязаны друг к другу по фазе. Реально в приборе индицируются две группы измеренных значений в разные моменты времени от начала аварии.

1.2.2.2 ИМФ подключается к измерительным трансформаторам напряжения фаз А, В и С с номинальным линейным первичным напряжением от 3 до 35 кВ и номинальным вторичным напряжением 100 В.

1.2.2.3 ИМФ подключается к измерительным трансформаторам тока с номинальным вторичным током 5 А. Ток фазы В может подводиться к устройству при наличии трансформатора тока. При его отсутствии необходимо задать уставку – «ТТ фазы В – Нет» и оставить входные клеммы « I_B » свободными. Тогда ток будет восстановлен из токов I_A и I_C в векторном виде.

Первичные значения измерительных трансформаторов тока могут задаваться в диапазоне от 20 до 5000 А.

1.2.2.4 ИМФ обеспечивает следующие режимы фиксации КЗ:

— неселективный режим, при котором любое выполнение условий запуска или наличие сигнала на дискретном входе «Запуск» будет сопровождаться записью аварийного режима в память устройства;

— селективный режим, при котором также при наличии запуска запись измеренных и вычисленных значений в память устройства будет происходить только при условии замыкания внешнего контакта.

1.2.2.5 ИМФ определяет расстояние до места междуфазного КЗ при подключении его к трансформаторам тока как двух, так и трех фаз. Кроме того, определяется расстояние до находящегося на данной линии места двойного замыкания на землю. Однако для этого обязательно подключение прибора к ТТ всех трех фаз.

1.2.3 Регистрация

1.2.3.1 ИМФ осуществляет регистрацию девяти аварийных ситуаций, при этом запоминается информация, указанная в п.1.2.2.1.

1.2.3.2 ИМФ имеет режим осциллографирования, при этом в памяти запоминаются мгновенные значения всех токов и напряжений для девяти аварийных ситуаций. При регистрации фиксируется доаварийный участок в течение 80 мс. Максимальная длительность записи одной аварии — до 4,5 с. Запись осциллограммы производится при наличии срабатывания пусковых органов или подачи внешнего дискретного сигнала «Запуск». Период дискретизации – 1,667 мс. В случае отпущения пусковых органов запись осциллограммы заканчивается. Имеется послеаварийный участок длиной около двух периодов (40 мс). Всего в памяти может храниться максимально до 9 осциллограмм – по одной на каждое из фиксируемых КЗ.

1.2.3.3 После регистрации девяти аварийных ситуаций каждая последующая аварийная ситуация будет регистрироваться, стирая из памяти данные самой «старой».

1.2.4 Диагностика

ИМФ обеспечивает самодиагностику составных частей при включении питания, а также периодически во время работы. При обнаружении неисправности на внутренние светодиодные индикаторы выдается сообщение об ошибке, и устройство блокируется. Расшифровка сообщений приведена в табл. 3 Приложения.

1.2.5 Настройка и конфигурирование

Устройство обеспечивает ввод и отображение уставок конфигурирования и задания необходимых параметров для нормальной работы. Сводный список всех имеющихся в устройстве уставок приведен в табл. 1.1—1.3.

Таблица 1.1 Уставки общие

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон регулирования
Номинальное первичное напряжение измерительных трансформаторов напряжения	U _{ном}	кВ	3—35 (линейное)
Номинальный первичный ток измерительных трансформаторов тока	I _{ном}	А	20—5000
Чередование фаз в энергосистеме	Черед.		Прямое / Обратное
Наличие трансформатора тока в фазе В	ТТ фазы В		Откл / Вкл
Удельное активное сопротивление линии прямой последовательности	R _{1уд}	Ом/км	0,05—2,00
Удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности	X _{1уд}	Ом/км	0,05—1,00

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон регулирования
Удельное реактивное сопротивление линии нулевой последовательности	$X_{0уд}$	Ом/км	0,10—2,00
Ток I_1 запуска по току прямой последовательности	$I_{1пуска}$	А	0,25—10,00
Ток I_2 запуска по току обратной последовательности	$I_{2пуска}$	А	0,25—5,00
Напряжение $3U_0$ порога для определения наличия «земли» при двухфазных КЗ	$3U_0$ порога	В	5,0—99,9
Режим фиксации КЗ	Режим		Селективный / неселективный
Длительность сигнала наличия несчитанного (нового) КЗ (выход реле)	$T_{сигнал}$	с	1, 2, 3, 5, 10, 20 или непрерывно
Текущая дата		число, месяц, год	1—31, 1—12, 0—99
Текущее время		час, мин	0—23, 0—59
Контрастность индикатора	Контраст		0—15
Пароль	Пароль		0—9999

Таблица 1.2 Уставки интерфейса RS232C

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон регулирования
Протокол связи	Протокол		Старт / Modbus
Скорость обмена, бод	Скорость		300 / 600 / 1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200
Modbus: номер устройства			1—247
Modbus: контроль четности			Нет / чет / нечет
Modbus: количество стоповых битов			1 / 2
Пароль	Пароль		0—9999

Таблица 1.3 Уставки интерфейса RS485 (токовой петли)

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон регулирования
Протокол связи	Протокол		Старт / Modbus
Скорость обмена, бод			300 / 600 / 1200

Наименование уставки	Условное обозначение	Единица измерения	Диапазон регулирования
			/ 2400 / 4800 / 9600 / 19200
Modbus: номер устройства			1—247
Modbus: контроль четности			Нет / чет / нечет
Modbus: количество стоповых битов			1 / 2
Пароль	Пароль		0—9999

- Примечания:
1. Значения всех уставок вводятся с клавиатуры.
 2. Уставки времени сигнализации, а также некоторых параметров передачи информации по линии связи выбираются из ряда фиксированных значений.
 3. В качестве пароля используются последние четыре цифры заводского номера устройства. Незначащие нули вводятся слева от числа.
 4. Для изменения даты, времени и регулировки контрастности ввод пароля не требуется.
 5. Значение пароля можно вводить в любом удобном месте диалога, при этом оно сохраняется до выхода в дежурный режим — индикации текущих токов нагрузки по всем фазам.

1.3 Состав и конструкция

1.3.1 В состав ИМФ входят следующие модули:

- модуль центрального процессора (ПРЦ);
- модуль ввода-вывода (ВВ);
- модуль клавиатуры-индикации (КИ);
- модуль трансформаторов (ТР).

1.3.2 Конструктивно ИМФ представляет собой металлический корпус, внутри которого установлены модуль центрального процессора, модуль ввода-вывода и модуль трансформаторов. На лицевой панели размещен модуль клавиатуры-индикации. С тыльной стороны расположены клеммы для внешних подключений. Внешний вид ИМФ приведен на рис. 4—6 Приложения.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Структурная схема

1.4.1.1 Структурная схема устройства приведена на рис. 1 Приложения.

Токи и напряжения контролируемой линии поступают на первичные обмотки измерительных трансформаторов модуля ТР. С вторичных обмоток трансформаторов сигналы поступают на входные фильтры для подавления

высших гармонических составляющих и шумовых помех и, далее, на вход мультиплексора МП, расположенного на плате контроллера. С мультиплексора сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь АЦП, преобразующий аналоговые сигналы в цифровую форму.

Модуль КИ позволяет выводить информацию на табло в буквенно-цифровом виде. Табло выполнено на двухстрочном жидкокристаллическом индикаторе с подсветкой. Режимы работы устройства задаются с клавиатуры КЛ, содержащей 5 кнопок («←», «→», «Выход», «Ввод» и «Сброс»).

Модуль ВВ обеспечивает прием сигналов от контактов выключателя и внешнего запуска, а также выдачу сигналов контактами реле на внешний сигнализацию. Кроме того, на нем расположен блок питания, который обеспечивает все узлы устройства необходимыми напряжениями.

Все управление устройством осуществляет микропроцессорный контроллер ПРЦ, построенный на базе микропроцессора i80C386EX и содержащий ПЗУ и ОЗУ. Для хранения уставок используется специальная энергонезависимая память ЭНП.

1.4.2 Основные расчетные соотношения

1.4.2.1 Вычисление расстояния до места повреждения обеспечивается путем предварительного решения следующих задач:

а) Самозапуск устройства в случае возникновения аварийного режима на контролируемой линии.

б) Фиксация значений токов и напряжений линии в течение аварийного режима (цифровое осциллографирование).

в) Фильтрация (подавление помех от экспоненциальных и высших гармонических составляющих) зафиксированных значений токов и напряжений и расчет их декартовых координат.

г) Определение вида короткого замыкания и расчет расстояния до места КЗ.

д) Определение временных параметров аварии.

Решение всех задач осуществляется путем цифровой обработки информации по заданной программе.

1.4.2.2 Устройство постоянно следит за токами и напряжениями в линии, оцифровывая токи и напряжения с частотой 600 Гц (период 1,6667 мс) по 12 точек на период. Одновременно все оцифрованные сигналы, включая дискретные, пишутся в память для сохранения цифровой осциллограммы для передачи ее компьютеру по линии связи.

1.4.2.3 Раз в период производится расчет всех векторов тока и напряжения по программе цифровой фильтрации (дискретное преобразование Фурье) относительно частоты 50 Гц. При этом получают декартовы координаты всех векторов тока и напряжения с взаимосвязанными фазовыми соотношениями. В случае отсутствия трансформатора тока в фазе В при задании установки «ТТ фазы В — Откл» расчет вектора тока фазы В производится по формуле

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

1.4.2.4 На основе векторов тока и напряжения рассчитываются значения симметричных составляющих $U_1, U_2, 3U_0, I_1, I_2$.

При расчете производных симметричных составляющих величин тока и напряжения принимается в расчет значение уставки «Чередование фаз – прямо/обратно».

1.4.2.5 Одновременно рассчитываются модули линейных напряжений.

1.4.2.6 Далее производится сравнение токов симметричных составляющих с заданными уставками пусковых органов. Уставки задаются во вторичных значениях (А).

1.4.2.7 В случае превышения хотя бы одним параметром значения уставки условие пуска считается выполненным, устройство начинает отсчет времени КЗ и выдает сигнал на реле «Запуск». Остановка счетчика времени происходит по обратному фронту аварии (нет пуска), при этом используется коэффициент срабатывания по пусковым токам, равный 0,95 для четкой работы пускового органа. Таким образом измеряется длительность КЗ $T_{кз}$ для выдачи ее потом на индикацию.

Остановка счетчика времени $T_{кз}$ происходит также и по истечению времени 10 с после начала аварии, в случае отсутствия ее окончания. При этом индицируемое время КЗ будет фиксировано и равно 10 с. При этом на индикаторе будет отображаться надпись « $T_{кз} > 10$ с».

К пусковым органам с аналогичной логикой работы относится также наличие активного сигнала на дискретном входе «Внешний запуск».

1.2.4.8 По отпусканию пускового органа запускается счет времени счетчика бестоковой паузы АПВ. Остановка счетчика производится по моменту начала нового КЗ. Если время $T_{апв}$ превышает 100 с, то счетчик обнуляется – считается, что новое КЗ уже не является связанным с циклом АПВ, а является полностью независимым.

1.4.2.9 Задача самозапуска решается путем проверки любого из следующих условий:

$$I_1 > I_{1\text{пуска}} \quad (2)$$

$$I_2 > I_{2\text{пуска}} \quad (3)$$

где I_1, I_2 – измеренные и рассчитанные значения модулей входного тока соответственно прямой и обратной последовательностей контролируемой линии;

$I_{1\text{пуска}}, I_{2\text{пуска}}$ – токи (вторичные значения) порогов срабатывания, введенные в качестве уставок запуска устройства.

Симметричные составляющие, используемые для проверки условий самозапуска (2) и (3), вычисляются на основе рассчитанных векторов токов трех фаз А, В и С.

Мгновенные значения отсчитываются с периодичностью в 30 электрических градусов и постоянно записываются в память в циклический

буфер. Одновременно производится цифровая фильтрация и расчет токов симметричных составляющих для решения пусковой задачи.

Для определения временных параметров после основного съема значений производится решение пусковой и обратной задач. При этом определяется момент отключения линии.

Далее, в селективном режиме, в течение 0,5 секунды ожидается замыкание внешнего контакта, в случае его обнаружения производится обработка информации. Если контакт не был замкнут, то авария не обрабатывается и не записывается в основную память, а устройство переходит в дежурный режим без фиксации КЗ.

В неселективном режиме запись и обработка данных происходит сразу после обнаружения пропадания условий запуска.

Устройство измеряет время бестоковой паузы при неуспешном АПВ с максимальной длительностью 99,99 с. В случае превышения времени между двумя соседними КЗ значения 100 с они считаются отдельными и длительность цикла АПВ обнуляется.

Далее определяется вид короткого замыкания и осуществляется переход на соответствующие расчетные формулы для каждого вида КЗ.

1.4.2.10 Трехфазное КЗ выявляется при условии несимметрии токов, не превышающей 20%, то есть, проверяется выполнение условия:

$$5 \bullet I_2 < I_1 \quad (4)$$

1.4.2.11 Остальные несимметричные КЗ принимаются двухфазными.

1.4.2.12 Для выявления наличия замыкания на землю при двухфазных коротких замыканиях дополнительно проверяется условие наличия «земли» по напряжению нулевой последовательности:

$$3U_0 > 3U_{0\text{порога}}; \quad (5)$$

где $3U_0$ — величина напряжения нулевой последовательности, рассчитанная на основании измерений трех фазных напряжений;

$3U_{0\text{порога}}$ — значение уставки.

В случае выполнения условия (5) двухфазное замыкание считается с землей в этой же точке и при индикации вида КЗ к поврежденным фазам добавляется символ «0», например, BC0.

1.4.2.13 В случае применения на линии всех трех трансформаторов тока и задании уставки «ТТ фазы В – ВКЛ» дополнительно проверяется условие двойного замыкания на землю на разных линиях по трехкратному превышению значения одного из токов значений остальных двух фаз.

В этом случае расчет ведется по формуле, аналогичной применяемой для расчета расстояния при однофазных замыканиях на землю на линиях с глухозаземленной нейтралью. Так как вторая поврежденная фаза при этом неизвестна, то вид КЗ индицируется как двухфазное с землей, но вторая поврежденная неизвестная фаза выводится символом «X», например, AX0.

1.4.2.14 В случае неуверенного определения вида повреждения, а также нестабильных данных токов и напряжений в осциллограмме, используемой при расчете расстояния до КЗ, на индикатор после вида КЗ дополнительно

выводится знак вопроса, например, BC0?, предупреждающий оператора о недостаточной надежности индицируемых данных.

1.4.2.15 Специально для контроля правильности подключения всех цепей и периодического контроля векторной диаграммы токов и напряжений на обслуживаемой линии предусмотрена следующая функция: При нажатии на кнопку «Ввод» в режиме «Контроль, Векторная диаграмма» делается съем всех токов и напряжений (в течение периода сети) и расчет углов для вывода векторной диаграммы на индикатор. Эти данные не заносятся в память устройства и только сразу отображаются.

1.4.3 Линия связи

1.4.3.1 ИМФ оснащен двумя интерфейсами линии связи с компьютером – RS232C на передней панели устройства и RS485 или «Токовая петля» – на задней (X3).

Разъем RS232C на передней панели предназначен, в основном, для проведения пуско-наладочных работ и позволяет соединяться с компьютером по принципу «точка – точка». Схема соединительного кабеля приведена в Приложении на рис.11. Гальванической развязки от схемы устройства данный интерфейс не имеет.

1.4.3.2 Разъем-клеммник X3 на задней панели ИМФ 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.

1.4.3.3 Устройство ИМФ может поставляться в двух вариантах исполнения интерфейса второй линии связи X3 – RS485 либо «Токовая петля». Варианты подключения при использования различных интерфейсов приведены на общей схеме подключения устройства на рис. 3а и рис. 3б Приложения, а схема соединения нескольких устройств к компьютеру через соответствующий преобразователь — на рис. 13 и рис. 14 Приложения.

1.4.3.4 При варианте исполнения «Токовая петля» данный интерфейс можно подключать к компьютеру через специальное устройство сопряжения УС, выпускаемое фирмой «Радиус Автоматика».

1.4.3.5 При варианте исполнения RS485 данный интерфейс можно подключать к любым стандартным преобразователям или портам компьютера с аналогичным интерфейсом.

1.4.3.6 Оба интерфейса со стороны терминала программно полностью идентичны и имеют возможность настройки на два вида программных протоколов с помощью уставок.

1.4.3.7 ИМФ поддерживает два вида протоколов связи – «Старт» и Modbus. Протокол «Старт» является специфическим и поддерживается программным обеспечением «Старт», поставляемым фирмой «РАДИУС Автоматика». Протокол Modbus является стандартным и поддерживается многими разработчиками и поставщиками программного обеспечения. Выбор протокола связи осуществляется уставками для каждого интерфейса независимо.

1.4.3.8 При задании типа протокола Modbus уставками необходимо дополнительно ввести параметры этого протокола, 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.

1.4.3.9 При выборе протокола «Старт» достаточно задать только скорость обмена данными из стандартного ряда. Остальные уставки этой группы при данном протоколе не используются.

1.4.3.10 Оба интерфейса связи позволяют выполнять все доступные операции по линии связи, могут работать одновременно, в том числе на разных скоростях передачи и по разным протоколам.

1.4.3.11 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.

1.4.3.12 Монтаж линии связи с интерфейсом RS485 рекомендуется производить с помощью витой экранированной пары, соблюдая полярность подключения проводов.

1.4.3.13 Монтаж линии связи с интерфейсом «Токовая петля» рекомендуется производить с помощью двух витых пар, соединяя по одному из проводов каждой из них между собой (должны быть замкнуты между собой контакты 2 и 4 клеммника X3). Экранировка при этом желательна, но не обязательна.

1.4.3.14 Варианты цоколевки разъема X3 в зависимости от вида исполнения устройства приведены на рис. 3а и 3б Приложения.

1.5 Маркировка

1.5.1 На корпусе устройства имеется маркировка, содержащая следующие данные:

- товарный знак;
- обозначение изделия, вид исполнения;
- заводской номер изделия;
- дату изготовления (месяц, год).

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

1.6 Упаковка

ИМФ, принятый ОТК предприятия-изготовителя, упаковывают согласно требованиям технической документации.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

Технические характеристики ИМФ, несоблюдение которых может привести к выходу ИМФ из строя, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Эксплуатационные ограничения

Наименование параметра	Предельное значение
Максимальное напряжение питания ИМФ (пост. ток) (перем. ток) (пост. ток)	320 В (вариант 220 В) 264 В (вариант 220 В) 143 В (вариант 110 В)
Минимальное напряжение питания ИМФ (пост. ток) (перем. ток) (пост. ток)	130 В (вариант 220 В) 105 В (вариант 220 В) 80 В (вариант 110 В)
Максимальное входное напряжение (длительно)	130 В
Максимальный фазный ток (длительно)	15 А
Максимальный фазный ток (односекундный)	200 А
Максимальный ток коммутации выходных реле: – при замыкании цепей переменного тока – при замыкании цепей постоянного тока – при размыкании цепей переменного тока – при размыкании цепей постоянного тока	8 А при 250 В 8 А при 250 В 8 А при 250 В 0,15 А при 250 В
Максимальное напряжение дискретного входа	264 В
Минимальная температура окружающего воздуха	–20°C
Максимальная температура окружающего воздуха	+55°C

2.2 Подготовка к использованию

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1 К работе с ИМФ допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, знающие правила оказания первой медицинской помощи при поражении электрическим током и умеющие ее оказать, знающие правила тушения пожаров и умеющие применять средства пожаротушения.

2.2.1.2 Инструменты, используемые при техническом обслуживании, должны иметь ручки из изоляционного материала.

2.2.1.3 Замена предохранителей должна производиться только при отключенном напряжении. Предохранители должны соответствовать номиналу.

2.2.1.4 При работе запрещается вставлять и извлекать из корпуса ИМФ блоки при поданном напряжении питания, подсоединять и отсоединять кабели интерфейса.

2.2.2 Внешний осмотр

Перед установкой ИМФ необходимо произвести контроль на отсутствие следов ударов и царапин на корпусе, трещин и сколов на экране дисплея, целостность разъемов.

2.3 Использование по назначению

2.3 Выбор режимов работы и значений уставок.

2.3.1 Устройство может использоваться в одном из двух режимов:

1. Селективное срабатывание.
2. Неселективное срабатывание.

При выборе режима работы следует учитывать, что для реализации режима селективного срабатывания требуется подключение внешнего напряжения через релейный контакт, замыкание которого, длительное или кратковременное, должно происходить не позднее 0,5 с после отпускания пусковых органов устройства. Если замыкания внешнего контакта не произошло, то КЗ не зафиксируется в памяти, и устройство вновь перейдет в режим слежения.

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, и реализуется заданием соответствующего значения уставки «Режим».

2.3.2 Для обеспечения правильного функционирования устройства должны быть предварительно определены и введены уставки согласно п.2.5 настоящего РЭ.

2.4 Порядок установки

2.4.1 Присоединительные размеры устройства приведены на рис. 4 Приложения. Механическая установка устройства на панель может производиться согласно прилагаемому эскизу на рис. 7 Приложения.

2.4.2 Электрическая схема подключения приведена на рис. 3а и 3б.

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 для исполнения 220 В произвольная. При исполнении устройства на постоянное напряжение питания =110 В вывод «+» батареи подключается к контакту 1 разъема Х5, а «-» — к контакту 2.

2.4.3 Правильность подключения токовых цепей в обязательном порядке должна быть проконтролирована анализом векторной диаграммы нагрузочного режима, снятой в режиме «Контроль». Типичный вид векторных диаграмм при различном чередовании фаз в энергосистеме приведен на рис. 9а и рис. 9б Приложения.

2.4.4 Режим неселективного срабатывания обеспечивается вводом уставки «Неселективный режим». При этом никаких внешних сигналов или перемычек подводить не нужно.

В селективном режиме напряжение от внешнего замыкающего релейного контакта для записи информации в память и начала расчетов подключается к контактам «Режим». К входным контактам устройства следует подводить постоянное напряжение, равное напряжению питания исполнения устройства. Время ожидания замыкания контакта после окончания условий запуска — 0,5 с. После этого времени данные о КЗ сбрасываются без фиксации.

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 Тсигн от 1 до 20 с, или как непрерывное замыкание до нажатия кнопки «Сброс». В импульсном режиме сигнализации при появлении нового КЗ реле вновь сработает и снова выдаст сигнал заданной длительности.

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 линии связи 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 устанавливаются (проверяются) значения обязательно ВСЕХ уставок.

Некоторые уставки доступны для изменения без ввода пароля – это текущие время и дата, а также контрастность индикатора, 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 все равно продолжают оставаться в работе.

В режиме «Уставки» при правильно введенном пароле символ  в правом верхнем углу индикатора меняется на , сообщая о переходе доступа к соответствующему буферу памяти уставок – от рабочего к редактируемому, и возможности изменения значений 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 индикаторе «Да». Одновременно происходит перезапись новых значений уставок в энергонезависимую память. 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 в следующем порядке:

а) Согласно диалогу рис. 2 Приложения войти в режим «Уставки общие», нажимая на кнопку «Ввод», а затем — «←», добиться высвечивания уставки — значения пароля (по умолчанию — 0000).

б) Для ввода числовых значений пароля и других уставок необходимо нажать кнопку «Ввод». При этом первая цифра числа начнет мигать. Кнопками «←» и «→» необходимо установить требуемое значение первой цифры и нажать кнопку «Ввод». При этом начнет мигать следующая цифра и т.д. Нажатие кнопки «Ввод» при последней мигающей цифре вызовет ввод установленного значения в устройство, а кнопки «Выход» — возврат к прежнему значению и прекращение мигания. Если введенное значение превышает допустимые рамки для данной уставки, то нажатие кнопки «Ввод» при последней мигающей цифре приведет к миганию первой цифры, требуя ввода корректного значения уставки. В качестве пароля используются 4 последних цифры заводского номера устройства. Значение пароля обнуляется при выходе из режима индикации уставок (в дежурный режим – индикации токов нагрузки всех трех фаз).

в) Далее кнопкой «→» выводят на индикатор значение следующей уставки (номинальное напряжение своей линии) и вводят необходимое значение. Нажатие на кнопку «Ввод» при последней мигающей цифре приведет к прекращению мигания уставки и фиксации значения данной уставки. Наоборот, кнопкой «Выход» можно отказаться от изменений и вернуться к первоначальному значению уставки. Отсутствие мигания значения уставки свидетельствует о неправильном вводе пароля.

г) Нажатием кнопки «→» вызвать на табло очередную уставку — значение номинального первичного тока ТТ линии. Ввод требуемого значения осуществляется аналогично.

е) Значение уставок времени фиксации Тсигнал, а также некоторых параметров передачи по линиям связи осуществляется из фиксированного ряда значений.

ж) При отображении даты для ввода нового значения надо нажать кнопку «Ввод», при этом значение числа месяца начнет мигать. Кнопками «←» и «→» необходимо установить текущее число месяца и нажать кнопку «Ввод». При этом начнет мигать месяц года. Ввод месяца, а потом года производится аналогично. Нажатие кнопки «Ввод» вводит новое значение в устройство, а кнопки «Выход» — отменяет его. Ввод несуществующего дня при нажатии кнопки «Ввод» приведет к автоматическому переходу на следующее число.

Ввод текущего времени осуществляется аналогично. При вводе значения минут производится обнуление секунд.

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?». Если предварительно нажать кнопки-стрелки для замены появляющейся по умолчанию надписи на индикаторе «Да» на надпись «Нет», то в этом случае в устройстве останутся старые значения уставок.

Для удобства ввода в каждом из подменю уставок предусмотрен пункт ввода пароля.

Значение пароля сбрасывается в 0 при выходе в режим индикации текущих токов по фазам (дежурный режим индикации).

2.5.3 Всего требуется ввести значения следующих уставок:

— пароль — четырехзначное число для доступа к изменению уставок. Это — заводской номер изделия;

— Уном, кВ — номинальное первичное напряжение измерительных трансформаторов линии или шин. Уставка определяется номинальным линейным напряжением линии;

— Ином, А — номинальный первичный ток измерительных трансформаторов тока линии. Уставка определяется установленными трансформаторами тока на высоковольтной линии;

— чередование фаз — прямо/обратно. Эта уставка вызвана тем, что в некоторых энергосистемах принято другое, обратное чередование фаз — АСВ, что сказывается на расчете составляющих прямой и обратной последовательностей;

— ТТ фазы В — наличие трансформатора тока в фазе В. В случае задания «Откл» ток фазы В будет рассчитываться в векторной форме на основе векторов токов фаз А и С;

— $R_{\text{уд}}$, Ом/км — удельное активное сопротивление линии прямой последовательности. В случае затруднений с получением ее значения для конкретной линии определяется по справочнику, исходя из марки применяемого провода и его сечения, как удельное сопротивление постоянному току. В случае разнородной линии рекомендуется сначала рассчитать полное сопротивление всей линии по сумме участков, а затем, поделив его на длину линии, получить усредненное удельное значение;

— $X_{\text{уд}}$, Ом/км — удельное реактивное сопротивление линии прямой последовательности. Обычное значение для линий 6—35 кВ равно 0,37—0,4 Ом/км;

— $X_{0\text{уд}}$, Ом/км — удельное реактивное сопротивление линии нулевой последовательности, Ом/км. В случае его незнания можно ввести значение равное 1,4 Ом/км;

— ток I_1 запуска (по току прямой последовательности). Обычное значение — 6,0 А. (Для устойчивой работы и отсутствия дребезга порог запуска по всем токам симметричных составляющих имеет коэффициент возврата порядка 0,95).

— ток I_2 запуска (по току обратной последовательности). Обычное значение — 1,0 А;

— $3U_0$ порога, В — вторичное напряжение нулевой последовательности, при превышении которого двухфазное КЗ будет считаться двухфазным с землей;

— Тсигнал, с — время выдачи замкнутого состояния реле сигнализации о наличии нового КЗ. Регулируется дискретно от 1 с до непрерывного сигнала. В импульсном режиме каждое новое КЗ будет формировать замыкание контактов на время Тсигнал независимо от того, было ли считано предыдущее КЗ. При задании «Непрерывно» для сброса выходного реле «Сигнал» необходимо нажать кнопку «Сброс»;

— режим фиксации — селективный или неселективный. В неселективном режиме КЗ будет фиксироваться всегда при выполнении условий запуска, а в селективном — только еще и при условии подведения внешнего сигнала на вход «Режим» не позднее 0,5 с после окончания пусковых условий;

— протокол передачи по линии связи. Определяет вид используемого протокола связи по каждому из каналов. При использовании программы «Старт» необходимо задать «Старт», а при использовании в системе АСУ — Modbus. Задается отдельно для каждого из каналов связи;

— скорость ЛС — определяет скорость передачи данных по линии связи (по RS232C — RS232, по токовой петле или RS485 — RS485, не зависят друг от друга). При наличии в локальной сети нескольких устройств скорость у всех обязательно должна быть одинаковой и совпадать с установленной в компьютере. Задается отдельно для каждого из каналов связи;

— номер устройства в локальной сети связи при использовании протокола Modbus (от 1 до 247). Задается отдельно для каждого из каналов связи;

— наличие и вид контроля по четности посылок при использовании протокола Modbus (нет, по четности, по нечетности). Задается отдельно для каждого из каналов связи;

— количество стоп-бит при использовании протокола Modbus (1 или 2). Задается отдельно для каждого из каналов связи;

— контрастность ЖК индикатора. Регулируется в пределах от 0 до 15, при этом контрастность пропорциональна числу;

— текущее значение времени в часах и минутах;

— текущая дата (число, месяц, год).

Для удобства работы все уставки разбиты на 3 группы – общие, уставки интерфейса RS232C и уставки интерфейса RS485 (токовой петли).

Значения всех уставок хранятся в энергонезависимой памяти устройства.

Уставки необходимо определять и вводить с максимальной точностью, так как от них зависит правильность и точность работы устройства.

По окончании настройки обязательно проверяют все введенные уставки для исключения ошибок.

2.5.4 После подключения всех цепей и при наличии достаточной нагрузки на контролируемой линии (более 0,2—0,4 А вторичных) необходимо проверить правильность подключения ИМФ путем снятия параметров нагрузки в режиме «Контроль».

Снятие векторной диаграммы осуществляется в режиме «Контроль» при нажатии на табло «Векторная диаграмма» нажатием кнопки «Ввод». При этом ИМФ производит измерения токов и напряжений, которые сразу же отображаются на индикаторе в виде значений модулей и углов векторов. Обновить информацию можно, войдя снова в режим «Векторная диаграмма» и нажав кнопку «Ввод».

Далее с индикатора считываются значения и фазы векторов токов и напряжений и строится векторная диаграмма для подтверждения правильности сборки цепей. Фазы векторов токов и напряжений индицируются относительно вектора напряжения U_A . Отставание от вектора U_A (поворот по часовой стрелке) индицируется знаком «-» (см. рис.15 Приложения). 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 рис. 9а и 9б Приложения.

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

2.6 Порядок работы

2.6.1 В дежурном режиме работающий ИМФ должен высвечивать токи нагрузки по все трем фазам в первичных амперах. Подсветка индикатора включена всегда постоянно в любом режиме.

При запуске устройства включается светодиод «Запуск». Находясь в дежурном режиме, после фиксации данных аварии и проведения всех расчетов ИМФ высвечивает на индикаторе вид КЗ и расстояние до него в км. При этом включается светодиод «Фиксация» и замыкаются контакты реле сигнализации

с функцией «Есть несчитанная информация». ИМФ при этом вновь находится в режиме слежения, хотя на индикаторе продолжает отображаться зафиксированная информация о КЗ.

При последующем КЗ ИМФ фиксирует его и высветит на индикаторе новое значение расстояния. Таким образом, при наличии двукратного АПВ линии, может быть зафиксировано до трех результатов измерений при одной аварии, что существенно повышает достоверность результатов ОМП.

Результат последнего зафиксированного КЗ будет высвечиваться на индикаторе до нажатия любой кнопки клавиатуры. Реле сигнализации и светодиод «Фиксация» сбрасываются только по кнопке «Сброс».

В случае если КЗ произойдет в момент нахождения ИМФ не в дежурном режиме, устройство все равно аналогично зафиксирует и обработает аварию, включит светодиод «Фиксация» и реле сигнализации, но при этом не изменит текущий режим работы и надписи на индикаторе.

2.6.2 ИМФ имеет два режима считывания 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 экран 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 номер нужного КЗ.

При считывании результатов аварийного режима кнопкой «→» на индикатор последовательно выводятся следующие параметры:

- вид КЗ, расстояние до КЗ, а также дата и время возникновения аварии;
- ток и длительность короткого замыкания;
- ток и напряжение обратной последовательности;
- ток и напряжение прямой последовательности;
- напряжение нулевой последовательности;
- длительность бестоковой паузы при неуспешном АПВ;
- расчетный характеристический угол линии с измеренным значением этого же угла (между напряжением и током поврежденных фаз);
- векторная диаграмма аварийного режима;
- векторная диаграмма доаварийного (нагрузочного) режима.

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

2.6.3 Структура диалога приведена на рис. 2 Приложения.

2.6.4 В случае нечеткого определения вида КЗ встроенным алгоритмом устройства на экране рядом с видом повреждения будет отображен знак вопроса. Аналогично будет индизироваться вид КЗ и при отсутствии в записанной осциллограмме стабильного участка сигналов. В этих случаях индицируемое на экране ИМФ расстояние не является достоверным.

2.6.5 Информация о характеристическом угле линии и измеренном реальном угле между аварийными напряжениями и токами на линии позволяет определить наличие переходного сопротивления в месте КЗ. Если индицируемые углы примерно равны, значит 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 собственно места замыкания, зная характер повреждения (металлическое или нет), так и соответственно скорректировать зону обхода для поиска.

Как правило, при расчете расстояния до двухфазного КЗ с переходным сопротивлением устройство как бы удаляет его – индицирует большее расстояние. Отсюда можно считать, что истинное расстояние до КЗ будет по крайней мере не больше показанного устройством.

2.7 Проверка параметров, регулирование и настройка

2.7.1 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.

2.7.2 Сопротивление изоляции измеряется между группами соединенных между собой выводов согласно табл. 1 Приложения, а также между этими группами и корпусом блока (клеммой заземления). Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 100 МОм.

2.7.3 Необходимо определить (рассчитать) и ввести требуемые для работы ИМФ уставки. Задание (проверка) уставок выполняется при подключенном питании независимо от подключения остальных цепей.

По окончании настройки обязательно проверяют введенные уставки для исключения ошибок.

2.7.4 Проверка работоспособности и точности выполняется при наличии оперативного питания и подключении к индикатору 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 50 А. Проверка точности измерения и расчета двухфазных замыканий может быть выполнена при применении однофазных источников тока и напряжения. Для проверки трехфазных КЗ необходима полная трехфазная система токов и напряжений, а для проверки двойных замыканий на землю на разных линиях необходимы однофазные источник тока и напряжения, но с возможностью регулирования угла между ними.

Проверку точности расчета двойных замыканий на землю рекомендуется выполнять при сдвиге фаз между током и напряжением в 90 эл. градусов, 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 табл. 2 Приложения.

Съем векторной диаграммы выполняется в следующей последовательности:

1. Устройство выводится в режим «Контроль, Векторная диаграмма».
2. Устанавливаются значения входного напряжения и тока.
3. Нажатием кнопки «Ввод» осуществляется съем данных и сразу их отображение на индикаторе. Входной ток снимается после пуска через 2—3 с.

Срабатывание также можно производить и в режиме слежения, подавая толчком предварительно отрегулированный ток на время 0,2—3,0 с. Но при этом вывод на индикатор снятой векторной диаграммы будет сложнее.

2.7.5 Проверка самозапуска проводится в любом режиме при любом входном напряжении, например, 50 В (можно 0). Значения $I_{1\text{пуска}}$ и $I_{2\text{пуска}}$ должны быть установлены равными заданным уставкам, например, 6,00 и 1,00 А соответственно. При имитации трехфазных КЗ путем подачи симметричной системы токов запуск должен происходить при входном токе каждой фазы, равном уставке $I_{1\text{пуска}}$. При имитации двухфазных КЗ запуск должен происходить при входном подаваемом токе в одну (с расчетом фазы В) или две фазы, в $\sqrt{3}$ раз большем значения уставки $I_{2\text{пуска}}$. При этом также проверяют коэффициент возврата, равный 0,95.

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

2.7.6.1 Проверку удобно проводить, выводя устройство в дежурный режим.

Входные величины подводятся в соответствии с имитируемым видом КЗ.

Входное напряжение не должно превышать 100 В.

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

2.7.6.2 Для проверки двухфазных КЗ на ИМФ подают однофазное напряжение между wybranными 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. табл. 2 и рис. 10). При имитации КЗ вида АС ток подается в две фазы последовательно. Расчетное расстояние определяется по формуле:

$$L_p = \frac{K_T}{2 \cdot Z_{1уд}} \cdot \frac{U}{I}, \quad (6)$$

где L_p – расчетное расстояние, км;

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

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

$$K_T = \frac{K_{ТН}}{K_{ТТ}} = 50 \cdot \frac{U_N}{I_N} \quad (7)$$

где $K_{ТН}$, $K_{ТТ}$ – коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока линии электропередачи, соответственно;

U_N , I_N – первичные номинальные значения трансформаторов напряжения и тока, введенные как уставки.

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

$$L_p = \frac{K_T}{Z_{1уд}} \cdot \frac{U}{I}, \quad (8)$$

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

2.7.6.4 Для проверки двойных замыканий на землю на разных линиях к ИМФ 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

$$L_p = \frac{3 \cdot K_T}{2 \cdot X_{1уд} + X_{0уд}} \cdot \frac{U}{I} \cdot \sin \varphi, \quad (9)$$

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

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

Упрощенные формулы (6) – (9) справедливы только для испытательных режимов в соответствии с таблицей 4.

2.7.7 Проверка точностных параметров и дополнительной информации.

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

$$\delta = 100 \cdot \frac{L_{инд} - L_p}{L_p}, \quad (10)$$

где $L_{инд}$ – 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.

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

а) Напряжение 50 В, ток 10 А, режимы 1—3 табл. 2;

б) Напряжение 50 В, ток 100 А (допускается 50 А);

в) Напряжение 50 В, ток — 3 А. При проведении измерений по условиям данного подпункта допускается увеличение средней погрешности до $\pm 10\%$. После срабатывания возможно появление расстояния 999,9 км.

2.7.7.3 Дополнительную информацию считывают и анализируют при одном из видов междуфазного замыкания. Эффективные 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 (двойных КЗ на разных линиях) согласно табл. 2 Приложения расчетные значения составляющих определяются по выражениям

$$I_{\text{КЗ}} = I_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТТ}}, \quad (11)$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТТ}}}{3}, \quad (12)$$

$$U_0 = U_1 = U_2 = \frac{U_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТН}}}{3}. \quad (13)$$

При имитации междуфазных КЗ согласно табл. 2 Приложения расчетные значения составляющих определяются по выражениям:

$$I_{\text{КЗ}} = I_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТТ}}, \quad (14)$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТТ}}}{\sqrt{3}}, \quad (15)$$

$$U_0 = 0,$$

$$U_1 = U_2 = \frac{U_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТН}}}{2 \cdot \sqrt{3}}, \quad (16)$$

где $I_{\text{ВХ}}$, $U_{\text{ВХ}}$ – подводимые к устройству ток и напряжение соответственно,

$K_{\text{ТТ}}$, $K_{\text{ТН}}$ – коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения соответственно.

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

2.7.9 Проверка селективного режима запуска проводится при имитации КЗ любого вида. В селективном режиме после запуска и срабатывания ИМФ при наличии постоянного напряжения 220 В или 110 В (в зависимости от исполнения устройства) между контактами «Фиксация КЗ» должен высвечиваться вид и расстояние до КЗ, замыкаться контакт сигнализации («Сигнал»), включаться светодиод «Фиксация». В противном случае ИМФ должен игнорировать аварию. При значении уставки «Режим – Неселективный» любое КЗ должно фиксироваться в памяти аварий.

2.7.10 Встроенная самодиагностика составных частей устройства проводится автоматически по включению питания, а также во время работы. При обнаружении неисправности ИМФ блокируется. Код ошибок платы процессора высвечивается на встроенных внутренних светодиодах, расположенных на модуле процессора и предназначен для ремонта на заводе-изготовителе или в специализированной лаборатории.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие указания

Обслуживающий персонал отвечает за техническое состояние и готовность ИМФ к работе, осуществляет управление работой ИМФ, обеспечивает проведение регламентных работ.

3.2 Техническое освидетельствование

3.2.1 ИМФ не имеет измерительных приборов, входящих в его состав, подлежащих поверке и аттестации органами инспекции и надзора.

3.2.2 После проведения регламентных работ в паспорте ИМФ оператором делается отметка о техническом освидетельствовании ИМФ и возможности дальнейшей эксплуатации.

4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

4.1 При обнаружении неисправности ИМФ самоблокируется, а на дисплей выводится сообщение об обнаруженной неисправности.

4.2 Неисправный ИМФ должен быть снят с эксплуатации, упакован и отправлен на предприятие-изготовитель с сопроводительным письмом, содержащим подробное описание неисправности.

5 ХРАНЕНИЕ

Устройства должны храниться в упакованном виде в закрытых отапливаемых помещениях при температуре от 5 до 35 °С и влажности до 80%

Срок хранения до ввода в эксплуатацию — не более одного года.

6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1 Транспортирование устройств в транспортной упаковке предприятия-изготовителя допускается производить любым видом транспорта с обеспечением защиты от дождя и снега, в том числе:

- автомобильным транспортом на расстояние до 1000 км по дорогам с асфальтовым и бетонным покрытием (первой категории) без ограничения скорости или на расстояние до 250 км по бульжным и грунтовым дорогам (второй и третьей категории) со скоростью до 40 км / час;

- железнодорожным и воздушным (в отапливаемых герметизированных отсеках), речным видами транспорта, в сочетании их между собой и автомобильным транспортом;

- морским транспортом.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Проверка электрического сопротивления изоляции

Группа контактов	Наименование
$I_{AH}, I_{AK}, I_{BH}, I_{BK}, I_{CH}, I_{CK}$	Токовые цепи
$U_A, U_B, U_C, 0$ напряжения	Цепи напряжения
«Отказ» – 3, «Сигнал» – 3, «Пуск» – 3	Выходные релейные цепи
«Внеш. запуск» – 2, «Фиксация КЗ» – 2, «Резерв» – 2	Входные логические цепи
$\cong 220\text{ В} (= 110\text{ В})$ (обе клеммы)	Цепи питания

Таблица 2

Имитация различных видов КЗ для проверки устройства ИМФ-1Р

Номер режи- ма	Вид КЗ	Контакты для подключения				
		цепей тока			цепей напряжения	
		Начало	Конец	Перемычка	Начало	Конец
1	AX0	I_{AH}	I_{AK}	-	U_A	0 напряжения
2	BX0	I_{BH}	I_{BK}	-	U_B	0 напряжения
3	CX0	I_{CH}	I_{CK}	-	U_C	0 напряжения
4	AB	I_{AH}	I_{BH}	I_{AK}, I_{BK}	U_A	U_B
5	BC	I_{BH}	I_{CH}	I_{BK}, I_{CK}	U_B	U_C
6	CA	I_{CH}	I_{AH}	I_{CK}, I_{AK}	U_C	U_A

Примечание: значение уставки «ТТ фазы В» должно быть «Вкл».

Таблица 3

Расшифровка неисправностей, распознаваемых системой диагностики

Светодиоды			Вид неисправности или тест, при котором произошел сбой	Код индикации
VD2	VD3	VD4		
⊙	⊙	⊙	Начальный запуск процессора	0
⊙	⊙	*	Тест ПЗУ на контрольную сумму	1
⊙	*	⊙	Тест ОЗУ («галоп»)	2
⊙	*	*	Тест ОЗУ («тест адреса», только в режиме «Настройка»)	3
*	⊙	⊙	Запуск таймера, инициализация памяти, задание стека	4
*	⊙	*	Тест и инициализация RTC	5
*	*	⊙	Инициализация ЖК дисплея, клавиатуры, каналов связи	6
*	*	*	Инициализация памяти уставок и проверка ее на контрольную сумму	7

Примечания:

1. Светодиод светится при «*», погашен – при «⊙».
2. Светодиоды расположены внутри устройства на модуле ПРЦ. Светодиод VD2 расположен ближе к краю платы.
3. На ЖК индикаторе при возникновении неисправности ничего не отображается. Критерием неисправности самого устройства является отсутствие срабатывания (размыкания контактов) реле «Отказ» при подаче питания на устройство.
4. При нормальной работе светодиоды мигают (двоичный счетчик).

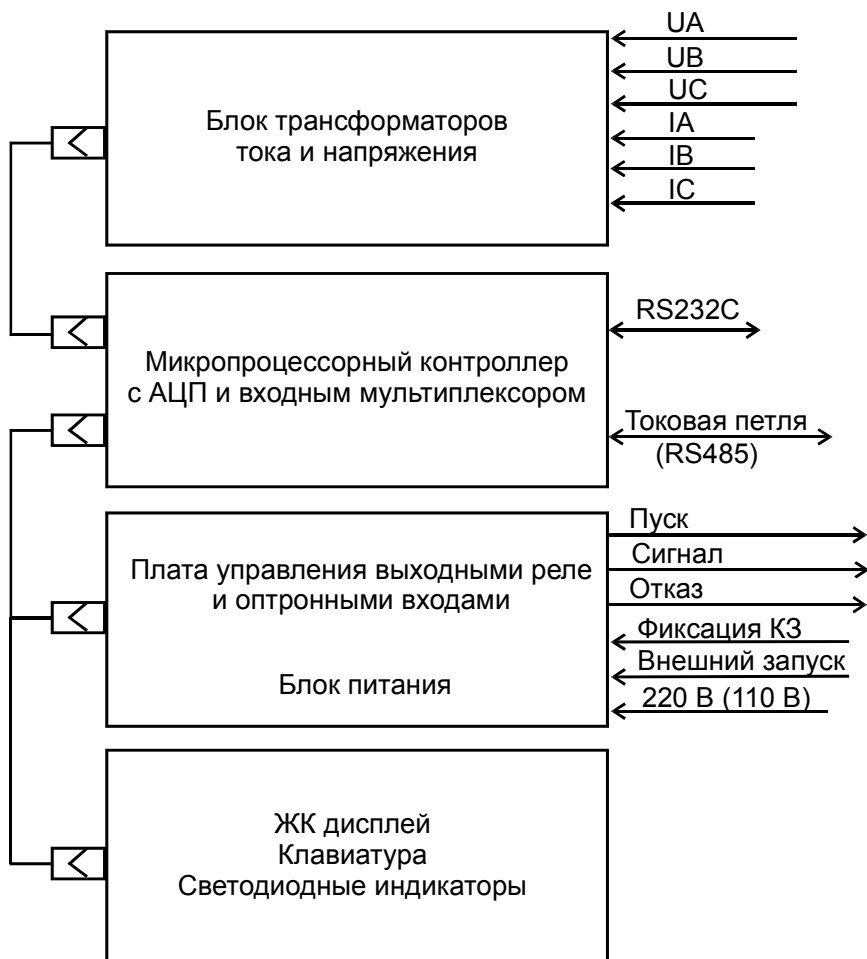


Рис. 1 Структурная схема устройства ИМФ-1Р

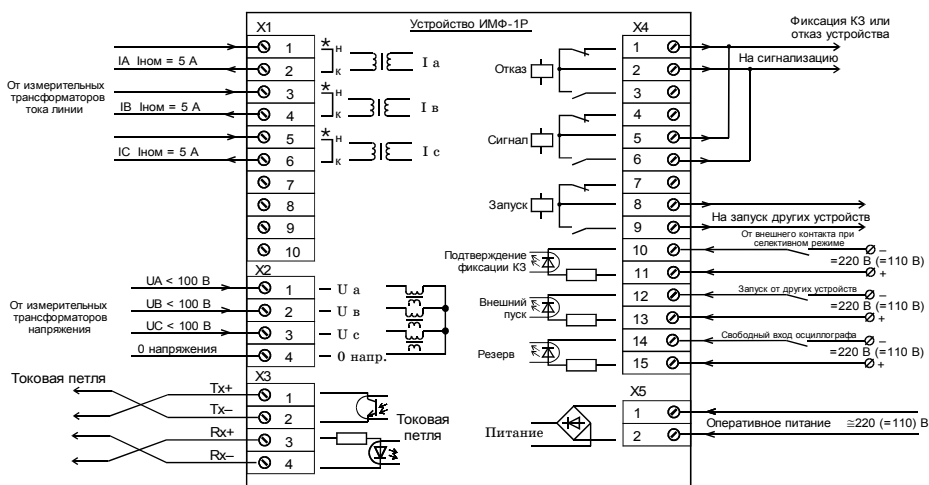


Рис. 3а Схема подключения устройства ИМФ-1Р (для исполнения с интерфейсом линии связи — токовая петля. Запись исполнения устройства в документации — «ИМФ-1Р-XXX-ТП»)

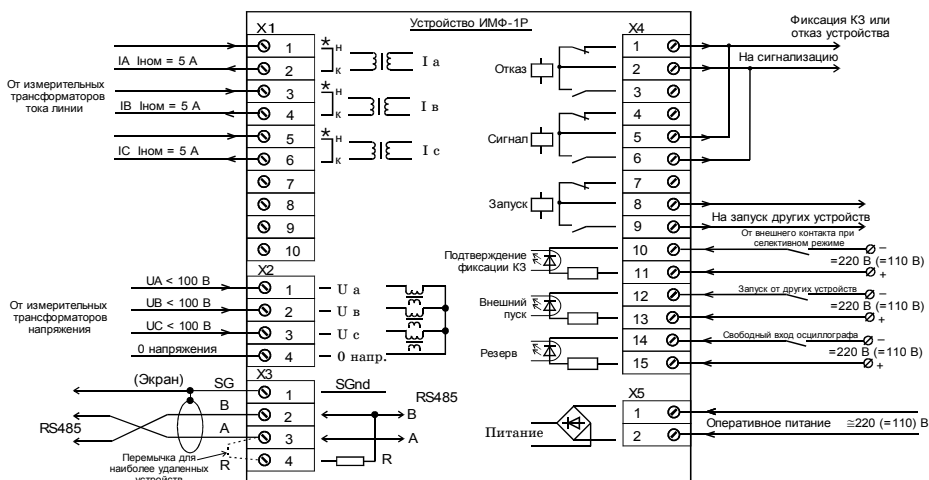


Рис. 3б Схема подключения устройства ИМФ-1Р (для исполнения с интерфейсом линии связи — RS485. Запись исполнения устройства в документации — «ИМФ-1Р-XXX-RS»)

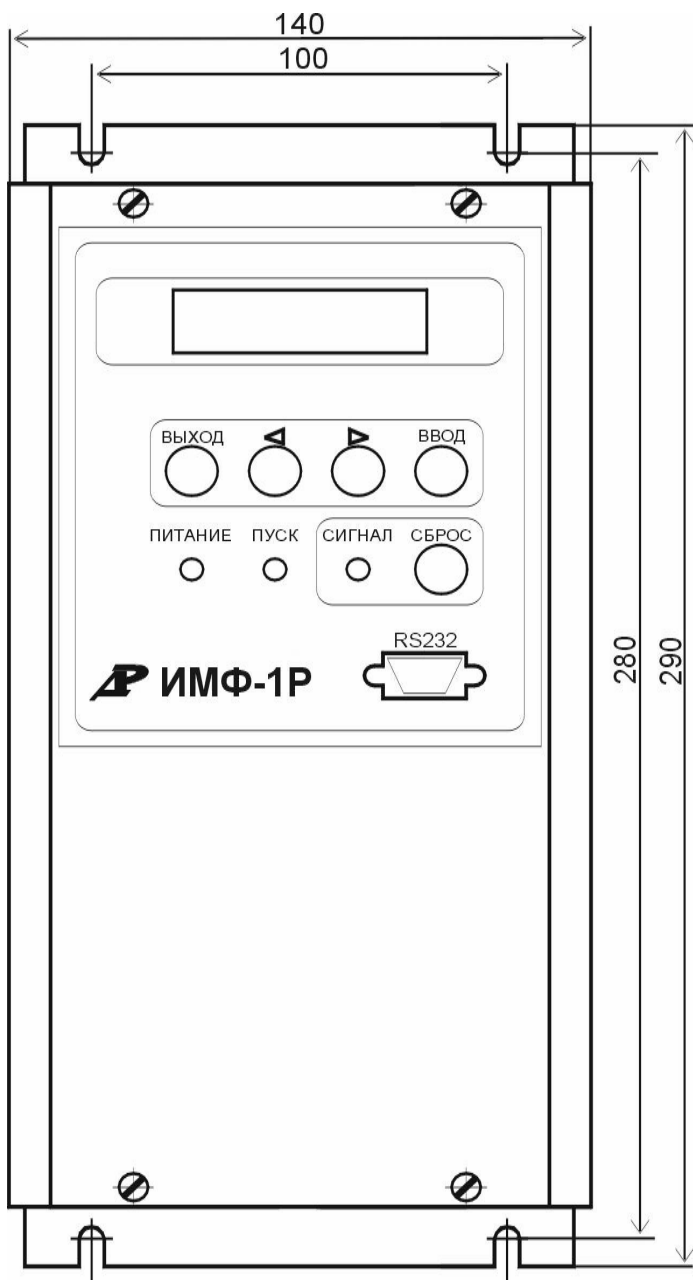


Рис. 4 Вид устройства ИМФ-1Р спереди

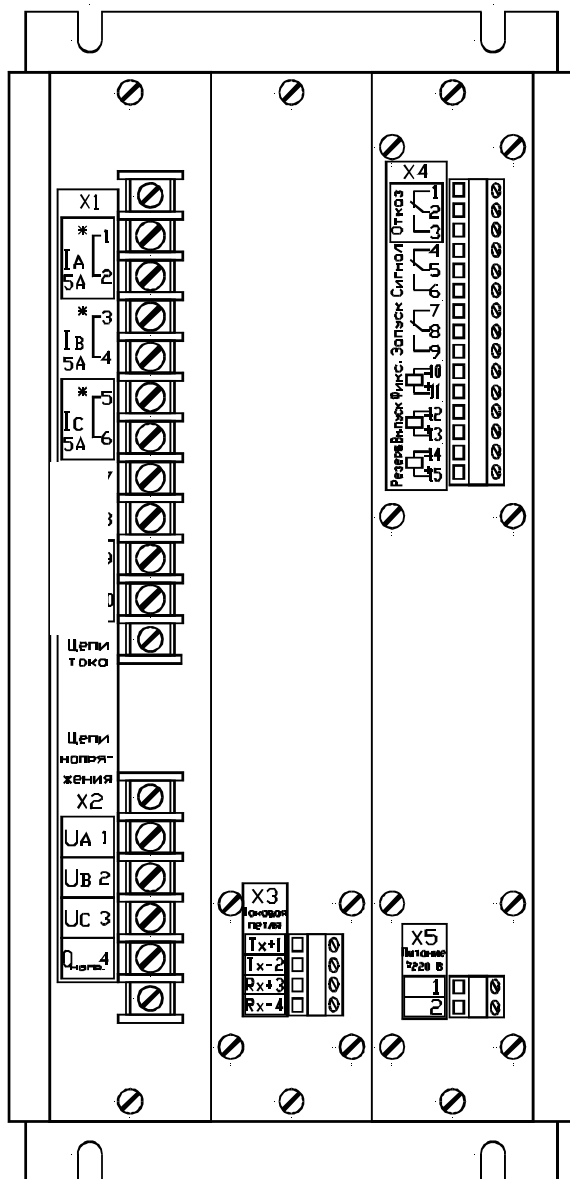


Рис. 5 Вид устройства ИМФ-1Р сзади

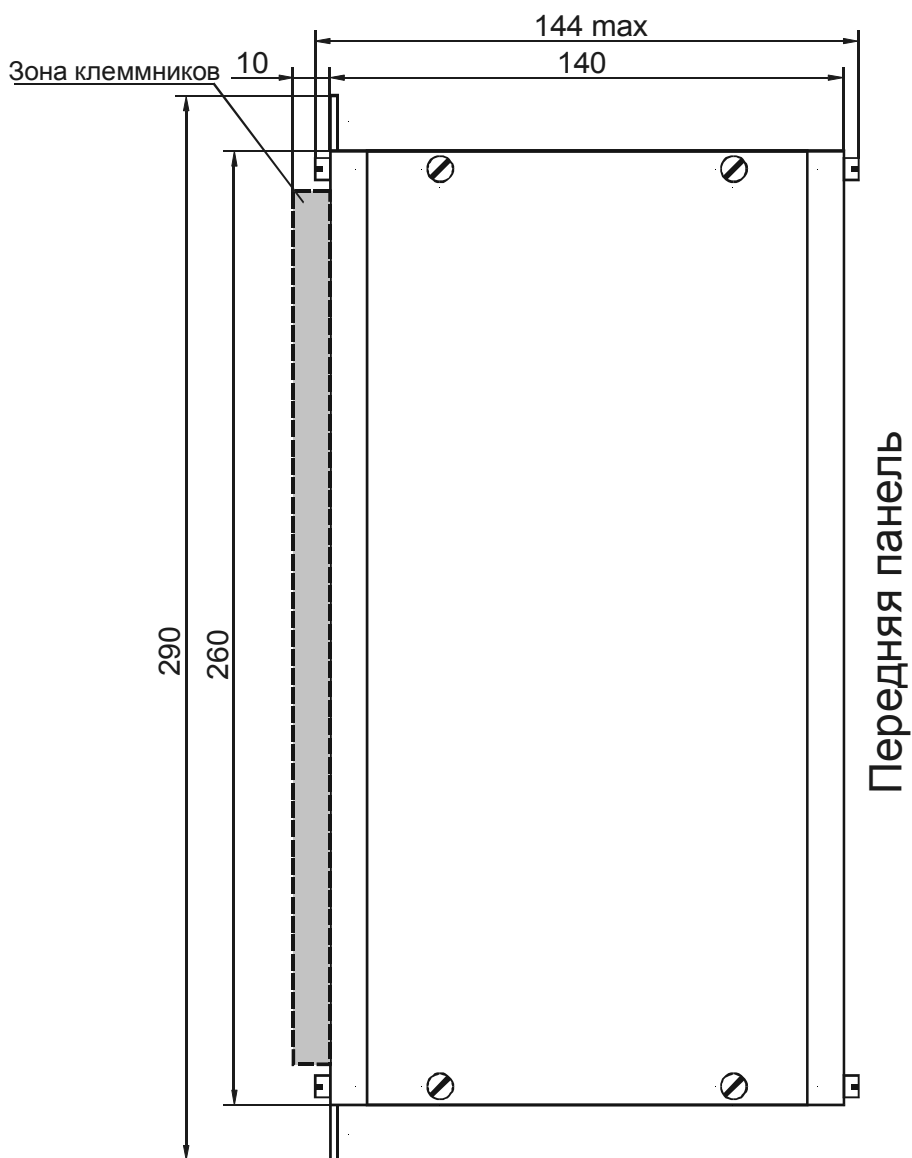


Рис. 6 Вид на устройство ИМФ-1Р сбоку

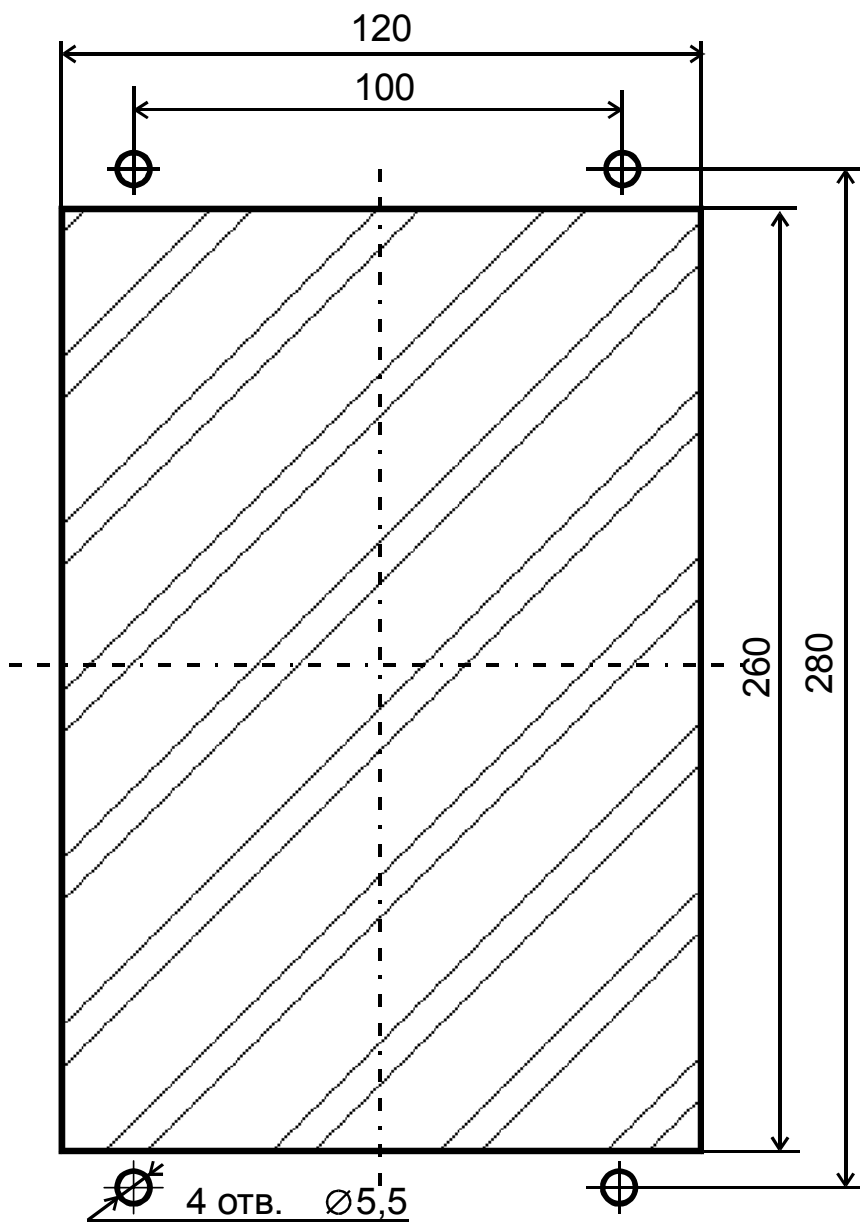


Рис. 7 Схема разметки панели для установки устройства ИМФ-1Р

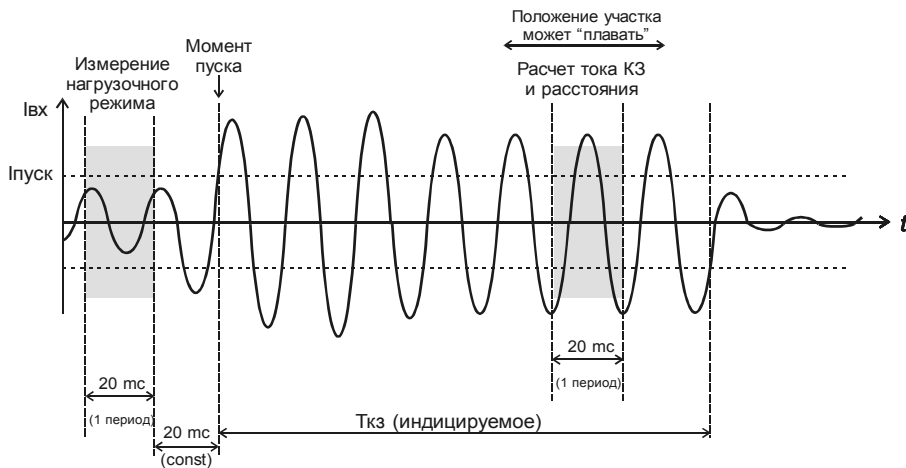


Рис. 8 Поясняющая диаграмма фиксации входных токов и напряжений для расчета различных параметров в устройстве ИМФ-1Р

Примечания:

1. Все отсчеты по времени берутся относительно момента пуска.
2. Фиксация параметров нагрузочного режима производится всегда за 4 периода до выявления условий пуска.
3. Момент измерения токов и напряжений для расчета расстояния выбирается адаптивным методом автоматически и может находиться в любом месте осциллограммы аварии, фиксируется также в течение одного периода.
4. Значения токов и напряжений, предназначенных для разных целей (определение расстояния до КЗ и измерение параметров симметричных составляющих), могут не совпадать между собой, так как снимаются в разные моменты времени.
5. Относительная фаза векторных диаграмм нагрузочного режима и аварийного участка не привязана друг к другу.
6. Для упрощения рисунка остальные входные сигналы токов и напряжений не показаны. Под $I_{вх}$ подразумевается любой из токов симметричных составляющих, по которому происходит пуск.

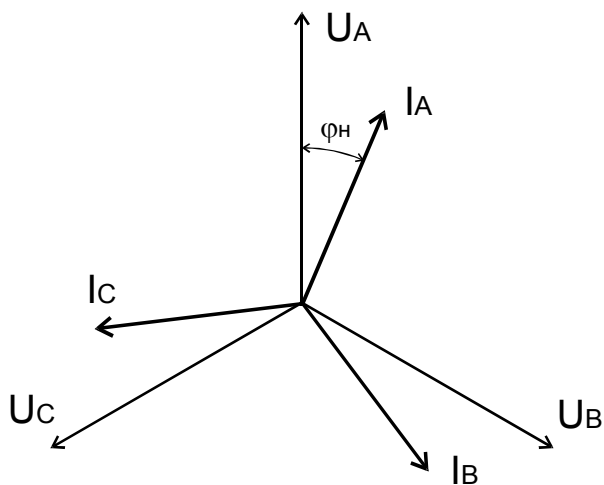


Рис. 9а Типичная векторная диаграмма нагрузочного режима для прямого чередования фаз. Угол φ_H между одноименными векторами напряжения и тока обычно составляет от 10 до 40 эл. градусов

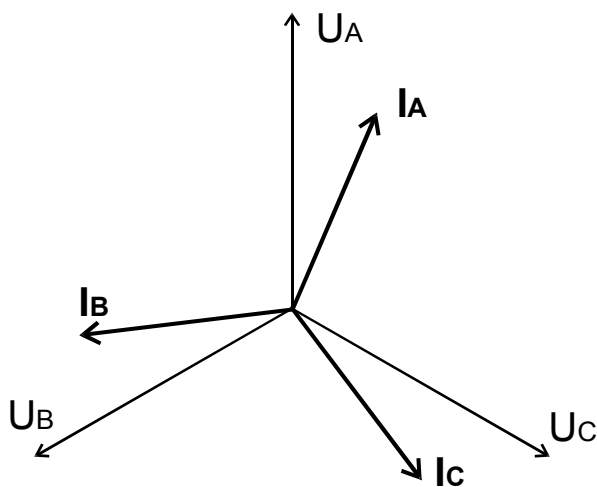


Рис. 9б Типичная векторная диаграмма нагрузочного режима для обратного чередования фаз в энергосистеме

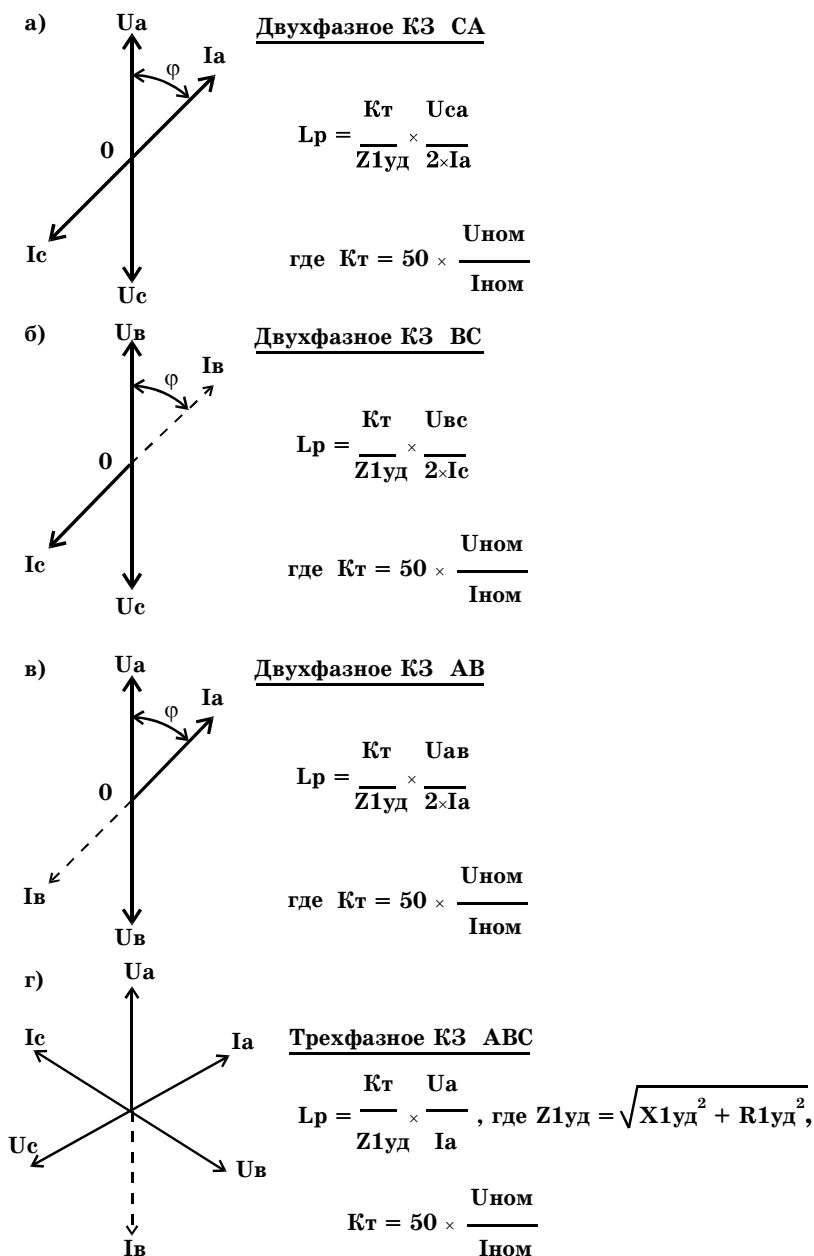


Рис. 10 Векторные диаграммы токов и напряжений, подаваемых на устройство ИМФ-1С для имитации КЗ (пример с отключенным ТТ фазы В)

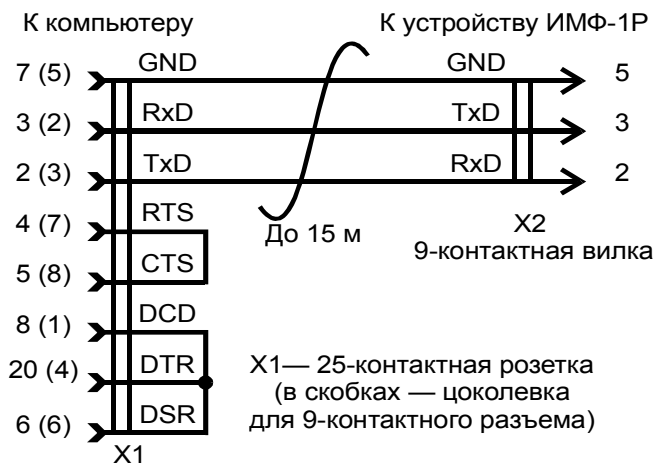


Рис. 11 Схема соединительного кабеля между устройством ИМФ-1Р и компьютером при подключении только одного устройства

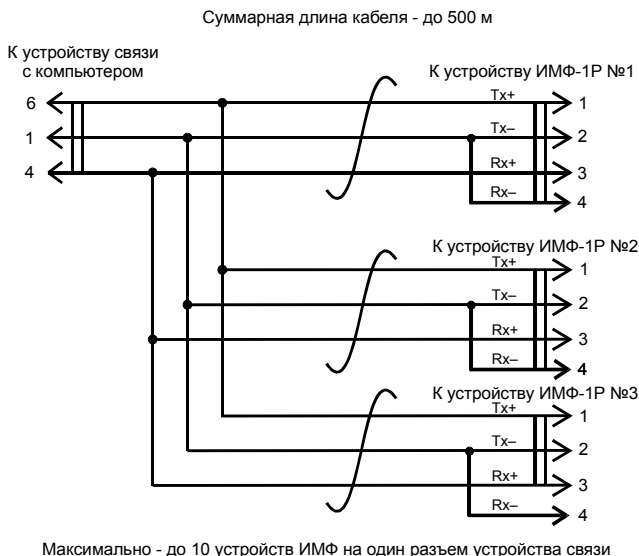


Рис. 12 Схема соединительного кабеля при подключении нескольких устройств ИМФ-1Р с интерфейсом «токовая петля» к компьютеру

Связь с компьютером осуществляется через специальный блок — устройство связи УС, подключаемое к компьютеру через разъем последовательного порта RS232C.

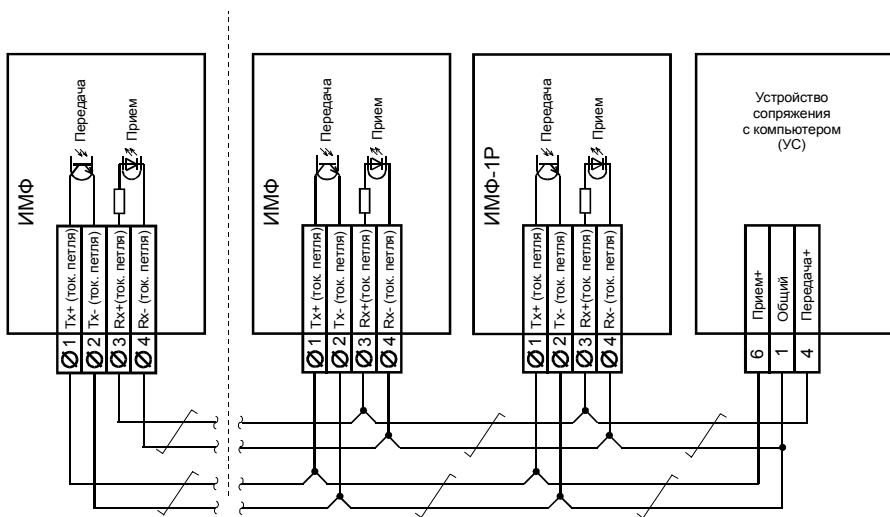


Рис. 13 Схема подключения устройств с интерфейсом «токовая петля» в локальную сеть. К каждому входу устройства сопряжения (всего четыре входа) может быть подключено до двадцати устройств защиты. Суммарная длина кабеля – до 500 м

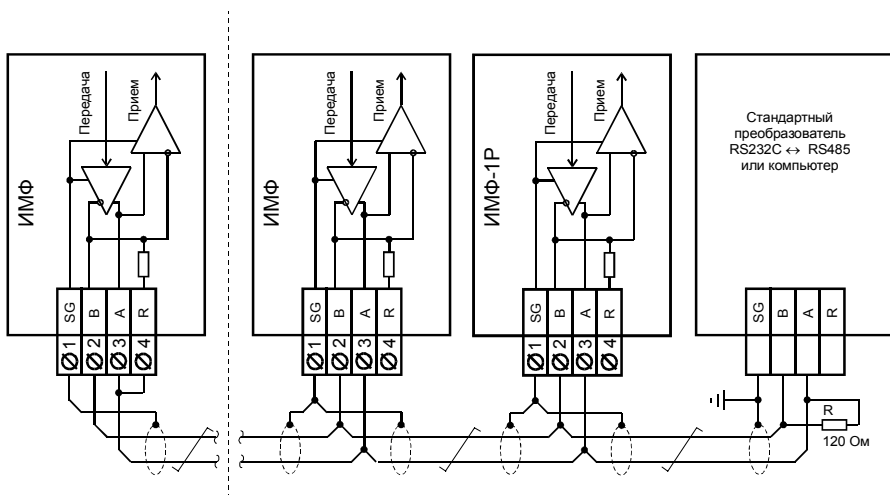


Рис. 14 Схема подключения ИМФ с интерфейсом RS485 в локальную сеть. Внешний резистор R устанавливается при отсутствии встроенного резистора

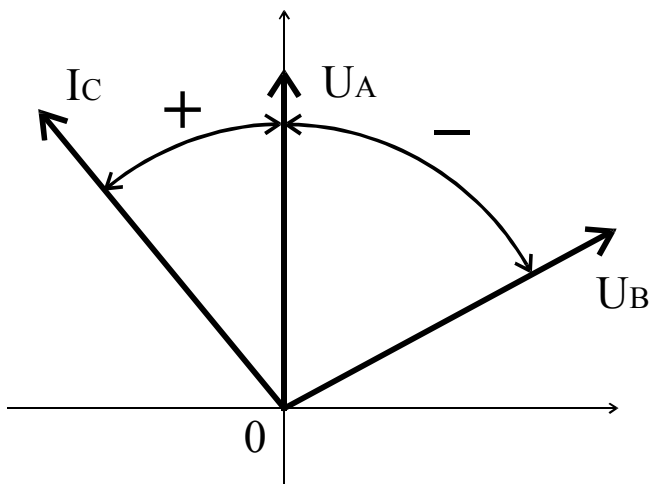


Рис. 15 Принцип отсчета углов векторов в устройстве ИМФ-1Р

Знак угла вектора тока I_C индицируется со знаком «+», а вектора напряжения U_B — со знаком «-». Отсчет ведется всегда относительно вектора U_A .

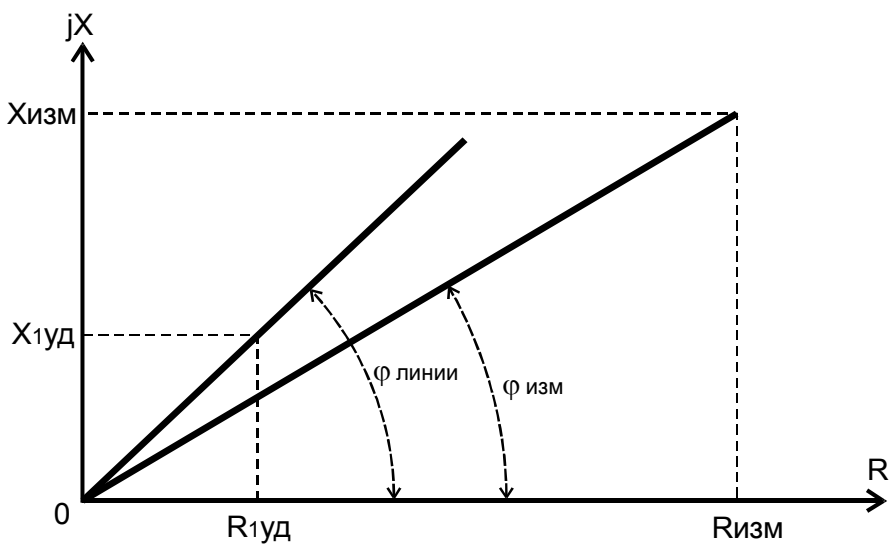


Рис. 16 Принцип расчета теоретического и измеренного характеристического углов линии, отображаемых на индикаторе устройства ИМФ-1Р