



Динамика

научно-производственное предприятие

РЕТОМЕТР-М2

ВОЛЬТАМПЕРФАЗОМЕТР ЦИФРОВОЙ



г.Чебоксары



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БРГА. 411259.006 РЭ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ БРГА 411259.006 МП

Содержание

1	Меры безопасности	5
2	Назначение прибора	6
3	Комплектность изделия	7
4	Технические параметры	9
5	Описание прибора	14
5.1	Внешний вид и органы управления	14
5.2	Принципы измерения	17
5.3	Принцип построения векторных диаграмм	21
5.4	Расчетные параметры	23
6	Меню	27
7	Работа с прибором	29
7.1	Измерение напряжения	30
7.2	Измерение тока	31
7.3	Сравнение двух токов	32
7.4	Трехфазный режим	33
7.5	Симметричные составляющие	34
7.6	Измерение переменного тока с помощью РЕТ-ДТ	35
7.7	Измерение постоянного напряжения	36
7.8	Режим «Прозвонка»	37
7.9	Режим «Проверка трансформаторов напряжения»	38
7.10	Режим «Проверка трансформаторов тока»	39

8	Транспортная сумка.....	40
9	Обслуживание аккумулятора	41
10	Поверка и испытания в эксплуатации	42
11	Калибровка.....	42
12	Техническое обслуживание	42
13	Возможные неисправности и способы их устранения	43
14	Правила хранения и транспортирования	43
15	Сведения об утилизации	44
16	Гарантийные обязательства.....	44
	Приложение А. Графики зависимости погрешностей прибора	45
	Приложение Б. Структура Меню	49
	Приложение В. Режимы работы.....	50
	Приложение Г. Схемы подключения прибора	52

1 Меры безопасности

При проведении измерений необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 22261-94, а также технической документации на оборудование, в котором производятся измерения.

Персонал, использующий прибор, должен проходить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и иметь при самостоятельной работе квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Используйте только соединительные провода из комплекта поставки прибора!

Измерять напряжения и токи только в цепях, где потенциально возможные напряжения и токи не превосходят возможностей прибора.

Не начинать измерения в условиях повышенной влажности, в дождь, туман и т.д., т.е. при наличии влаги на корпусе и внутренностях прибора.

При вносе прибора с мороза в теплое помещение, перед работой необходимо чтобы прибор прогрелся до температуры помещенья. В большинстве случаев, для этого достаточно 0,5 часа. Для того чтобы избежать таких ситуаций, лучше всего носить сам прибор "на теле", т.е. во внутренних карманах одежды. Клещи и провода можно оставлять в сумке, на них конденсат не действует.

ВНИМАНИЕ! Не работайте с разобранным прибором – возможно поражение электрическим током!

2 Назначение прибора

Вольтамперфазометр РЕТОМЕТР-М2 (далее – прибор) является развитием семейства приборов, которые исторически именуются в российской электроэнергетике, как "ВАФ" (аббревиатура слов *Вольт, Ампер, Фаза*).

РЕТОМЕТР-М2 – малогабаритный трехфазный цифровой прибор для измерений параметров электрических цепей с рабочей частотой 50 Гц в полевых и лабораторных условиях. Прибор питается от одного литий-ионного (Li-ion) аккумулятора.

Отличительной особенностью прибора является программа цифровой обработки сигнала, которая обеспечила правильное и высокоточное измерение всех параметров. Прибор имеет высокую точность измерения частоты. Угол фазового сдвига измеряется на основной гармонике и на точность не влияет величина искажения сигнала. Напряжение и ток измеряются, как среднеквадратическим методом (TRUE RMS), так и с фильтром, подавляющим во входном сигнале все гармоники кроме основной частоты. Программа выполняет измерение и вычисление:

- однофазной и трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока;
- прямой, обратной и нулевой составляющих трехфазного тока и напряжения;
- полной, активной и реактивной мощности, а так же, к.п.д. - $\cos\phi$ и потери – $\text{tg}\phi$;
- полного, активного и реактивного сопротивления;
- постоянного напряжения (используется средневыпрямленный метод – DC).

Кроме того, прибор обладает следующими достоинствами:

- высокая чувствительность, расчет всех параметров начинается с момента реального измерения тока и напряжения;
- для работы в сетях 660 В увеличено измеряемое напряжение до 750 В;
- максимальное измеряемое значение силы переменного тока увеличено до 40 А;
- функция HOLD – позволяет зафиксировать на экране все параметры;
- имеется возможность использование опционных токовых клещей (РЕТ-ДТ);
- простой способ определения полярности обмоток у трансформаторов тока и напряжения;

- безопасная проверка целостности соединений - режим "прозвонка" не включается при наличии внешнего напряжения;
- хорошо видимый графический индикатор;
- аккумулятор, который обеспечивает быстрый заряд и отсутствие эффекта памяти;
- автоматическое выключение продлевает жизнь аккумулятора;
- фиксация прибора на любой стальной стенке при помощи встроенных в чехол магнитов;
- малогабаритные токовые клещи позволяют выполнить измерение тока в самых труднодоступных местах, например, таких как современные панели микропроцессорных защит.

3 Комплектность изделия

В комплект поставки входят:

- Прибор РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Приставки клещевые	3 шт.
- Преобразователь измерительный токовый РЕТ-ДТ	1 шт.*
- Сетевой адаптер	1 шт.
- Щупы измерительные	3 пары
- Зажимы типа «крокодил»	6 шт.
- Сумка РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Чехол РЕТОМЕТР-М2	1 шт.
- Ведомость ЗИП	1 экз.
- Ведомость эксплуатационных документов	1 экз.
- Паспорт	1 экз.
- Руководство по эксплуатации	1 экз.
- Методика поверки	1 экз.

* - по требованию заказчика

На рисунке 3.1 представлен прибор ПЕТОМЕТР-M2 с комплектом аксессуаров.



Рисунок 3.1 – Внешний вид ПЕТОМЕТР-M2

4 Технические параметры

Основные технические данные прибора и условия эксплуатации приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ				
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>			
Количество измерительных каналов	3			
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц	40 - 80			
Входное сопротивление, МОм, не менее	1			
<i>Основной канал – «U1»</i>				
Род тока	переменный/постоянный			
Диапазоны измерений напряжения канала U1, В	0,010 – 0,060*	0,060 – 6,000	6,00 – 60,00	60,0 – 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm 0,002^*$	$\pm (0,005x+0,003)$	$\pm (0,005x+0,03)$	$\pm (0,005x+0,3)$
<i>Дополнительные каналы – «U2» и «U3»</i>				
Род тока	переменный			
Диапазоны измерений напряжения каналов U2 и U3, В	0,010 – 0,060*	0,060 – 6,000	6,00 – 60,00	60,0 – 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm 0,002^*$	$\pm (0,01x+0,005)$	$\pm (0,01x+0,05)$	$\pm (0,01x+0,5)$
* В диапазоне от 0,010 до 0,060 В индикаторный режим. Относительная погрешность представлена на рисунке А.1 Приложения А (типовая).				
Примечание – В формулах основной погрешности принято обозначение: x – измеренное значение параметра.				

Продолжение таблицы 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Количество измерительных каналов	3
Род тока	Переменный
Диапазон частот измеряемой силы переменного тока, Гц	45 – 65
Диапазон измерений силы переменного тока промышленной частоты (используется клещевая приставка из комплекта поставки), А	от 0,04 до 40
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения силы переменного тока, А: - для поддиапазона: от 0,005 до 0,040 А** - для поддиапазона: от 0,040 до 0,400 А - для поддиапазона: от 0,400 до 6,000 А - для поддиапазона: от 6,00 до 20,00 А - для поддиапазона: от 20,00 до 40,00 А	± 0,001** ± (0,02x + 0,003) ± (0,015x + 0,003) ± (0,015x + 0,03) ± (0,02x + 0,03)
Диапазон изменения входного напряжения для каналов I1, I2, I3 (режим «РЕТ-ДТ диагностика»), В	от 0,3 до 3
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения по каналам I1, I2, I3 (режим «РЕТ-ДТ диагностика»), В	± (0,005x + 0,009)
Диапазон изменения входного напряжения для канала U3 (режим «РЕТ-ДТ»), В	от 0,3 до 3
<i>** В диапазоне от 5 до 40 мА индикаторный режим. Относительная погрешность представлена на рисунке А.2 Приложения А (типовая).</i>	
<i>Примечание – В формулах основной погрешности принято обозначение: x – измеренное значение параметра.</i>	
ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон измерений частоты напряжения, Гц	40 – 80
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,6 – 750
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, Гц	± 0,01
<i>Примечание - В диапазоне от 0,06 до 0,6 В абсолютная погрешность измерения частоты, не более ±0,1 Гц.</i>	

Продолжение таблицы 4.1

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА СДВИГА ФАЗ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон измерений угла сдвига фаз между напряжением и напряжением, током и током, напряжением и током, °	от - 180 до 180 (от 180С до 180L)
Диапазон частот измеряемых сигналов, Гц	45 – 55
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,06 – 750
Диапазон силы переменного тока (для клещевой приставки из комплекта поставки), А	0,04 – 40
Пределы допускаемой абсолютной основной приведенной погрешности измерения угла сдвига фаз, градусы: <ul style="list-style-type: none"> - между напряжением и напряжением (между входами U1, U2, U3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,06 до 0,6 В ± 1,8 - для поддиапазона: от 0,6 до 750 В ± 0,5 - между напряжением и током (между входами U1 и I1, I2, I3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,04 до 0,2 А ± 3,6 - для поддиапазона: от 0,2 до 40 А ± 1,5 - между током и током (между входами I1 и I3): <ul style="list-style-type: none"> - для поддиапазона: от 0,04 до 0,2 А ± 5,0 - для поддиапазона: от 0,2 до 40 А ± 2,5 	
<i>Примечания</i> 1 В диапазоне от 0,01 до 0,06 В индикаторный режим. Абсолютная погрешность представлена на рисунке А.3 Приложения А (типовая). 2 В диапазоне от 5 до 40 мА индикаторный режим. Абсолютная погрешность представлена на рисунке А.4 Приложения А (типовая).	

Продолжение таблицы 4.1

Дополнительные функции	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Возможность проведения измерения трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока	
Возможность проведения измерения прямой, обратной и нулевой последовательностей трехфазного сигнала	
Расчет однофазной мощности по измеренному напряжению и току (полная, активная или реактивная)	
Диапазон отображаемых значений, ВА, Вт, Вар, кВА, кВт, кВар	0,001... 999,9
Расчет сопротивления по измеренному напряжению и току (полное, активное или реактивное с учетом знака)	
Диапазон отображаемых значений, Ом, кОм	0,001... 999,9
Проверка целостности проводника - в режиме «прозвонка»	
Пороговое значение сопротивления в режиме «прозвонка», Ом	10 ± 2
Проверка полярности обмоток измерительных трансформаторов тока и напряжения	
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения напряжения и силы переменного тока от изменения температуры окружающего воздуха, на 10 °С изменения температуры	$\pm (0,5 \text{ основной погрешности})$
Масса прибора (без клещевой приставки, без токовой петли, без чехла), кг, не более	0,5
Масса комплекта (с тремя клещевыми приставками из комплекта поставки, чехлом, сумкой, блоком питания, измерительными щупами и ЗИП), кг, не более	3
Габаритные размеры (без чехла), мм, не более	110 × 195 × 45
Габаритные размеры (в сумке), мм, не более	270 × 173 × 130
Требования безопасности по ГОСТ Р 52319-2005: - класс оборудования - изоляция - категория монтажа (категория перенапряжения) - степень загрязнения среды	класс II основная CAT II 2
Испытательное напряжение электрической прочности изоляции, В: - каналов напряжения относительно корпуса прибора - токовые входы и разъем для подключения сетевого адаптера относительно корпуса прибора	3250 500

Продолжение таблицы 4.1

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Диапазон рабочих температур, °C	от - 20 до + 40
Нормальная температура, °C	20 ± 5
Температура транспортирования, °C	от - 50 до + 50
Температура хранения, °C	от 5 до 40
Относительная влажность воздуха при 25 °C, %, не более	80
Высота над уровнем моря, м, не более	2000
Группа условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1-90	M23
Степень защиты по ГОСТ 14254-96: - оболочки - входных клемм	IP41 IP20
Питание прибора	от встроенного Li-ion аккумулятора 1800 мА·ч
Напряжение питания, В	3,7
Потребляемый ток от аккумулятора: - в режиме работы, мА, не более - в выключенном режиме, мА, не более	80 5
Время непрерывной работы от полностью заряженного аккумулятора, ч, не менее	20
Потребляемый ток от адаптера в режиме заряда, мА, не более	800
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Средний срок службы (кроме аккумулятора, индикатора и сетевого адаптера), лет, не менее	30
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10000
Среднее время восстановления работоспособного состояния с учетом времени поиска неисправности, ч, не более	3

5 Описание прибора

5.1 Внешний вид и органы управления

Внешний вид прибора, назначение органов управления и входов в однофазном режиме приведено на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Внешний вид и органы управления

Назначение входов в трехфазном режиме приведено на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Назначение входов в трехфазном режиме

Прибор имеет:

- с левой стороны три 3-х мм гнезда типа «JACK» для подключения токовых клещей из комплекта поставки;
- с правой стороны три пары гнезд измерителя напряжения;
- на нижней стороне установлен разъем подключения сетевого адаптера для заряда и питания при длительной работе;
- на фронтальной части расположен экран и три кнопки управления **ВКЛ/ВЫКЛ**, **РЕЖИМ**, **ФИКСАЦИЯ**.

Включение и выключение прибора осуществляется кнопкой **ВКЛ/ВЫКЛ**.

Кнопка *РЕЖИМ* позволяет выполнить переход к следующему параметру в рамках выбранного режима или пунктов меню. Переход идет по кругу.

Кнопка *ФИКСАЦИЯ* позволяет отключить процесс обновления параметров на индикаторе или выбрать параметр в меню.

Для входа в меню надо одновременно нажать на кнопки *РЕЖИМ* и *ФИКСАЦИЯ*.

В однофазном режиме, подключение токовых клещей к входу I1 переключает вывод второго параметра с U3 на измерение тока I1. Подключение к входу I3 вторых токовых клещей, приводит к тому, что в место U1 и I1, на экран выводится значение двух токов I1 и I3. Канал I1 становится опорным.

В режиме «РЕТ-ДТ», канал U3 переводится на работу с преобразователем тока РЕТ-ДТ или другие токовые клещи, имеющие на выходе напряжение до 3 В пропорциональное току.

В режиме «Прозвонка», к выходу канала U2 периодически кратковременно подключается генератор тока на 100 мА.

В верхней части экрана отображаются три значка:



– показывает уровень заряда аккумулятора;



– указывает на включенный режим «Автоматического выключения» (10 минут);



– фиксация измеренных параметров.

RMS

– измерения проводятся среднеквадратичным методом.

DC

– измерения проводятся средневыпрямленным методом.

1Г

– измерения проводятся с выделением первой гармоники.

ДТ

– индикатор режима «РЕТ-ДТ».

5.2 Принципы измерения

Приборы типа ВАФ предназначены для получения достоверной информации об электроэнергии, т.е. основной задачей является правильное измерение: напряжения, тока, фазового угла и частоты. Для измерения величины напряжения и силы переменного тока используется среднеквадратичный метод (так называемый RMS). Для измерения величины напряжения и силы постоянного тока применен средневыпрямленный метод. Фазометр измеряет угол сдвига фазы между основными гармоническими составляющими тока и напряжения, т.е. прибор работает подобно старым фазометрам Д578 или ВАФ-85М и всегда показывает истинную картину векторной диаграммы, так как при любом уровне искажения сигнала цифровой фильтр исключает влияние высших гармоник на процесс измерения.

Напомним, для чего это сделано.

Вольтметр и амперметр

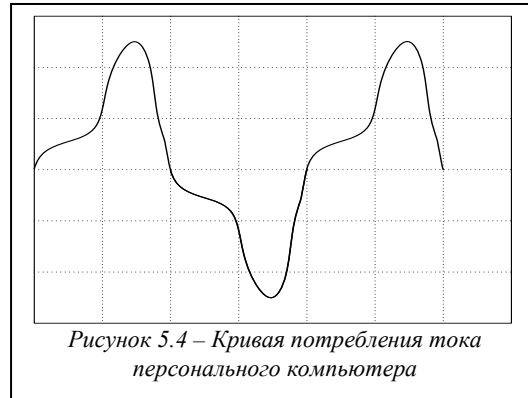
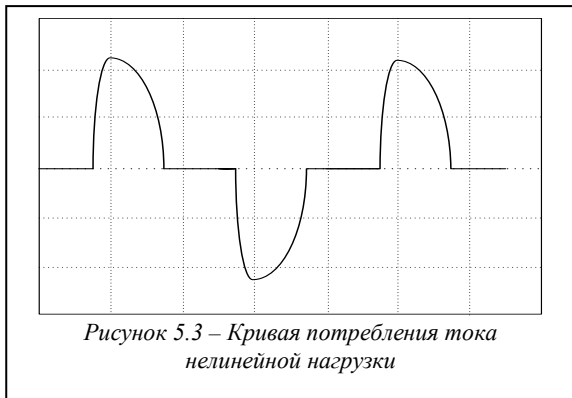
В современных условиях проведение точных измерений это очень трудная задача, стоящая перед технологами современных производств и различных организаций. В производстве широко внедряются приводы с регулируемой скоростью, компьютеры и другое оборудование, которое потребляет ток в виде кратковременных импульсов, а не на постоянном уровне. Такое оборудование может вызвать, по меньшей мере, некорректные показания обычных измерителей с усреднением показаний.

Говоря о значениях переменного тока, мы обычно имеем в виду среднюю эффективную выделяемую теплоту или среднеквадратичное (RMS) значение тока. Данное значение эквивалентно значению постоянного тока, действие которого вызвало бы такой же тепловой эффект, что и действие измеряемого переменного тока.

Самый распространенный способ измерения такого среднеквадратичного значения тока при помощи измерительного прибора заключается в выпрямлении переменного тока, определении среднего значения

выпрямленного сигнала и умножении результата на коэффициент 1,1. Данный коэффициент учитывает постоянную величину, равную соотношению между средним и среднеквадратичным значениями идеальной синусоиды. Однако, при отклонении синусоидальной кривой от идеальной формы данный коэффициент перестает действовать. По этой причине измерители с усреднением показаний зачастую дают неверные результаты при измерении тока в современных силовых сетях.

Например, линейные нагрузки, в состав которых входят только резисторы, катушки и конденсаторы, характеризуются синусоидальной кривой тока, поэтому при измерении их параметров проблем не возникает. Однако в случае нелинейных нагрузок, таких как приводы с регулируемой частотой и импульсные источники питания для офисного и другого оборудования, имеют место искаженные токовые кривые (рисунки 5.3 и 5.4).



Измерения среднеквадратичного значения токов по таким искаженным кривым с использованием измерителей с усреднением показаний может дать занижение истинных результатов до 50 %.

Для измерения тока с такими искаженными кривыми необходимо при помощи анализатора кривой сигнала проверить форму синусоиды, после чего использовать измеритель с усреднением показаний только в

том случае, если кривая окажется действительной идеальной синусоидой. Или же можно постоянно использовать измеритель с истинно среднеквадратичными показаниями (True RMS) и не проверять параметры кривой. Современные измерители подобного типа используют усовершенствованные технологии измерения, позволяющие определить реальные эффективные значения переменного тока вне зависимости от того, является ли токовая кривая идеальной синусоидой или искажена. Единственное ограничение – чтобы кривая находилась в пределах коэффициента амплитуды и допустимого диапазона измерения используемого прибора.

Все то, что касается измерения токов в современных силовых цепях, также верно и для измерения напряжений в большинстве случаев промышленного оборудования и электронных приборов. Часто кривые напряжения также не являются идеальными синусоидами, в результате чего измерители с усреднением показаний дают неверные результаты. Поэтому для измерения напряжения так же рекомендуется использовать измерители типа True RMS.

Измерения по первой гармонике.

В энергетике часто необходимо измерить параметры сигнала только частотой 50 Гц, избавившись от всех искажающих факторов. Это часто необходимо как для контроля работы первичного оборудования, так и для анализа релейной защиты и систем учета, которые работают именно на этой частоте. Для этого, в аналоговых системах перед измерением используют специальный фильтр, который выделяет сигнал в полосе 45-55 Гц. В приборе, так как используется цифровая обработка сигнала, для этой цели применен фильтр Фурье, настроенный на измерение синусоидального сигнала частотой 50 Гц, при этом все гармоники, кроме первой, исключаются из измерения.

При включении этого режима (1Г) все измерения тока и напряжения выполняются с фильтрацией, и расчеты дополнительных параметров, соответственно, выполняются по этим данным.

Фазометр

В энергетике принято считать, что форма сигналов тока и напряжения синусоидальная, поэтому при использовании любого метода измерения угла, результат должен быть один и тот же, но это не совсем так. Наличие высших гармоник может достаточно сильно исказить форму сигнала, а это влияет на фазовый угол. Разница между исходным сигналом и сигналом основной частоты может быть достаточно существенна. Например, наличие всего 10 % третьей гармоники, но сдвинутой относительно основного сигнала на 120 градусов, дает смещение точки перехода через ноль более чем на 5 градусов (рисунок 5.5). При этом смещаются вектора всех трех фаз и при том на разные углы. Таким образом, векторная диаграмма, снятая по исходному сигналу, оказывается неверной. Или возьмем тяговую подстанцию железной дороги. Попытка снять векторную диаграмму при движении электропоезда, а это основной, и часто единственный потребитель электроэнергии, обычно обречена на провал из-за огромной несимметрии нагрузки и наличия высших гармоник в тяговом токе и в устройствах компенсации реактивной мощности. Количество переходов через ноль резко возрастает, а длительности полупериодов не равны.

На предприятиях, использующих однофазные автотрансформаторы, так же имеются определенные проблемы при снятии векторных диаграмм, так как из-за сильного влияния третьей гармоники от тока в уравнивающей обмотке происходит искажение формы сигнала. Что в свою очередь влияет на смещение между переходом сигнала через ноль и самим сигналом основной гармоники ($\Delta\phi$ на рисунке 5.5).

Поэтому в энергетике до сих пор широко используются старые фазометры, использующие электродинамический логометр и предназначенные для определения в однофазных цепях переменного тока частоты 50 Гц угла сдвига фаз между основными гармоническими составляющими тока и напряжения.

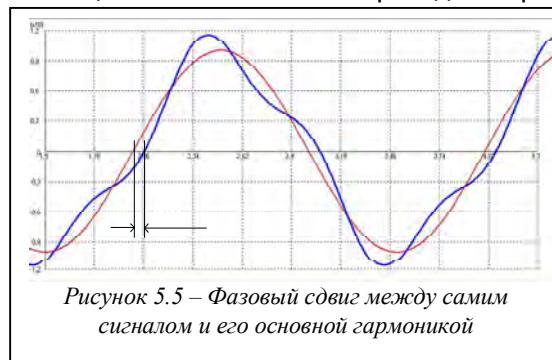


Рисунок 5.5 – Фазовый сдвиг между самим сигналом и его основной гармоникой

5.3 Принцип построения векторных диаграмм

В общей электротехнике, при построении векторных диаграмм, принято за базис использовать ток, который располагают на оси действительных чисел. Положение вектора напряжения определяет угол между напряжением и током, при этом положительный отсчет угла идет против часовой стрелки.

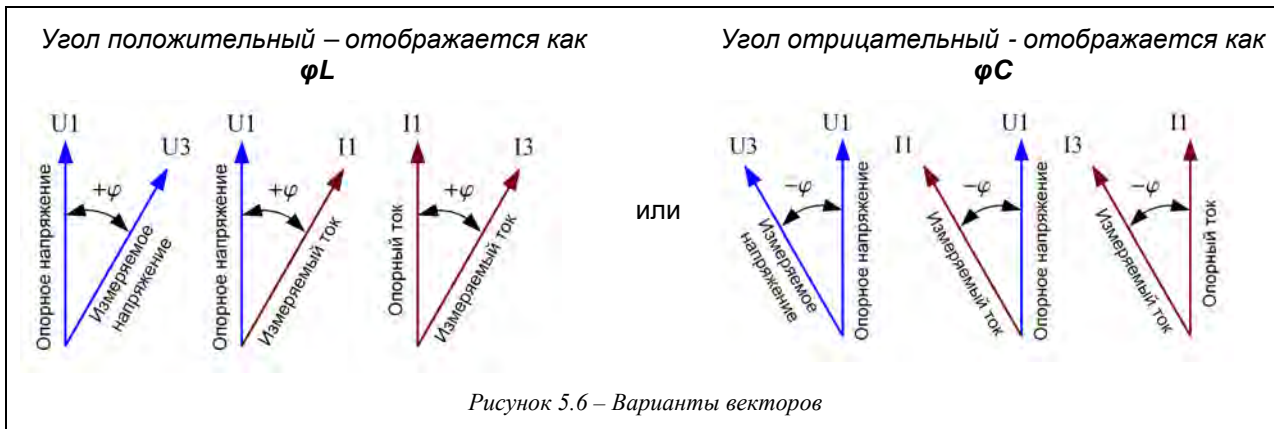
В релейной защите, для описания трехфазной системы, принято за базис использовать напряжение, фазное U_a или линейное U_{ab} . Его вектор располагается вертикально, а все остальные вектора вычисляются относительно его, при этом положительный отсчет угла ведется по часовой стрелке, согласно направлению вращения вала генератора.

Основное предназначение прибора – снимать векторную диаграмму, как в трехфазном, так и однофазном режимах. Поэтому для обоих режимов работы, используется одна система измерения углов, принятая в релейной защите. За базис используется напряжение фазы U_a , подаваемое на вход $U1$ и все остальные углы отсчитываются от него, с положительным отсчетом по часовой стрелке. Исключением является однофазный режим при измерении угла между двумя токами. В этом случае за базис принимается ток на входе $I1$, но принцип измерения и отображения угла остается тот же.

Для удобства работы с прибором в нем применена система отображения угла в диапазоне 0-180 градусов с установкой символов «L» и «C» в конце. Положительное направление, используемое для индуктивного запаздывания по фазе (L), идет по часовой стрелке. Символ «C» ставится при емкостном опережении, т.е. если угол отрицательный.

Три возможных варианта измерений фазового угла прибором представлены на рисунке 5.6.

Это измерение угла между двумя напряжениями $U1$ и $U3$, между напряжением и током $U1$ и $I1$ и между двумя токами $I1$ и $I3$.



В первых двух вариантах опорой является вход $U1$, в третьем - опорой является $I1$. Если измеряемый сигнал отстает от опорного, то значение фазового угла отображается со знаком «L», что означает индуктивное запаздывание, а если он опережает опорный, то со знаком «C» - емкостное опережение.

На рисунке 5.7 показана общая система отсчета углов векторов тока и напряжения, расчет мощности и вычисление сопротивления, принятая в приборе.

В первом и втором квадрантах (I и II) индуктивный режим. Угол отображается с символом «L».

В третьем и четвертом квадрантах (III и IV) емкостной режим. Угол отображается с символом «C»..

Мощность активная (P) и реактивная (Q) отображается без знака. Знак активной мощности определяется величиной угла. Если меньше 90 градусов, то положительное значение, идет потребление мощности, а если больше, то отрицательное, т.е. генерирование.

Знак реактивной мощности определяется типом угла, индуктивный угол означает положительное значение мощности (+Q), а емкостной – отрицательное значение (-Q).

Примечания

1 Диаграмма соответствует ГОСТ Р 52425-2005 (приложение С) и МЭК 60375 (пункты 12 и 14).

2 Началом отсчета (координат) диаграммы является вектор напряжения U_a (задан на вертикальной оси координат).

3 Другие векторы тока и напряжения меняют свое направление в зависимости от соответствующего фазового угла φ .

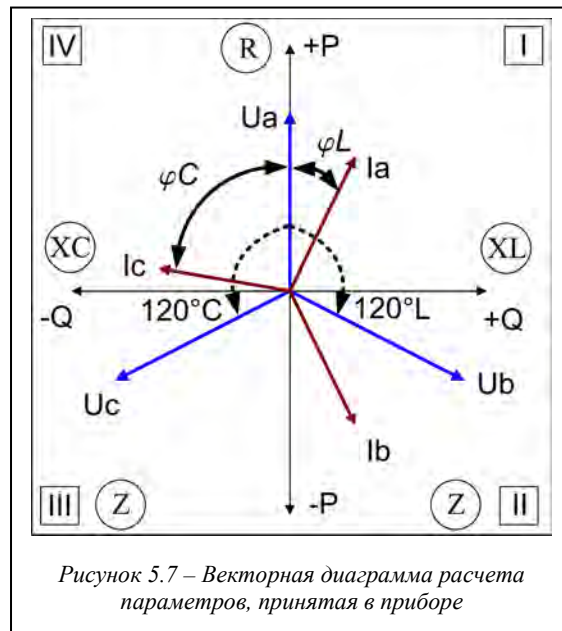
4 Положительное значение фазового угла φ идет по часовой стрелке.

5 Мощность и сопротивление измеряются только в однофазном режиме.

ВНИМАНИЕ! В трехфазном режиме, без наличия опорного напряжения U_1 , углы будут измерены не правильно.

5.4 Расчетные параметры

Среднеквадратичные (RMS или действующее) значения являются самыми распространёнными для измерения напряжения и силы переменного тока, т. к. они наиболее удобны для практических расчётов и когда говорят просто о напряжении или силе тока, то по умолчанию имеются в виду именно их среднеквадратичные



значения. Среднеквадратичное значение вычисляется как корень квадратный из среднего значения квадрата сигнала выборки за время измерения ($T=417$ мс):

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

Средневыпрямленное значение силы тока и напряжения вычисляется как среднее значение модуля сигнала выборки и используется для измерения напряжения и силы постоянного тока:

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt$$

Измерение угла сдвига фаз между сигналами производится на компонентах основной частоты тока и напряжения. В начале, сигналы разлагаются на реальную и мнимую части с помощью дискретного преобразования Фурье массива выборок. Далее вычисляется угол каждого сигнала и в конце берется их разность, в зависимости от того какой сигнал является опорным:

$$\operatorname{Re} X[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cos(2\pi ki/N)$$

$$\operatorname{Im} X[k] = -\sum_{i=0}^{N-1} x[i] \sin(2\pi ki/N)$$

$$\varphi_x = \operatorname{Arctg} \left(\frac{\operatorname{Re} X}{\operatorname{Im} X} \right)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

Величина сигнала основной гармоники рассчитывается, как корень квадратный из суммы квадратов реальной и мнимой частей сигнала:

$$\operatorname{Mag} X[k] = \sqrt{(\operatorname{Re} X[k])^2 + (\operatorname{Im} X[k])^2}$$

Перед измерением частоты, массив выборок исходного сигнала очищается полосовым фильтром, который удаляет лишнюю информацию о сигналах, частота которых лежит вне рабочего диапазона, а затем измеряется период сигнала с усреднением за время измерения.

Вычисление полной (S), активной (P) и реактивной (Q) мощности, к.п.д. ($\cos(\varphi)$), потери ($\text{tg}(\varphi)$), полного (Z), активного (R) и реактивного (X) сопротивления выполняется по общеизвестным формулам, используя уже полученные значения тока, напряжения и угла между ними с учетом типа измерения:

$$\begin{aligned} S &= U_1 \cdot I_1 [B \cdot A]; & P &= S \cdot \cos(\varphi) [Bm]; & Q &= S \cdot \sin(\varphi) [Bap]; & \text{Tg}(\varphi) &= \sin(\varphi) / \cos(\varphi) \\ Z &= U_1 / I_1; & R &= Z \cdot \cos(\varphi); & X &= Z \cdot \sin(\varphi), \end{aligned}$$

Где: S, P и Q – полная, активная и реактивная мощность;

Z, R и X – полное, активное и реактивное сопротивление [Ом];

φ - угол между напряжением U_1 (опора) и током I_1 .

Погрешность измеренных значений мощности и сопротивления зависит от погрешности измерения входных параметров тока, напряжения и угла между ними. Так при номинальных уровнях вторичных сигналов (например, при напряжении 58 В, токе в 1 А), типовая относительная погрешность расчета активной мощности и активного сопротивления не превышает 1 %. При малых входных величинах (менее 0,1 В или менее 0,1 А) эта погрешность увеличивается до 5 %, что происходит в основном из-за ухудшения условий вычисления фазового угла.

В трехфазном режиме, предоставляется информация о симметричных составляющих входных величин тока и напряжения. Расчет прямой (U_{pr} и I_{pr}), обратной (U_{ob} и I_{ob}) и нулевой ($U_{ну}$ и $I_{ну}$) последовательностей тока и напряжения выполняется по формулам:

$$E_1 = \frac{1}{3} (E_a + \alpha E_b + \alpha^2 E_c);$$

$$E_2 = \frac{1}{3}(E_a + \alpha^2 E_b + \alpha E_c);$$

$$E_0 = \frac{1}{3}(E_a + E_b + E_c),$$

Где: E_1 , E_2 , E_0 – прямое, обратное и нулевое значение тока или напряжения трехфазного сигнала.

E_a , E_b и E_c – измеренные вектора напряжения или тока, по соответствующим фазам.

α – оператор поворота;

Вектор, умноженный на оператор поворота « α », поворачивается на 120° против часовой стрелки, а « α^2 » означает двойной поворот, т.е. на 240° против часовой стрелки или на 120° по часовой стрелки.

ВНИМАНИЕ! Фазовый угол корректно измеряется только при одинаковой частоте обоих сигналов. В противном случае значение фазы будет постоянно меняться.

6 Меню

Для выбора и настройки основных параметров прибор имеет «Меню». Для его вызова необходимо одновременно нажать на две кнопки *РЕЖИМ* и *ФИКСАЦИЯ* и удерживать их в нажатом состоянии 1,5 - 2 с. При входе в меню курсор стоит на последней позиции – «Выход».

Для навигации по меню используются кнопки:

– *РЕЖИМ* – выполняет перебор разделов по строкам. Перебор первого уровня выполняется по кругу. Перебор второго уровня заканчивается выходом на первый уровень;

– *ФИКСАЦИЯ* – в первом уровне выполняет переход во второй уровень, а на втором уровне происходит выбор параметра и возврат на первый уровень.

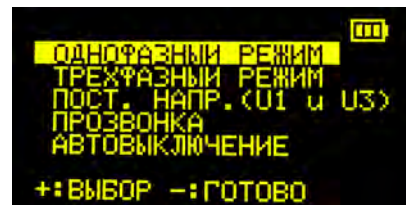
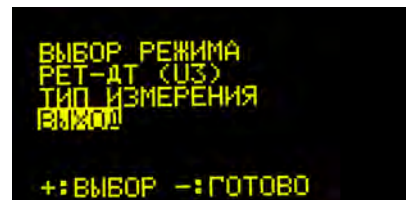
Для выхода из «Меню» необходимо выбрать «Выход» и нажать на кнопку *ФИКСАЦИЯ*.

Меню имеет двухуровневую структуру, где первый уровень позволяет выбрать объект настройки, а второй – параметр.

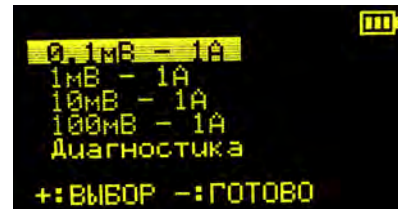
Меню позволяет в пункте **Выбор режима** настроить работу прибора, выбрав один из режимов:

- **Однофазный режим работы прибора** (см.7.1-7.3);
- **Трехфазный режим работы прибора** (см.7.4);
- **Измерение Постоянного напряжения** (см.7.7);
- **Прозвонка и проверка трансформаторов** (см.7.8 -7.10);
- **При включенном режиме Автовыключение** прибор

автоматически отключается через 10 минут работы. Состояние этого параметра индицируется в верхней части экрана в виде часиков. Повторный вызов выключает режим сохранения электроэнергии.



Пункт **РЕТ-ДТ** предназначен для включения дополнительного режима работы измерительного канала напряжения U3 в качестве измерителя тока, при подключении к нему датчика тока типа РЕТ-ДТ (см. 7.6). Кроме того, он позволяет настроить коэффициент соответствия для этого датчика. Коэффициент задается в виде уровня выходного напряжения на один ампер измеряемого тока. Например, если в датчике тока РЕТ-ДТ установлен режим измерения тока 300 А (он имеет выходное напряжение 3 В), то это соответствует коэффициенту 10 мВ на 1 А ($3 \text{ В}/300=0,01 \text{ В}$), а для положения в 3000 А, коэффициент, соответственно, равен 1 мВ.



ВНИМАНИЕ!

- Этот режим работает **только** в однофазном режиме при измерении двух напряжений.
- Позиция **Диагностика** используется **только** для контроля работы токовых входов при метрологической поверке прибора и в работе не используется (Методика поверки БРГА.411259.006 МП).

Пункт **Тип измерения**, позволяет выбрать метод цифровой обработки сигнала при измерении тока и напряжения: полноценный среднеквадратичный (RMS) или с включенным фильтром, выделяющий сигнал только частотой 50 Гц, – «1 Гармоника». Средневыпрямленный метод выбирается автоматически при включении режима измерения постоянного напряжения.

Структура Меню прибора представлена в Приложении Б.

7 Работа с прибором

Прибор имеет три основных режима работы: однофазный, трехфазный и прозвонка.

Однофазный режим предназначен для выполнения всех видов классических работ с ВольтАмперФазометром. Это измерение напряжения, тока, частоты, угла между двумя напряжениями или токами или между напряжением и током, сравнение двух напряжений или токов, расчет мощности и сопротивления и т.д.

В этом режиме прибор автоматически определяет подключение токовых клещей и меняет режим работы.

Частота сигнала измеряется только на входе напряжения U1.

Угол сдвига фазы между двумя сигнала измеряется, только если они одинаковой частоты.

Измерение постоянного напряжения – это вспомогательный однофазный режим со средневыпрямленным методом цифровой обработки, так как метод RMS измеряет постоянное напряжение без знака.

Режим «РЕТ-ДТ» позволяет, в однофазном режиме, переключить вход U3 на измерение тока с помощью опциональных токовых клещей типа РЕТ-ДТ (в стандартный набор не входят).

Трехфазный режим предназначен для снятия векторных диаграмм и измерения симметричных составляющих тока и напряжения в трехфазных системах.

В режиме прозвонка прибор выполняет проверку целостности проводника и определение полярности трансформаторов тока и напряжения. В этом режиме вход U2 используется как измеритель напряжения и как источник тока. Для этого на его клеммы, через контакты реле, кратковременно, через ограничитель тока, не более 100 мА, подается напряжение со встроенного аккумулятора. При этом напряжение на клеммах постоянно контролируется.

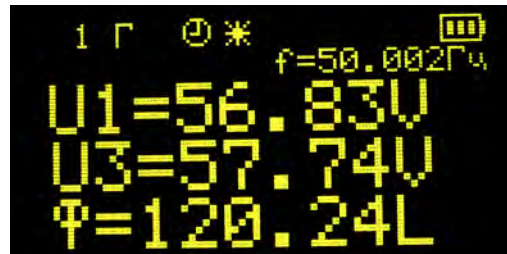
Полная структура возможных режимов работы прибора представлена в Приложении В.

7.1 Измерение напряжения

В однофазном режиме без подключенных токовых клещей прибор выполняет одновременное измерение напряжения в двух каналах U1 и U3. Это удобно использовать при сравнении двух независимых сигналов, в том числе и гальванически развязанных. Измерение угла между ними возможно только при условии, что оба сигнала имеют одну частоту. Например, при: снятии векторных диаграмм; фазировке обмоток; определении коэффициента трансформации и т.д.

Вход U1 используется как основной канал измерения напряжения, имеет повышенную точность, высокую чувствительность и несколько поддиапазонов измерения. Он является опорой при вычислении фазовых углов и только по этому входу выполняется вычисление частоты сигнала.

Вход U3 является дополнительным каналом измерения напряжения и может использоваться для подключения токовых клещей с выходным напряжением до 3 В.



Оба канала U1 и U3 измеряют напряжение до 750 В переменного тока частотой от 40 до 80 Гц.

ВНИМАНИЕ!

- Если на любом из входов напряжение менее 0,06 В, то в строке статуса автоматически появляется знак индикаторного режима измерения - «И».
- Режим RMS позволяет измерять напряжение постоянного тока, но без учета знака.
- Для измерения больших величин тока необходимо использовать соответствующие токовые клещи (в комплект не входят), например, РЕТ-ДТ. Эти клещи подключают к U3 и в меню, в режиме РЕТ-ДТ выбирают коэффициент пропорции. Вместо U3 на экране отображается U1, как знак того, что канал напряжения измеряет ток с заданным коэффициентом пропорциональности.

7.2 Измерение тока

Для измерения тока используются токовые клещи из комплекта поставки. Их три штуки и они привязаны к определенным входам. Для этого на разъеме имеется соответствующая метка выполненная цветом. Желтый цвет означает вход I1, зеленый – I2, а красный - I3.

В однофазном режиме используются входы I1 и I3.

Схемы подключения представлены в Приложении Г на рисунках Г.1, Г.2, Г.3.

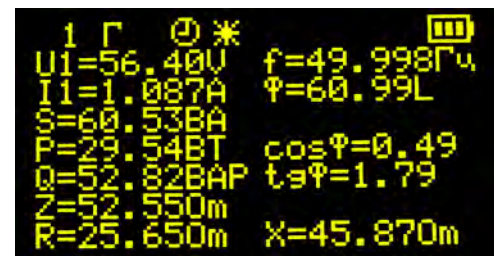
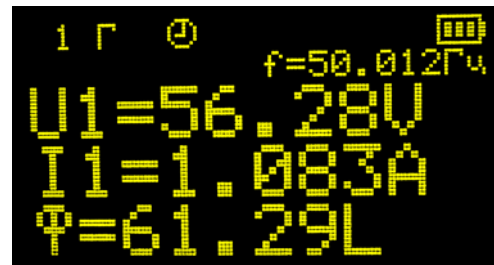
Вход I1, используется как основной токовый, так как он является опорой при вычислении угла между двумя токами, и его данные используются при вычислении мощности и сопротивления.

При подключении токовых клещей, программа автоматически распознает его и в место U3 выводит значение I1.

Фазовый угол корректно измеряется только при одинаковой частоте обоих сигналов.

При одновременном измерении тока и напряжения прибор позволяет вычислить другие параметры однофазной цепи. При нажатии на кнопку *РЕЖИМ* прибор отображает:

- напряжение и его частоту,
- ток и фазовый угол относительно напряжения,
- полную, активную и реактивную мощность,
- косинус и тангенс угла,
- полное, активное и реактивное сопротивление.



Повторное нажатие на кнопку *РЕЖИМ* возвращает прибор в предыдущий вариант работы.

7.3 Сравнение двух токов

Для сравнения параметров двух токов используются основной вход I1 и дополнительный I3.

При подключении вторых токовых клещей, программа автоматически распознает это и в первом поле выводит значение тока основного входа I1, а во втором поле – дополнительного I3.

Это может использоваться, например, при проверке трансформаторов тока для определения коэффициента трансформации и фазового сдвига между первичным и вторичным токами.

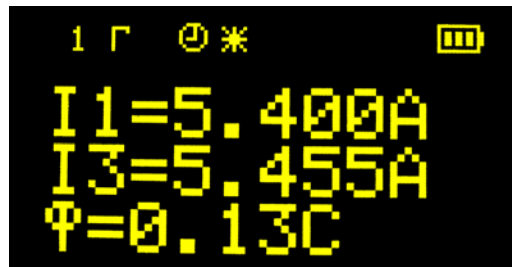


Схема подключения представлена в Приложении Г на рисунке Г.4.

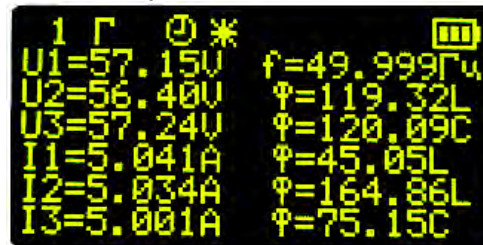
ВНИМАНИЕ!

- Если значение тока менее 0,04 А, то в строке статуса автоматически появляется знак индикаторного режима измерения - «И».
- С экрана индикатора исчезает параметр частота, так как она измеряется по отключенному каналу U1.
- При малых уровнях сигнала погрешность измерения угла по току увеличивается, из-за особенностей работы токовых клещей.

7.4 Трехфазный режим

Эта функция позволяет очень просто, одним подключением, снять полную векторную диаграмму трех фаз напряжения и трех фаз тока. При этом в измерении участвуют все входы: U1, U2, U3 и токовые клещи подключенные к входам I1, I2 и I3.

В схеме подключения, представленной в Приложении Г на рисунке Г.1, красный вход U1 подключается к фазе напряжения «А», U2 – «В» и U3 – «С», а их черные выводы объединяются и подключаются к нулевому проводу «N». Токовые клещи, подключенные к входу I1, охватывают провод, по которому протекает ток фазы «А», I2 - «В», I3 – «С». При этом необходимо соблюдать правильное положение клещей, в противном случае фазовый угол будет повернут на 180 градусов. Расчет всех углов идет от фазы напряжения «А».



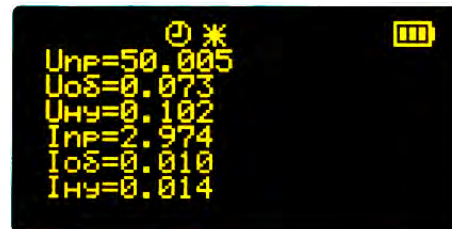
ВНИМАНИЕ!

- Напряжения можно измерять и в трехфазной сети без нулевого провода, но при этом не гарантируется точность измерений.
- Можно подключиться «треугольником» и измерять линейное напряжение. Но программа не будет преобразовать его в фазное напряжение – такой возможности в приборе нет.
- Прибор отображает все значения тока, напряжения и углов, даже если входные параметры ниже гарантированного порога измерения.
- При малых уровнях сигнала погрешность измерения угла увеличивается.

7.5 Симметричные составляющие

В трехфазном режиме имеется возможность вычисления симметричных составляющих. Это дополнительный режим работы с трехфазным сигналом, когда прибор вычисляет по измеренным значениям векторной диаграммы тока и напряжения и отображает все значения симметричных составляющих сигнала:

- $U_{пр}$ и $I_{пр}$ – прямые последовательности тока и напряжения;
- $U_{об}$ и $I_{об}$ – обратные последовательности тока и напряжения;
- $U_{ну}$ и $I_{ну}$ - нулевые последовательности тока и напряжения.



Для переключения работы прибора в положение вывода симметричных составляющих необходимо из трехфазного режима нажать кнопку РЕЖИМ. Повторное нажатие возвращает работу прибора назад в измерение трехфазного режима.

ВНИМАНИЕ! Обозначение составляющих отличается от общепринятых: U_1 , U_2 , U_0 , I_1 , I_2 , I_0 , так как они переключаются с названиями входов прибора, что может привести к путанице при записи параметров.

7.6 Измерение переменного тока с помощью РЕТ-ДТ

Для измерения больших величин тока мы предлагаем использовать преобразователь измерительный токовый РЕТ-ДТ, но можно подключить к прибору другие токовые клещи, имеющие на выходе максимальное напряжение до 3 В.

Порядок настройки прибора:

- прибор включают в однофазный режим;
- преобразователь РЕТ-ДТ (датчик тока) подключают к входу U3;
- в пункте меню **РЕТ-ДТ** выбирается коэффициент пропорциональности, соответствующий пределу измерения, установленному на преобразователе РЕТ-ДТ.

Вместо U3 на экране отображается UI, как знак того, что канал напряжения измеряет ток с заданным коэффициентом пропорциональности. Можно проводить измерения.

При работе необходимо обращать внимание на уровень сигнала: при уменьшении сигнала менее 0,3 В, на входе U3 рекомендуется изменить предел, так как повышается погрешность измерения.

Прибор в этом режиме позволяет измерять постоянный ток, но для этого *необходимо использовать токовые клещи постоянного тока (в комплект не входят)*. Ток измеряется без учета знака.

Программа рассчитана на использование одного датчика, подключенного к входу U3. Но если имеется необходимость в использовании двух датчиков, то второй можно подключить к U1, но он будет отображать входное напряжение. В принципе можно использовать и три датчика, подключая их к U1, U2 и U3, только прибор должен работать в трехфазном режиме. На экране будет показано напряжение, присутствующие на их входах, а не ток. Значение тока надо будет вычислять самим. В этом случае режим РЕТ-ДТ не работает.

В трехфазном режиме с помощью трех стандартных клещей и трех датчиков появляется уникальная возможность одновременно проконтролировать 6 токов, например, при проверке трансформатора три фазы первичного тока и три – вторичного.

7.7 Измерение постоянного напряжения

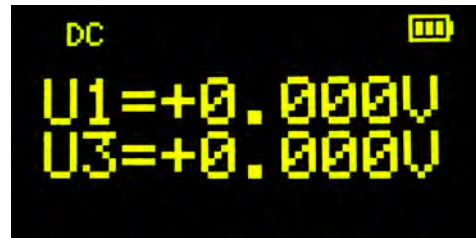
Этот режим предназначен для измерения постоянного напряжения с индикацией знака.

Два канала U1 и U3 удобно использовать для сравнения двух напряжений, в том числе и гальванически развязанных.

В этом режиме применен средневыпрямленный метод обработки сигнала.

Диапазон измерения напряжения до 750 В.

ВНИМАНИЕ! Для возврата в исходное состояние надо выбрать однофазный или трехфазный режим.



7.8 Режим «Прозвонка»

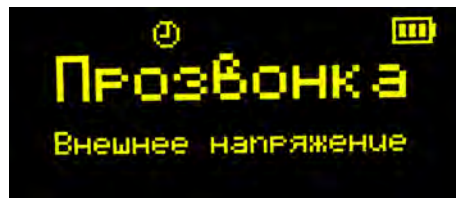
В этом режиме собраны проверки не связанные с измерением параметров. Это проверка целостности проводника, т.н. «прозвонка» и проверка полярности трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН). Кнопка *РЕЖИМ* выполняет переключение между этими проверками. В этом режиме вход U2 используется как измеритель напряжения и как источник тока. Для этого на его клеммы, через контакты реле, кратковременно подается напряжение со встроенного аккумулятора через ограничитель тока. При этом напряжение на клеммах постоянно контролируется.

Если присутствует напряжение больше порога, то выводится сообщение о том, что сопротивление цепи более 12 Ом, следовательно, присутствует разрыв.

Если это напряжение не большое, то считается, что выводы практически закорочены и на индикаторе показывается сопротивление в контрольной цепи меньше 12 Ом.

Если перед включением реле на клеммах уже присутствует напряжение или при замыкании контакта оно больше чем напряжение на аккумуляторе, то выводится сообщение о наличие внешнего напряжения и проверка не производится до тех пор, пока это напряжение не пропадет.

Первое нажатие на кнопку *РЕЖИМ* приводит к переключению в режим «Проверка трансформаторов напряжения», второе – в режим «Проверка трансформаторов тока», а третье – возвращает в режим «Прозвонка».



7.9 Режим «Проверка трансформаторов напряжения»

Эта функция предназначена для определения концов обмоток трансформаторов напряжения (ТН), статорных обмоток асинхронных двигателей и т.д.

Для вызова этой функции необходимо вначале в Меню выбрать режим **Прозвонка**, а потом нажимая на кнопку **РЕЖИМ**, переключить работу прибора в положение ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ.

В схеме проверки участвуют вход U2, как генератор импульсов, которые подаются на первичную обмотку, и вход U3, как измеритель наведенного напряжения на вторичной обмотке.

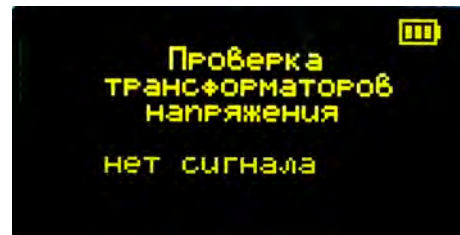
Подключать следует в соответствии со схемой, представленной в Приложении Г на рисунке Г.5 (звездочка «*» к звездочке «*»).

Прибор начинает работать сразу при выборе режима и на экране высвечивается результат:

- «нет сигнала» – если трансформатор не подключен или не хватает мощности тестового сигнала с выхода прибора, необходимой для наведения на вторичной обмотке трансформатора напряжения достаточного для анализа уровня;
- «прямое» – при прямом соединении обмоток;
- «обратное» – при обратном соединении обмоток;
- «внешнее напряжение» – при наличие внешнего напряжения, блокируется проверка.

ВНИМАНИЕ!

Прибор имеет небольшую величину тестового сигнала (около 1 В), что для мощных ТН может оказаться меньше порога их чувствительности. В этом случае рекомендуется выполнить проверку классическим методом (см. 7.1) с помощью внешнего источника напряжения переменного тока.

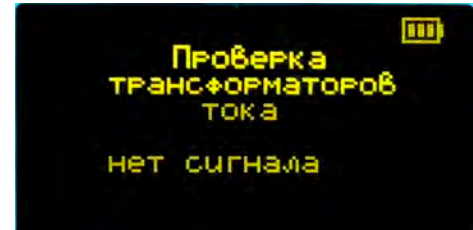


7.10 Режим «Проверка трансформаторов тока»

Эта функция предназначена для определения концов обмоток маломощных трансформаторов тока (класс до 400/5 при полной зарядке аккумулятора).

Для вызова этой функции необходимо вначале в Меню выбрать режим *Прозвонка*, а потом, нажимая на кнопку *РЕЖИМ*, переключить работу прибора в положение ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА.

Порядок работы и схема подключения аналогичны режиму проверки трансформаторов напряжения (см. 7.9).



ВНИМАНИЕ!

Прибор имеет небольшую величину тестового сигнала (амплитуда импульса не превышает 100 мА), что для некоторых трансформаторов ТТ, в особенности, с большой кратностью и большой мощности, может оказаться меньше порога их чувствительности. В этом случае на вторичной обмотке практически отсутствует наведенное напряжение, и прибор не в состоянии определить полярность. Для таких трансформаторов рекомендуется выполнить проверку классическим методом (см. 7.2) с помощью внешнего источника переменного тока.

8 Транспортная сумка

В комплект прибора входит транспортная сумка. В ней имеется основной отсек, разделенный на четыре части, наружный карман, карман во внутренней стороне верхнего клапана и ремень. Сумка и наружный карман закрываются на молнию. Ремень регулируется по длине.

В основном отсеке размещаются: прибор, три клещевые приставки, измерительные кабели, наконечники и сетевой адаптер. Наружный карман предназначен для хранения разной мелочи. В крышке сумки вшиты стальные пластины для крепления прибора на магнитах, а в кармане размещается инструкция.

Прибор имеет свой защитный чехол, в основание которого вшиты два магнита для крепления прибора к металлической поверхности: шкаф, панель (рисунок 8.1а) или крышка сумки (рисунок 8.1б).



а) крепление прибора к металлической поверхности



б) крепление прибора к сумке

Рисунок 8.1 – Варианты крепления прибора

9 Обслуживание аккумулятора

В приборе применен штатный литий-ионный (Li-ion) аккумулятор. Для ее длительной и нормальной работы необходимо знать следующие особенности эксплуатации прибора:


1) Обычно при поставке потребителю он не полностью заряжен, сказывается саморазряд во время хранения и транспортировки. Перед началом эксплуатации прибора аккумулятор необходимо полностью зарядить-разрядить два-три раза.

2) Подзарядка происходит через сетевой адаптер, при этом индикатор заряда светит красным цветом. Процесс зарядки контролирует сам прибор, и при достижении номинальной емкости, он ее приостанавливает. Для полной зарядки требуется около 4 часов. Прибор может быть включен в сеть, на неограниченно долгое время без какой-либо опасности повреждения аккумулятора.

3) Аккумулятор не имеет эффекта «памяти», поэтому заряжать можно в любое время. Обычно гарантируется время жизни более 500 циклов «заряд-разряд». Более реалистично рассчитывать на 400 циклов, в зависимости от условий эксплуатации.

4) Аккумулятор имеет саморазряд, составляющий 2-5 % в месяц, поэтому не допускайте длительное хранение аккумулятора в разряженном состоянии, это может привести к его разрушению.

5) Для сохранения заряда аккумулятора, прибор между измерениями, желательно выключать. Используйте режим «Автовыключение».

6) Индикатором состояния аккумулятора служит символ , расположенный в верхнем правом углу экрана. Если полосы отсутствуют, то аккумулятор разряжен.

7) Если при полной зарядке прибор работает менее 2 часов, то аккумулятор необходимо заменить.

10 Поверка и испытания в эксплуатации

Прибор, находящийся в эксплуатации, должен проходить периодическую поверку. Очередной срок поверки устанавливается потребителем исходя из интенсивности использования прибора, но не реже 1 раза в 2 года.

Поверка прибора производится в соответствии с методикой поверки БРГА.411259.006 МП.

11 Калибровка

Режим служит для калибровки метрологических параметров прибора и применяется в процессе производства. Изменение этих параметров может привести к ухудшению метрологических характеристик и неправильной работе прибора. Вход в данный режим защищен паролем и для рядового пользователя недоступен.

Работа выполняется на предприятии изготовителя в соответствии с инструкцией по калибровке БРГА.411259.006 И2.

12 Техническое обслуживание

Для очистки внешних поверхностей прибора и чехла использовать мягкую ткань. Особо осторожно надо чистить экран и лицевую сторону чехла, чтобы избежать царапин. Для удаления загрязнения использовать мягкую ткань, смоченную в воде.

Не использовать растворители и абразивные средства для чистки прибора.

Избегать воздействия на прибор неблагоприятных внешних воздействий. Корпус прибора не является водонепроницаемым.

Не подвергать длительному воздействию прямого солнечного света.

13 Возможные неисправности и способы их устранения

Таблица 13.1

Возможные неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
При включенном приборе ничего не отображается на дисплее	- аккумулятор разрядился сверх допустимого (ниже 2,8 В)	- зарядить аккумулятор
Показания прибора "скачут"	- нетиповой сигнал (например, сигнал шумового характера, сигнал от высокоомного источника) – некорректная схема измерений	- убедиться с помощью осциллографа, что сигнал стабилен по значению, имеет частоту около 50 Гц - проверить схему подключения прибора

14 Правила хранения и транспортирования

Приборы до ввода в эксплуатацию следует хранить в помещении при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С.

В помещении для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержания коррозионно-активных агентов атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

Приборы транспортировать в закрытых транспортных средствах любого вида. При транспортировании самолетом приборы должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Условия транспортирования в части воздействия механических факторов – по ГОСТ 22261-94, в части воздействия климатических факторов – 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150-69.

15 Сведения об утилизации

Материалы и комплектующие, используемые при изготовлении прибора, не оказывают вредного влияния на окружающую среду. Требования обеспечиваются схемотехническими решениями и конструкцией прибора.

Изношенный Li-ion аккумулятор не содержит токсичных веществ.

16 Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует соответствие параметров прибора характеристикам, изложенным в разделе «Технические параметры», при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, обслуживания, хранения и транспортирования, изложенных в настоящем руководстве.

Гарантийный срок эксплуатации – 5 лет со дня передачи изделия покупателю и не более 6 лет со дня изготовления.

Рекламации предъявляются в установленном порядке по адресу:

428015, Россия, г. Чебоксары, ул. Анисимова, 6, ООО «Научно-производственное предприятие «ДИНАМИКА» (ООО «НПП «Динамика»).

Электронный адрес: dynamics@chtt.ru.

Тел./факс (8352) 58-07-13.

Приложение А

Графики зависимости погрешностей прибора

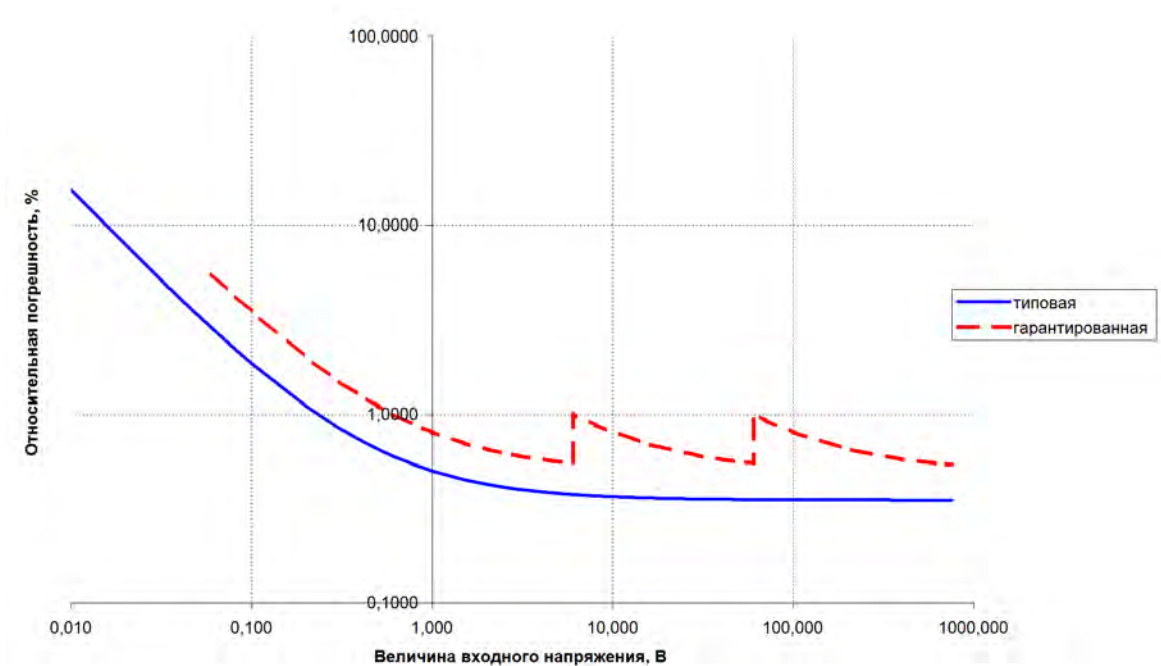


Рисунок А.1 – Гарантированная и типовая относительная погрешность измерения переменного напряжения

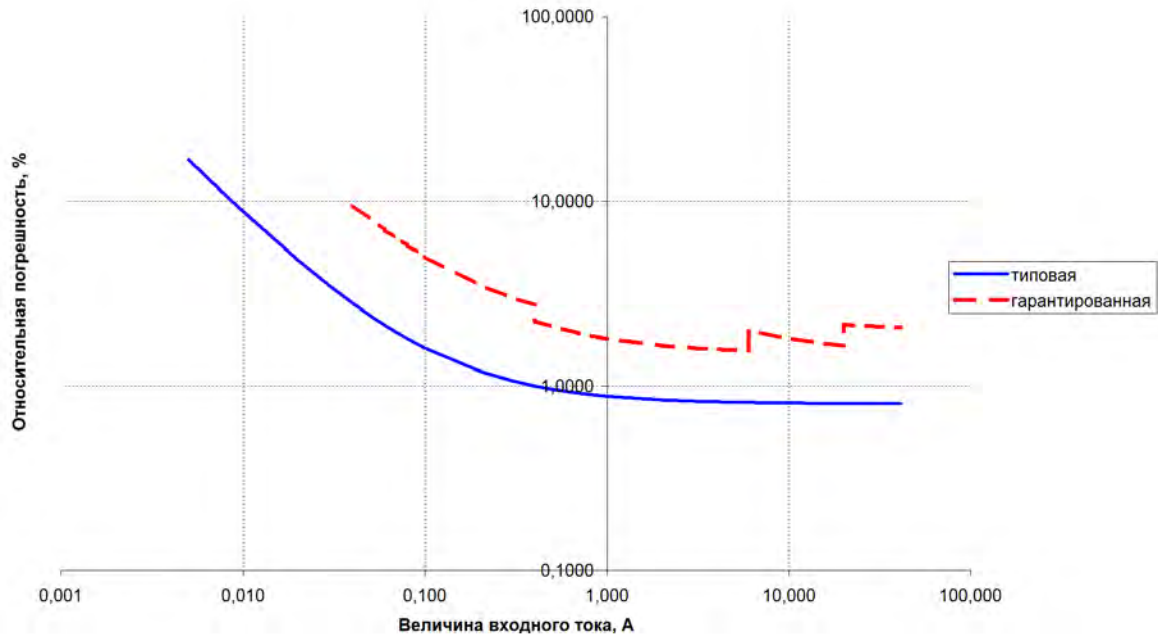


Рисунок А.2 – Гарантированная и типовая относительная погрешность измерения переменного тока

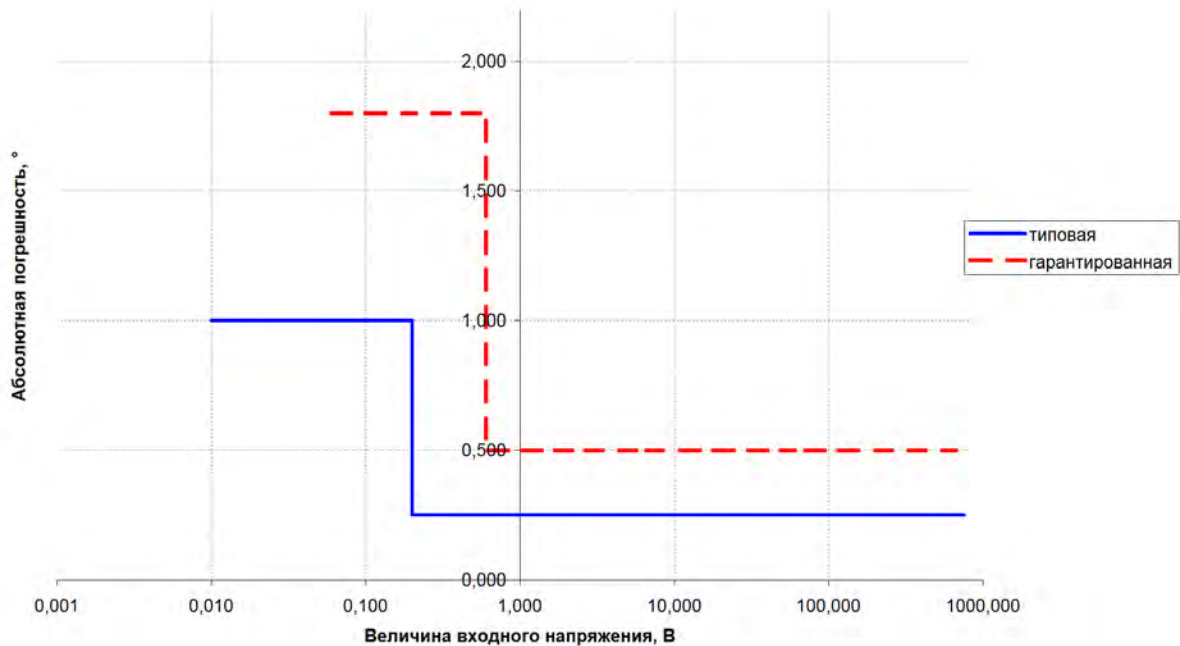


Рисунок А.3 – Гарантированная и типовая абсолютная погрешность измерения угла сдвига фаз между каналами напряжения

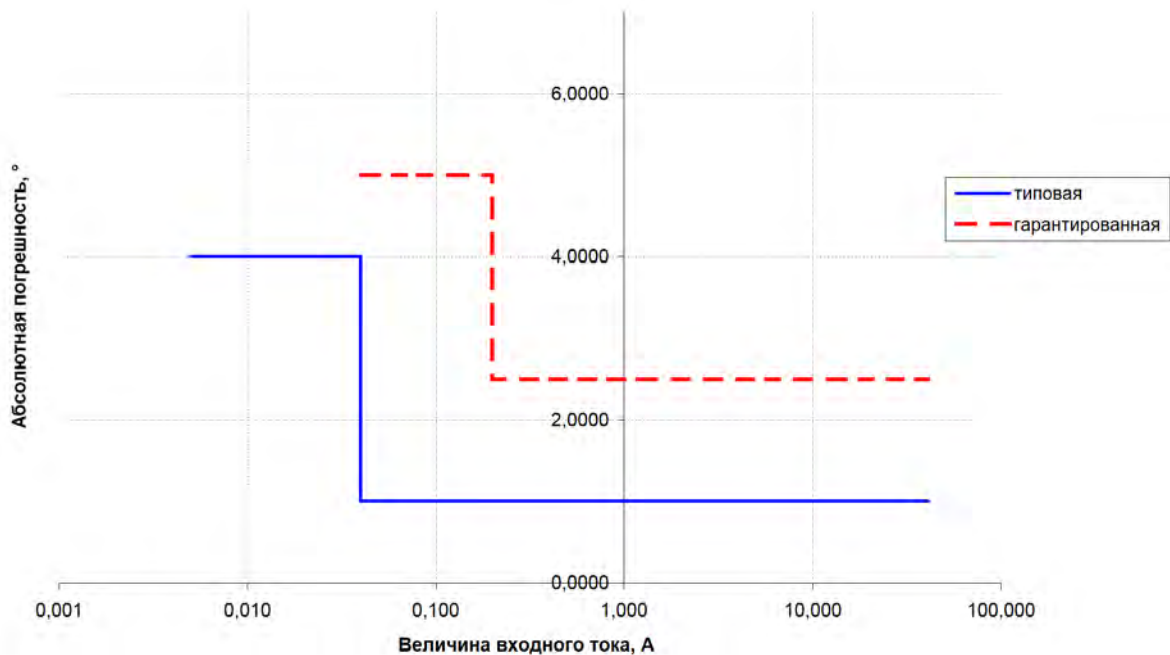


Рисунок А.4 – Гарантированная и типовая абсолютная погрешность измерения угла сдвига фаз между каналами тока

Приложение Б Структура Меню

Меню	
<i>1-й уровень</i>	<i>2-й уровень</i>
Выбор режима	Однофазный режим
	Трёхфазный режим
	Пост.напр. (U1 и U3)
	Прозвонка
	Автовывключение
Режим РЕТ-ДТ	0,1 мВ – 1А
	1,0 мВ – 1А
	10 мВ – 1А
	100 мВ – 1А
	Диагностика
Тип измерение	1Г
	RMS
Выход	

Приложение В Режимы работы

Таблица В.1

	<i>Основной режим</i>	<i>Дополнительный режим 1</i>	<i>Дополнительный режим 2</i>
Однофазный U1-U3			
Однофазный U1-I1			
Однофазный I1 – I3			
Трёхфазный			

Продолжение таблицы В.1

	<i>Основной режим</i>	<i>Дополнительный режим 1</i>	<i>Дополнительный режим 2</i>
Постоянное напряжение	 <p>DC (III) U1=+0.000V U3=+0.000V</p>		
Прозвонка	 <p>Прозвонка (III) Rx > 12 Ом</p>	 <p>Проверка (III) ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ нет сигнала</p>	 <p>Проверка (III) ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА нет сигнала</p>

ВНИМАНИЕ! Переключение между основным и дополнительными режимами выполняется кнопкой РЕЖИМ по кругу.

Приложение Г

Схемы подключения прибора

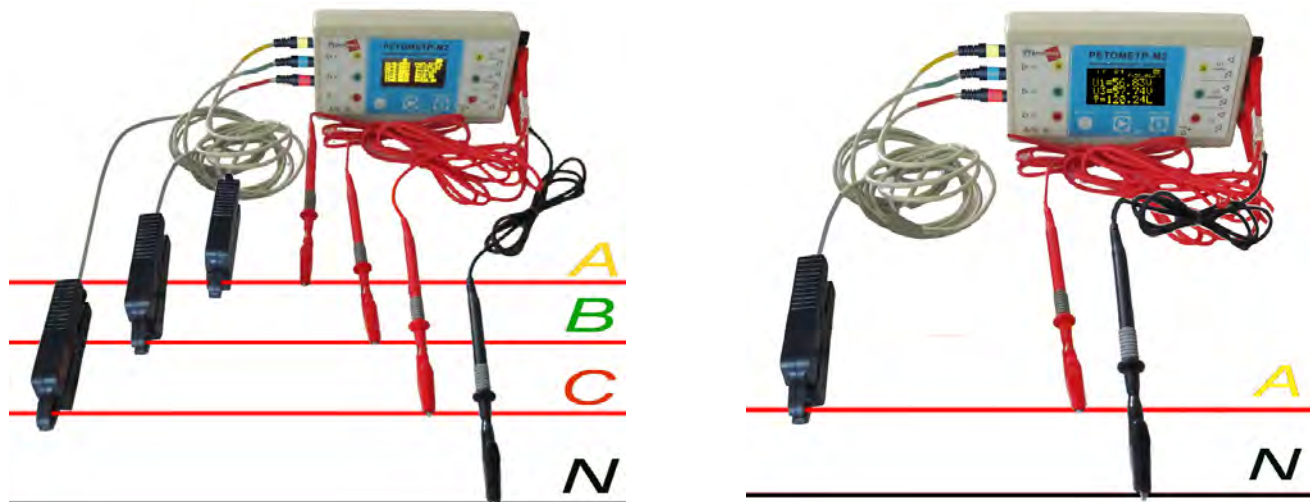


Рисунок Г.1 – Схема подключения к трехфазной и однофазной сети

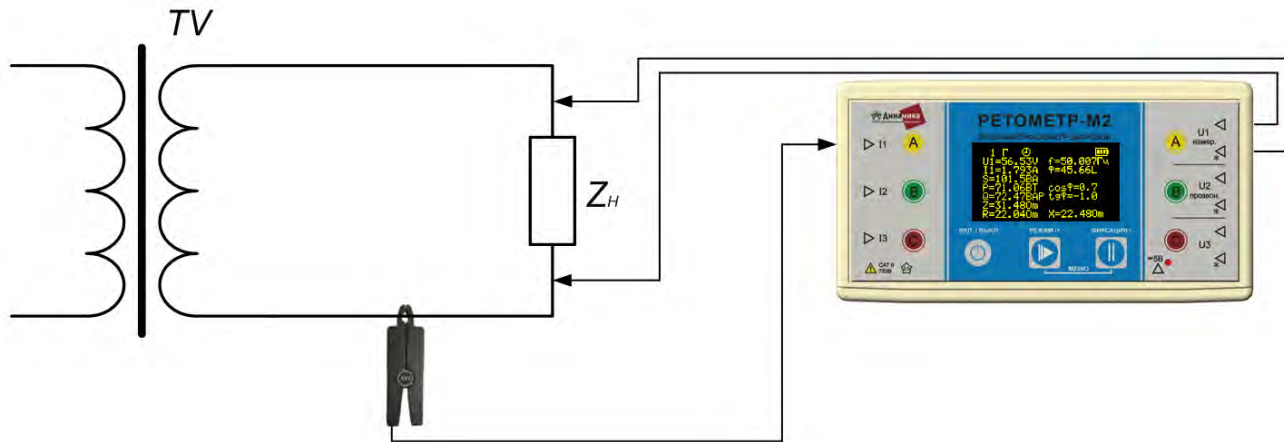
ВНИМАНИЕ!

- В схеме подключения к трехфазной системе, три черных входа каналов напряжения объединены на один черный провод.
- Отсутствие нулевого провода может привести к неверным результатам измерения.
- При отсутствии нулевого провода используется схема подключения треугольником на линейное напряжение.



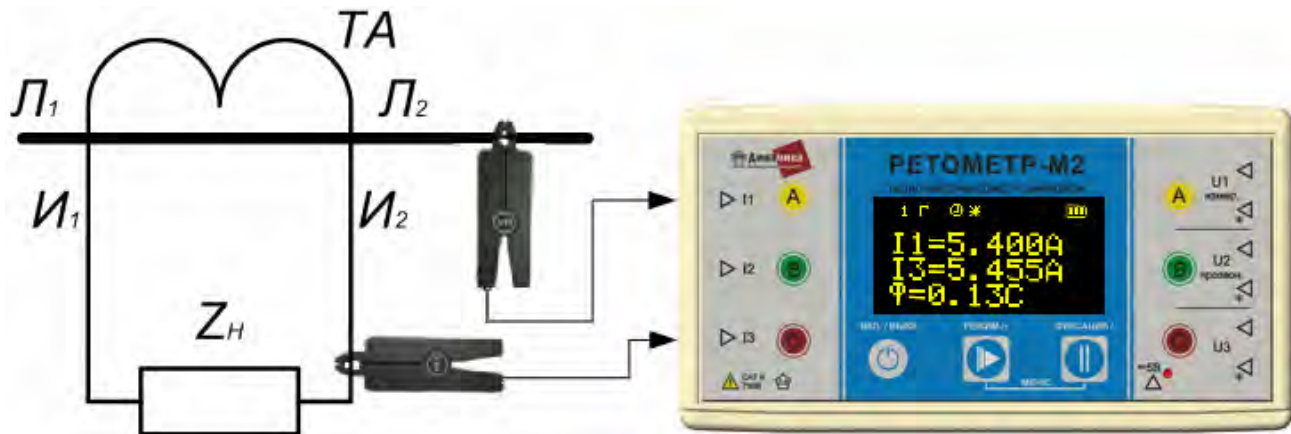
TA – трансформатор тока;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Г.2 – Схема измерения мощности потребления и сопротивления нагрузки вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения



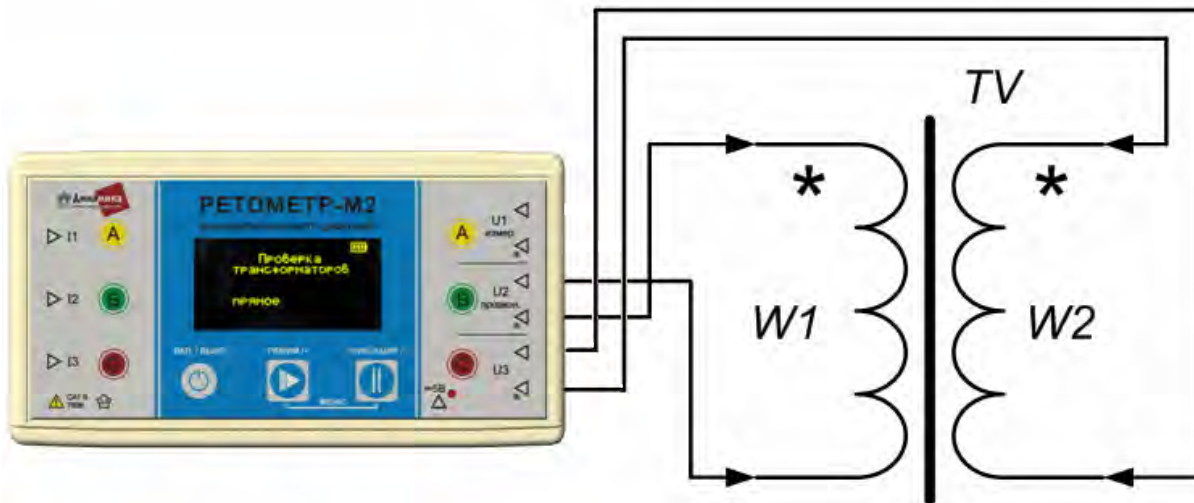
TV – трансформатор напряжения;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Г.3 – Схема измерения мощности нагрузки вторичных цепей трансформаторов напряжения



ТА – трансформатор тока;
 Z_H – сопротивление нагрузки

Рисунок Г.4 – Схема определения полярности обмоток, коэффициента трансформации и фазового сдвига между обмотками трансформатора тока



TV – трансформатор напряжения

Рисунок Г.5 – Подключение прибора для проверки полярности обмоток трансформатора

ВНИМАНИЕ!

По этой схеме проверяются и трансформаторы тока, но из-за ограниченной мощности внутреннего источника проверяются только трансформаторы малой габаритной мощностью до 10 ВА. Для проверки трансформаторов большей мощности необходимо использовать стандартную схему с внешним источником.