

## **ВОЛЬТАМПЕРФАЗОМЕТР М2**

### **РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ПШИЖ 01.00.00.00.010 РЭ

**БЕЛАРУСЬ**

220101, г. Минск, ул. Плеханова 105а,

т./ф. (017) 378-09-05, 379-86-56

[www.bemn.by](http://www.bemn.by), [upr@bemn.by](mailto:upr@bemn.by)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 НАЗНАЧЕНИЕ .....	3
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ.....	3
3 СОСТАВ ПРИБОРА.....	5
4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА.....	6
4.1 Конструкция.....	6
4.2 Принцип работы .....	6
5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ .....	7
5.1 Подготовка к работе .....	7
5.2 Режим вольтметра.....	7
5.3 Режим фазометра .....	8
5.3.1 Измерение угла фазового сдвига.....	10
5.3.2 Определение чередования фаз в трехфазной системе .....	11
5.4 Дополнительная информация.....	12
5.5 Режим калибровки .....	12
5.6 Особенности при работе с прибором.....	13
5.7 Меры безопасности .....	14
6 МАРКИРОВАНИЕ .....	14
7 УКАЗАНИЯ ПО ХРАНЕНИЮ И ВВОДУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.....	14
8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ .....	14
9 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА.....	15
10 МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	15
10.3 Требования безопасности .....	18
10.4 Условия поверки .....	18
10.6 Проведение поверки .....	19
10.7 Оформление результатов поверки .....	30
11 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ .....	31
12 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ .....	32
Приложение Б .....	34
Библиография.....	39

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по эксплуатации (в дальнейшем – РЭ) распространяется на «Вольт-амперфазометр М2» (в дальнейшем – прибор) и предназначено для ознакомления пользователей с принципом работы, конструкцией и характеристиками прибора, а также содержит указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации, транспортирования и хранения. В РЭ включены также гарантии изготовителя и сведения о приёмке.

### 1 НАЗНАЧЕНИЕ

**1.1** Прибор предназначен для измерения величины постоянной составляющей напряжения, переменного тока и напряжения с одновременным вычислением активной и реактивной мощностей, для измерения частоты сигнала на опорном канале, а также для определения угла сдвига фаз между током и напряжением, двумя напряжениями либо двумя токами и определения чередования фаз в трехфазной системе напряжений. Прибор применяется для комплексных испытаний защит генераторов, трансформаторов, линий в цепях трансформаторов тока и напряжения, проверки и наладки фазочувствительных схем, фазировки и контроля правильности включения электроустановок сети трёхфазного переменного тока.

**1.2** Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от минус 10 до +40 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при +35 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

### 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

**2.1** Прибор обеспечивает измерение среднеквадратического значения (далее – СКЗ) напряжения переменного тока до 600 В с частотой от 40 до 100 Гц. Диапазон показаний СКЗ напряжения переменного тока с частотой от 20 до 100 Гц – от 0 до 600 В.

**2.2** Входное активное сопротивление прибора при измерении переменного и постоянного напряжения не менее 1000 кОм.

**2.3** Прибор с помощью клещевой приставки обеспечивает измерение СКЗ силы переменного тока синусоидальной формы от 0 до 10 А с частотой от 40 до 100 Гц. Диапазон показаний СКЗ силы переменного тока синусоидальной формы с частотой от 20 до 100 Гц – от 0 до 10 А.

**2.4** Прибор обеспечивает измерение частоты сигнала на опорном канале в диапазоне от 20 до 100 Гц.

**2.5** Прибор обеспечивает измерение углов фазового сдвига между синусоидальным током и синусоидальным напряжением (или напряжением и током, двумя напряжениями, двумя токами) с коэффициентом нелинейных искажений не более 5 % в диапазоне частот от 20 до 70 Гц, относительно сигнала на опорном канале в диапазоне от минус 180° до +180°. Диапазон входных токов от 0,01 до 10 А, диапазон входных напряжений от 2 до 600 В.

**2.6** Прибор позволяет определить направление чередования фаз трехфазной симметричной системы напряжений.

**2.7** Прибор обеспечивает следующую математическую обработку результатов измерений:

- определение активной мощности;
- определение реактивной мощности;
- определение действующих значений первой гармоники силы переменного тока и напряжения;
- определение значения постоянной составляющей напряжения.

**2.8** Допускаемая основная погрешность прибора для всех режимов работы приведена с учётом требований п. 2.9 в таблице 1 для следующих значений влияющих величин:

- относительная влажность – до 95 % при 35 °С;
- температура окружающего воздуха – от минус 10 до +40 °С.

Таблица 1

Режим работы	Диапазон (поддиапазоны) измеряемых величин	Предел допускаемого значения погрешности
Измерение напряжения переменного тока	(0 – 14) В; (14 – 140) В; (140 – 600) В;	$\pm 1 \%$ (Основная приведенная)
Измерение силы переменного тока	(0 – 0,14) А; (0,14 – 1,40) А	$\pm 2,5 \%$ (Основная приведенная)
	(1,4 – 10,0) А	$\pm 2 \%$ (Основная приведенная)
Измерение углов фазового сдвига между синусоидальными током и напряжением (напряжением и током, двумя напряжениями или двумя токами) на частоте от 20 до 70 Гц	от минус 180° до плюс 180°	$\pm 5^\circ$ для уровней сигналов (Основная приведенная) от 10 до 600 В и от 0,2 до 10 А (Абсолютная приведенная);  $\pm 7^\circ$ для уровней сигналов (Основная приведенная) от 2 до 10 В и от 0,01 до 0,2 А (Абсолютная приведенная)
Измерение частоты переменного тока	(20 – 100) Гц	$\pm 0,2$ Гц (Абсолютная приведенная)
Определение (путём математической обработки) значений постоянной составляющей напряжения	(от 0 до 20 включ.) В; (свыше 20 до 200 включ.) В; (свыше 200 до 600 включ.) В	$\pm 1,5 \%$ (Основная приведенная)
Определение (путём математической обработки) значений активной и реактивной мощности	(от 0,001 до 6,000) кВт; (от 0,001 до 6,000) квар	–
Определение (путём математической обработки) действующих значений первой гармоники силы переменного тока и напряжения	(от 0 до 14 включ.) В; (от 14 до 140 включ.) В; (от 140 до 600 включ.) В	–
	(от 0 до 0,14 включ.) А (от 0,14 до 1,40 включ.) А; (от 1,4 до 10,0 включ.) А	–

**Примечание** – Указанные значения основной погрешности (таблица 1) в режиме измерения величины тока и разности фаз гарантируются при использовании клещевой приставки, поставляемой в комплекте прибора.

**2.9** Дополнительная погрешность, обусловленная изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С в диапазоне рабочих температур, не превышает значения основной погрешности для каждой измеренной величины.

Дополнительная погрешность, обусловленная повышенной влажностью в пределах рабочих условий эксплуатации, не превышает удвоенного значения основной погрешности для каждой измеренной величины.

#### **2.10** Требования к надёжности

**2.10.1** Средняя наработка на отказ не менее 5000 ч.

**2.10.2** Среднее время восстановления не более 8 ч.

**2.10.3** Средний срок службы не менее 8 лет.

**2.11** Прибор соответствует СТБ ГОСТ Р 51522-2001 в части требований по устойчивости к воздействию электростатических разрядов и радиочастотного электромагнитного поля.

**2.12** Прибор питается от батареи из двух гальванических «пальчиковых» элементов 1,5 В R6 (AAA) (возможно использование аккумуляторов) и сохраняет метрологические параметры в диапазоне напряжения питания от 2,6 до 3,3 В.

**2.13** Электрическая изоляция выходных цепей выдерживает в течении 1 минуты без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 3700 В практически синусоидального переменного тока частотой 50 Гц.

**2.14** Потребляемый ток входа напряжения опорного канала не более 150 мкА.

**2.15** Справочные технические характеристики:

- зазор в магнитопроводе при полном раскрытии клещевой приставки не менее 7 мм;
- габаритные размеры прибора не более 30×78×172 мм;
- масса не более 200 г (без клещевой приставки);
- масса не более 2 кг в комплекте с клещевыми приставками, измерительными щупами и сумкой.

### 3 СОСТАВ ПРИБОРА

Прибор поставляется в комплекте:

- Вольтамперфазометр М2 ..... 1 шт.
- Клещевая приставка ..... 1 шт. <sup>1)</sup>
- Щупы ..... 2 комплекта
- Зажим ..... 4 шт.
- Перемычка соединительная ..... 1 шт.
- Сумка ПШИЖ 01.40.00.00.010 ..... 1 шт.
- Элемент питания «AAA» ..... 2 шт.
- Коробка 210x165x95 ..... 1 шт.
- Вкладыш ..... 2 шт.
- Шильд упаковки ВАФ-М2 ..... 1 шт.
- Руководство по эксплуатации ПШИЖ 01.00.00.00.010 РЭ ..... 1 экз.

Внешний вид прибора, упакованного в сумку с принадлежностями, приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид прибора

1) 2 шт. – по требованию заказчика.

## 4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА

### 4.1 Конструкция

Прибор выполнен в корпусе из ударопрочной пластмассы, является носимым и помещен в мягкую сумку с ремнем, служащую также для хранения аксессуаров. Корпус состоит из двух частей, соединенных четырьмя винтами. Печатная плата с элементами крепится при помощи входных клемм к верхней крышке прибора. На нижней крышке корпуса закреплён батарейный отсек.

Внешний вид передней панели прибора приведен на рисунке 2.

Кнопка «ВЫБОР» (8) осуществляет включение прибора и переключение режимов отображения на жидкокристаллическом индикаторе (7). Гнезда 2, 5 предназначены для подключения клещевой приставки, клеммы 1, 3, 4, 6 – для подачи входных сигналов напряжения.

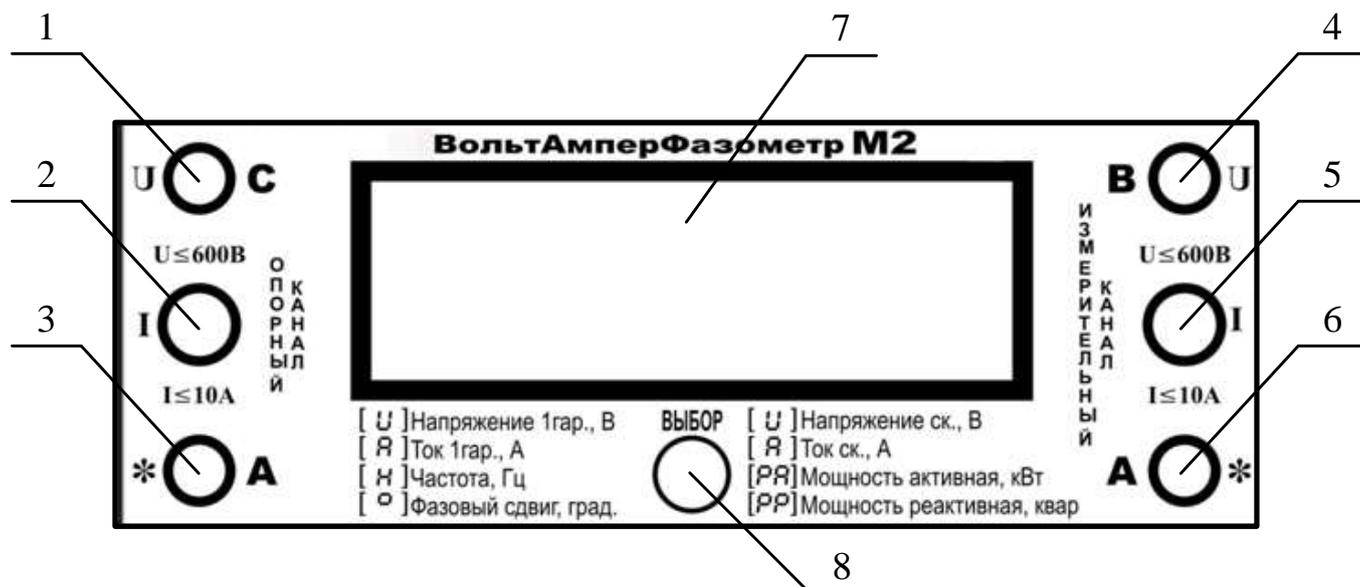


Рисунок 2 – Внешний вид передней панели

### 4.2 Принцип работы

Вольтамперфазометр М2 представляет собой многофункциональный измерительный прибор, основной частью которого является высокопроизводительный микропотребляющий 16-разрядный микроконтроллер, обеспечивающий функционирование и калибровку измерительного тракта, математическую обработку результатов измерений и обслуживание буквенно-цифрового дисплея.

Структурная схема прибора приведена на рисунке 3.

Вольтамперфазометр содержит два канала: опорный и измерительный. Опорный канал служит для формирования сигналов, необходимых для измерения углов фазового сдвига. Аналоговая часть опорного канала включает в себя компараторы, обеспечивающие преобразование синусоидальных входных сигналов в прямоугольные цифровые импульсы. Вход напряжения опорного канала ( $U_{оп}$ ) гальванически изолирован от основной схемы при помощи оптрона. Гальваническая изоляция токового входа опорного канала ( $I_{оп}$ ) осуществляется за счет клещевой приставки.

Измерительный канал служит для масштабирования входных сигналов и содержит усилитель и делитель, управление которыми осуществляется от микроконтроллера.

Из опорного и измерительного каналов сигналы подаются на входы микроконтроллера через встроенный в него аналого-цифровой преобразователь. Шестнадцатиразрядный микроконтроллер, обеспечивает функционирование и калибровку измерительного тракта, математическую обработку результатов измерений и выводит конечную информацию непосредственно на экран дисплея.

Вся обработка полученной информации осуществляется на основании алгоритмов цифровой обработки сигналов. Калибровочные коэффициенты, полученные в процессе калибровки прибора, хранятся в энергонезависимой памяти.

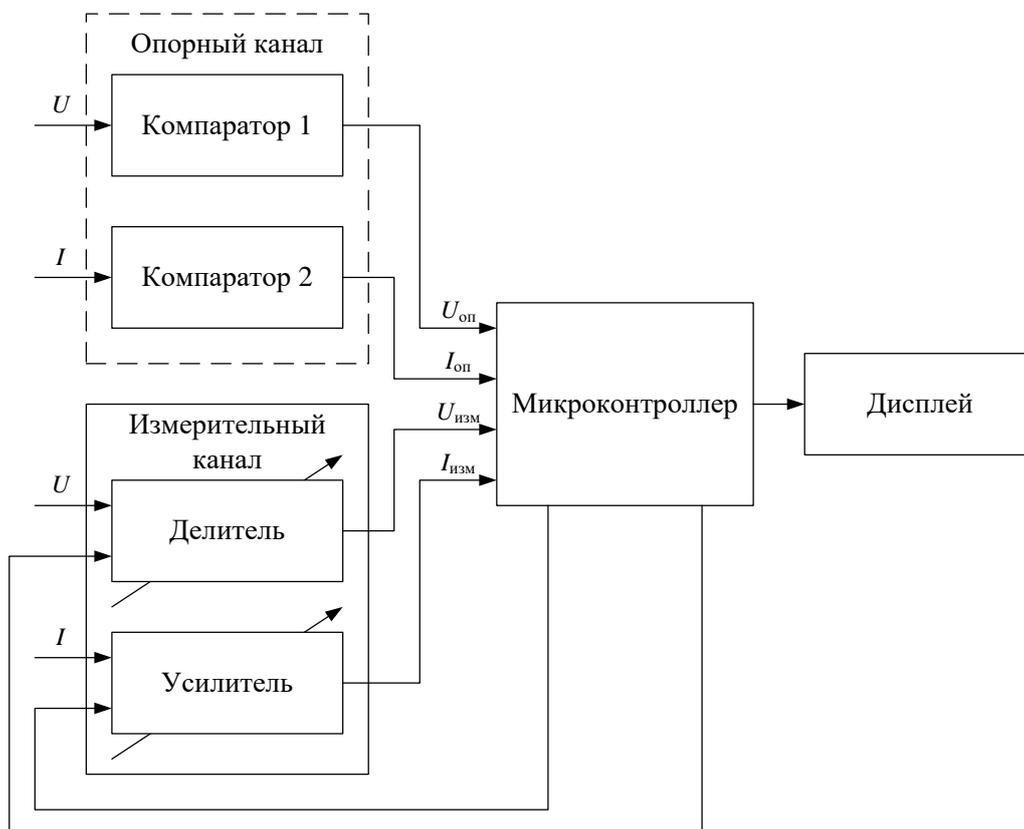


Рисунок 3 – Структурная схема прибора

## 5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

### 5.1 Подготовка к работе

Прибор имеет два основных рабочих режима: вольтметр и фазометр. Переключение режимов и пределов измерений происходит автоматически. В дополнительный режим – режим калибровки прибор переводится вручную.

Текущий предел измерений определяется положением десятичной точки на дисплее.

### 5.2 Режим вольтметра

При отсутствии сигнала на опорном канале прибор переключается в режим вольтметра.

В данном режиме производится измерение напряжения переменного тока, постоянной составляющей напряжения, силы переменного тока и вычисление активной и реактивной мощности.

Для измерения величины напряжения измеряемое напряжение подаётся на клеммы «\*», «U» (ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ) прибора. СКЗ напряжения переменного тока и значение постоянной составляющей напряжения отображается в вольтах.

Для измерения величины переменного тока необходимо подключить клещевую приставку к разъему «I» (ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ) прибора, охватить ей токопровод. СКЗ силы тока отображается в амперах.

Если к прибору подключены и напряжение, и ток (ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ) прибор автоматически вычисляет значение активной и реактивной мощностей (кВт и квар).

Отображаемые величины на дисплее в режиме вольтметра:

1.8.8.8 U

– СКЗ напряжения переменного тока (В)

1.8.8.8 = U

– значение постоянной составляющей напряжения (В)

1.8.8.8 A

– СКЗ силы переменного тока (А)

1.8.8.8 P A

– значение активной мощности (кВт)

1.8.8.8 P P

– значение реактивной мощности (квар)

Пример измерений в режиме вольтметра:

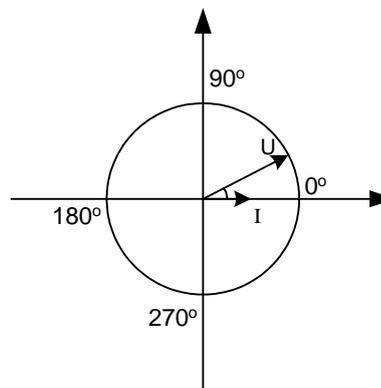
1.00.3 U

-00.2 = U

1.000 A

.087 P A

.047 P P



### 5.3 Режим фазометра

Прибор автоматически переключается в режим фазометра при подаче входного сигнала на опорный канал ( $U_{оп}$  или  $I_{оп}$ ). При одновременном подключении и напряжения, и тока в качестве опорного выбирается напряжение.

Отображаемые величины на дисплее в режиме фазометра:

1.8.8.8 U

– действующее значение первой гармоники напряжения переменного тока на измерительном канале (В)

1.8.8.8 A

– действующее значение первой гармоники силы переменного тока на измерительном канале (А)

1.8.8.8 Hz

– частота сигнала на опорном канале (Гц)

1.8.8.8 C°

– угол фазового сдвига (п. 5.3.1) (L или C – характер нагрузки)

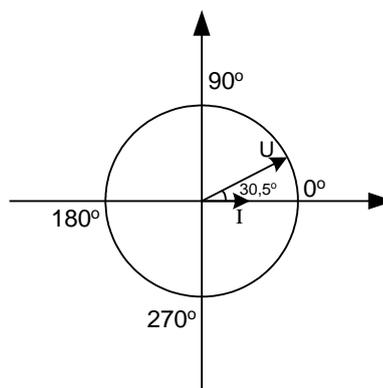
Пример измерений в режиме фазометра:

100.4 U

00.0 A

50.0 Hz

30.5 L°



### 5.3.1 Измерение угла фазового сдвига

Угол фазового сдвига определяется относительно сигнала на опорном канале. Сигнал базового вектора подается на опорный канал, а второй сигнал, чей угол фазового сдвига необходимо измерить подключается к соответствующим клеммам измерительного канала.

На дисплее отображается величина угла фазового сдвига ( $\varphi$ ) и характер нагрузки L или C (таблица 2).

Таблица 2

$L^\circ$	$I_{оп} \leftrightarrow U_{изм}$ $0 < \varphi < +180$
	$U_{оп} \leftrightarrow I_{изм}$ $0 < \varphi < -180$
$C^\circ$	$I_{оп} \leftrightarrow U_{изм}$ $0 < \varphi < -180$
	$U_{оп} \leftrightarrow I_{изм}$ $0 < \varphi < +180$

#### Измерение угла фазового сдвига между двумя напряжениями

Для измерения угла фазового сдвига  $\varphi$  ( $U_{оп} \leftrightarrow U_{изм}$ ) между двумя напряжениями подайте на клеммы 1, 3, 4, 6 (рисунок 2) входные напряжения.

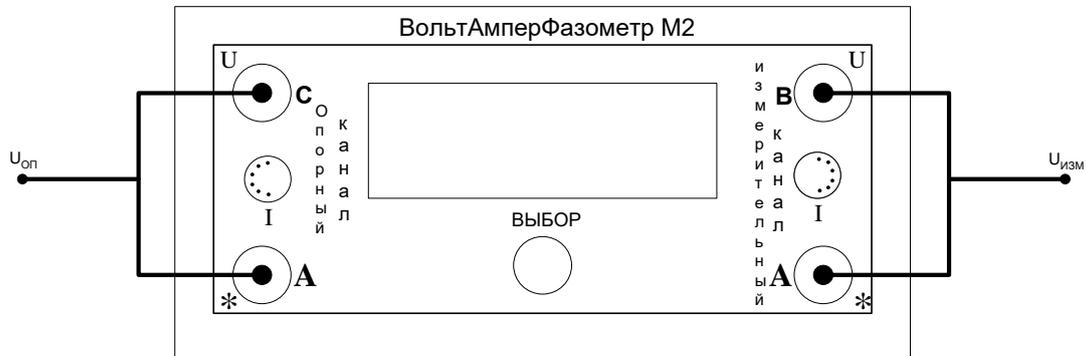


Рисунок 4

#### Измерение угла фазового сдвига между напряжением и током

Для измерения угла фазового сдвига  $\varphi$  ( $U_{оп} \leftrightarrow I_{изм}$ ) между напряжением и током необходимо подключить клещевую приставку в гнездо 5, на клеммы 1 и 3 (рисунок 2) подать напряжение.

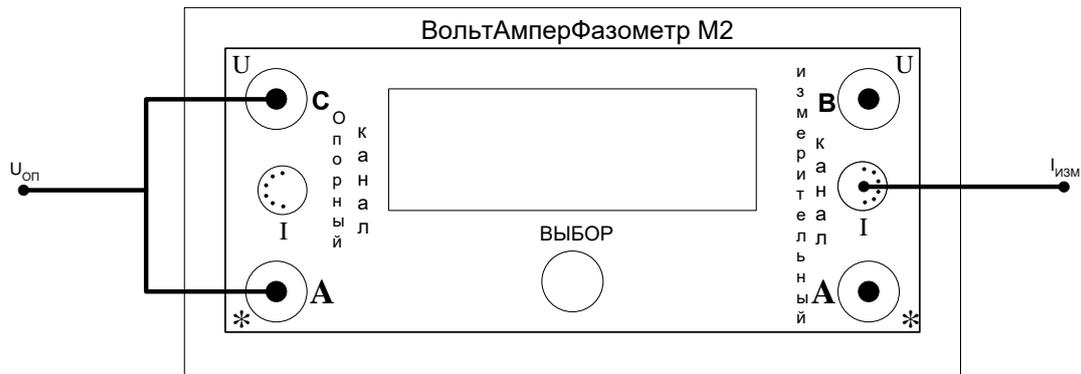


Рисунок 5

### Измерение угла фазового сдвига между двумя токами

Для измерения угла фазового сдвига  $\varphi$  ( $I_{оп} \leftrightarrow I_{изм}$ ) между двумя токами необходимо подключить опорную клещевую приставку в гнездо 2 (рисунок 2), а измерительную клещевую приставку в гнездо 5.

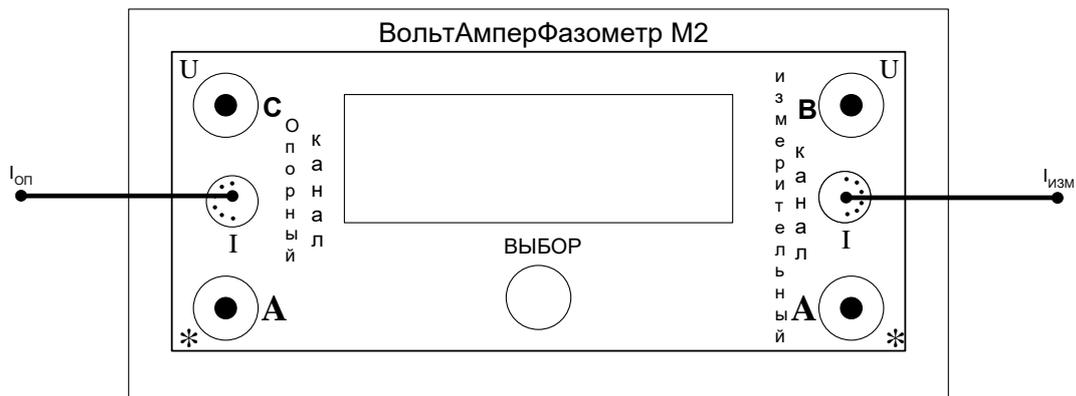


Рисунок 6

### Измерение угла фазового сдвига между током и напряжением

Для измерения угла фазового сдвига  $\varphi$  ( $I_{оп} \leftrightarrow U_{изм}$ ) между током и напряжением необходимо подключить опорную клещевую приставку к разъёму 2 (рисунок 2), на клеммы 4 и 6 подать напряжение.

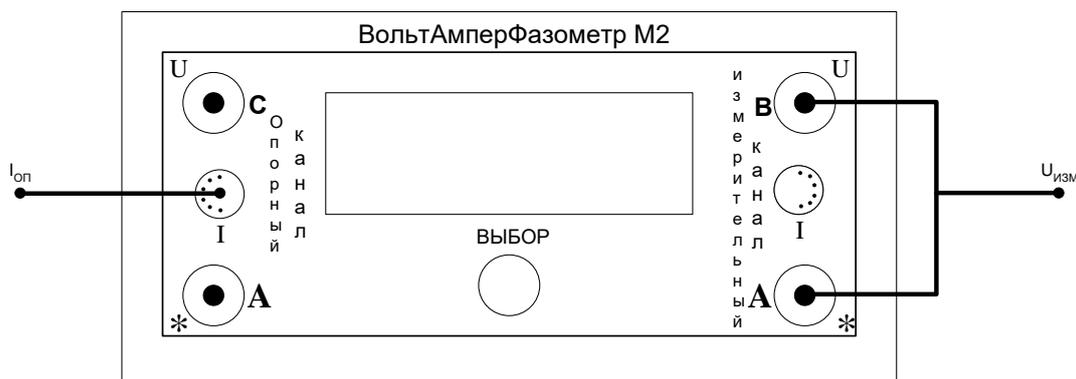


Рисунок 7

Примечание – В случае, когда на опорном канале ток (т.е.  $I_{оп} \leftrightarrow I_{изм}$  и  $I_{оп} \leftrightarrow U_{изм}$ ), при измерении угла фазового сдвига допускается нестабильность показаний прибора на частоте 20 Гц при токе 10 мА.

### 5.3.2 Определение чередования фаз в трехфазной системе

Для определения направления чередования фаз в трехфазной системе напряжений необходимо подать на клеммы А, В и С прибора напряжения в соответствии с их обозначениями. При прямом чередовании фаз должны быть показания прибора «+60°», если система симметрична. При обратном чередовании фаз прибор отображает «-60°».

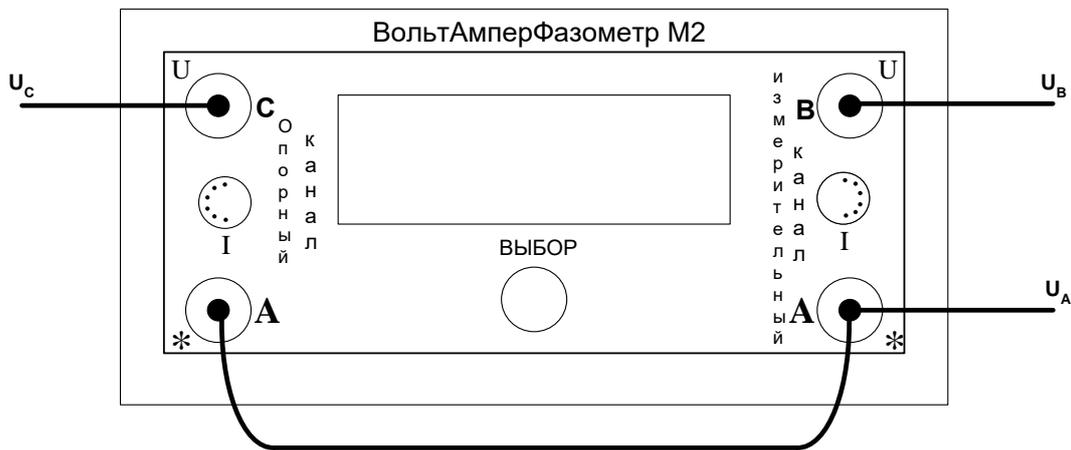


Рисунок 8

#### 5.4 Дополнительная информация

При работе в двух основных, описанных выше, режимах на дисплей выводится также дополнительная информация: индикатор заряда батареи и температура (показания чередуются через 2 с).

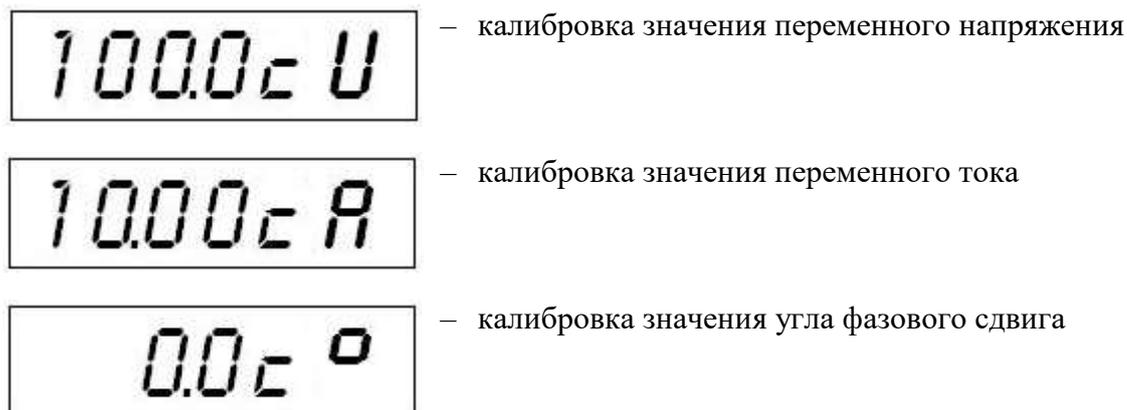


#### 5.5 Режим калибровки

Режим калибровки служит для устранения влияния значительной части источников погрешности внутри прибора.

Переход в режим калибровки производится вручную. Необходимо войти в меню с калибруемой величиной и после длительного нажатия (не менее 2 с) на кнопку прибор перейдет в режим калибровки. На дисплее справа от калибруемой величины отображается буква «С». Из режима вольтметра калибруются значения переменного напряжения и переменного тока, из режима фазометра – значение угла фазового сдвига. Калибровка напряжения и тока производится автоматически только при установленных образцовых значениях входных сигналов (таблица 3) с частотой 50 Гц, калибровка значения угла фазового сдвига – только при нулевом фазовом сдвиге и образцовых значениях входных сигналов (таблица 4). При неправильно заданных образцовых значениях на экране ЖКИ появляется мигающая буква «С».

Отображаемые величины на дисплее в режиме калибровки:



Возврат в рабочий режим производится также после длительного нажатия (2 с) на кнопку. По выходу из режима калибровочные коэффициенты, полученные в процессе калибровки прибора, записываются в энергонезависимую память (флэш-память). При ошибке записи коэффициентов на дисплее отображается надпись «FLASH» и затем прибор возвращается в рабочий режим. Ошибка записи во флэш-память может возникнуть при напряжении батареи ниже 2,7 В.

В режиме вольтметра калибруются значения нуля и все поддиапазоны переменного напряжения и переменного тока. Подайте на вход измерительного канала значение образцового сигнала (таблица 3) и выполните процедуру калибровки.

Таблица 3

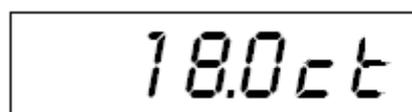
Калибруемая функция	Поддиапазон	Значение образцового сигнала
переменное напряжение U	(0,001 – 19,99) В	0 В
		10 В
	(0,001 – 199,9) В	100 В
	(1 – 600) В	500 В
переменный ток I	(0,001 – 0,199) А	0 А
		0,1 А
	(0,01 – 1,999) А	1,0 А
	(0,1 – 10) А	10 А

В режиме фазометра калибруется значение угла фазового сдвига. В соответствии с таблицей 4 подайте значения образцовых сигналов с частотой 50 Гц на входы опорного и измерительного каналов.

Таблица 4

Калибруемая функция	Значение образцового сигнала на опорном канале	Значение образцового сигнала на измерительном канале
$\varphi$ (I <sub>оп</sub> ↔ U <sub>изм</sub> )	1,0 А	100 В
	1,0 А	300 В
$\varphi$ (I <sub>оп</sub> ↔ I <sub>изм</sub> )	1,0 А	0,1 А
	1,0 А	1,0 А
$\varphi$ (U <sub>оп</sub> ↔ U <sub>изм</sub> )	100 В	100 В
	100 В	300 В
	5 В	100 В
	5 В	300 В
$\varphi$ (U <sub>оп</sub> ↔ I <sub>изм</sub> )	100 В	0,1 А
	100 В	1,0 А
	5 В	0,1 А
	5 В	1,0 А

Примечание – Режим калибровки функционирует при напряжении питания не менее 2,6 В.



– калибровка значения температуры

В диапазоне от +18,0 °С до +26,0 °С корректируется значение температуры. Нажатием кнопки устанавливается значение температуры по образцовому термометру, с каждым нажатием температура изменяется на 0,2 °С. После длительного нажатия (2 с) на кнопку происходит возврат в рабочий режим, корректировка записывается во флэш-память.

## 5.6 Особенности при работе с прибором

**5.6.1** При проведении измерения клещевую приставку необходимо располагать перпендикулярно токопроводу, при этом токопровод должен прилегать к губкам клещевой приставки.

**5.6.2** При измерении угла фазового сдвига необходимо учитывать расположение гнезда «\*» на клещевой приставке относительно общей точки измерительной цепи.

**5.6.3** Точность измерения тока и угла фазового сдвига зависит от чистоты губок клещевой приставки.

**5.6.4** Прибор автоматически отключается через 30 минут после последнего нажатия кнопки. Прибор включается по нажатию на кнопку «ВЫБОР» в том же окне, в котором был выключен.

**5.6.5** Для замены элементов питания необходимо вскрыть прибор, отвинтив четыре крепежных винта. На нижней крышке корпуса закреплён батарейный отсек. После установки двух гальванических «пальчиковых» элементов соберите прибор.

## **5.7 Меры безопасности**

**5.7.1** К работе с прибором и его обслуживанию допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с измерительными приборами и ознакомившиеся с данным РЭ.

**5.7.2** При подключении к исследуемым цепям операции проводить одной рукой.

**5.7.3** Запрещается подключать прибор непосредственно в токовые цепи. При измерении тока и угла фазового сдвига следует использовать клещевую приставку, входящую в комплект прибора.

## **6 МАРКИРОВАНИЕ**

**6.1** На передней панели маркируется наименование прибора.

**6.2** На задней крышке прибора указаны порядковый номер прибора, наименование прибора, год выпуска и изготовитель.

## **7 УКАЗАНИЯ ПО ХРАНЕНИЮ И ВВОДУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

**7.1** На всех стадиях эксплуатации (применение по назначению, ремонт, техническое обслуживание, хранение, транспортирование) необходимо руководствоваться правилами и указаниями, помещёнными в соответствующих разделах данного РЭ.

**7.2** Прибор может храниться в упаковке изготовителя в неотапливаемом помещении при отсутствии пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию, в течение 12 месяцев при следующих условиях:

- температура воздуха от минус 10 °С до плюс 40 °С;
- относительная влажность до 95 % при 35 °С.

**7.3** При приемке прибора необходимо его распаковать и убедиться в отсутствии поломок и деформаций. После этого необходимо провести проверку прибора на работоспособность. Недопустимо пользоваться прибором с истекшим сроком поверки.

**7.4** При длительном хранении необходимо из прибора вынуть батарейки.

**7.5** Работать с прибором допускается при отсутствии быстрых изменений окружающей среды, в противном случае прибор должен быть выдержан в рабочем помещении в течение 30 минут.

**7.6** Периодичность поверки – не реже 1 раза в год.

## **8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ**

**8.1** Транспортирование прибора допускается только в упаковке и может производиться любым видом крытого транспорта.

**8.2** Прибор в упаковке и транспортной таре выдерживает предельные условия транспортирования в части климатических воздействий по группе 7 ГОСТ 22261-94 (условия хранения 3 по ГОСТ 15150-69) и транспортную тряску, соответствующую предельным условиям транспортирования, установленным для средств измерений группы 7 по ГОСТ 22261-94.

## 9 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие прибора требованиям технических условий ТУ ВУ 100101011.001-2005 при соблюдении правил транспортирования, хранения и эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации – пять лет с момента ввода в эксплуатацию.

Гарантийные обязательства изготовителя прекращаются в случае:

- возникновения дефектов вследствие нарушения потребителем условий транспортирования, хранения и эксплуатации;

- истечения гарантийного срока эксплуатации;

- если ввод изделия в эксплуатацию произведен персоналом, не прошедшим обучение и не имеющим сертификата, выданного предприятием-изготовителем (ОАО «Белэлектромонтажналадка»).

Предприятие-изготовитель выполняет гарантийный ремонт при наличии паспорта на устройство, рекламационного акта и отметки о вводе в эксплуатацию.

Послегарантийный ремонт осуществляет предприятие-изготовитель в течение всего срока службы изделия. Потребитель осуществляет транспортирование вольтамперфазометра М2 за свой счет, либо оплачивает расходы на командирование специалистов предприятия-изготовителя для выполнения ремонта.

## 10 МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

Настоящая методика поверки распространяется на вольтамперфазометр М2 (в дальнейшем – ВАФ) по МРБ МП.1498-2005, МРБ МП.3687-2023 (для ВАФ М2 выпущенных с 2023 года), ТУ ВУ 100101011.001-2005 и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки. Рекомендуемый межповерочный интервал 12 месяцев.

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 5.

Таблица 5 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	последующей поверке
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1 Внешний осмотр	10.6.1	Да	Да
2 Опробование	10.6.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик	10.6.3		
3.1 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении среднеквадратического значения (далее – СКЗ) напряжения переменного тока	10.6.3.1	Да	Да
3.2 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока	10.6.3.2	Да	Да
3.3 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока	10.6.3.3	Да	Да

## Окончание таблицы 5

1	2	3	4
3.4 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между: - синусоидальным напряжением и синусоидальным током; - синусоидальным током и синусоидальным напряжением; - двумя синусоидальными токами*; - двумя синусоидальными напряжениями	10.6.3.4	Да	Да
3.5 Проверка диапазона измерений и основной приведённой погрешности при измерении напряжения постоянного тока	10.6.3.5	Да	Да
4 Оформление результатов поверки	10.7	Да	Да
* Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами проводится только при наличии в комплекте поставки ВАФ М2 двух клещевых приставок.			
Примечание – Если при проведении той или иной операции поверки получают отрицательный результат, поверку прекращают.			

**10.1 Средства поверки**

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Средства поверки

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики		
1	2		
10.6.2.1.1	Мегаомметр М4100/3. Диапазон измерений от 0 до 100 МОм. Класс точности 1,0. Номинальное испытательное напряжение (500 ± 50) В.		
10.6.3.1, 10.6.3.2, 10.6.3.3, 10.6.3.4	Комплекс программно-технический измерительный Ретом-61 (далее – Ретом-61).		
	Наименование величины	Диапазон воспроизведения	Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения
	Воспроизведение напряжения переменного тока	В трехфазном режиме	±(0,004·U + 0,00004·U <sub>к</sub> ) В
		В однофазном режиме	
	Воспроизведение напряжения постоянного тока	0,09-380 В	±(0,004·U + 0,00004·U <sub>к</sub> ) В
	Воспроизведение силы постоянного тока	0,01-30 А	±(0,005·I + 0,0001·I <sub>к</sub> ) А

Продолжение таблицы 6

1	2			
	Погрешность воспроизведения силы переменного тока	В трехфазном режиме	0,01-15 А	$\pm(0,005 \cdot I + 0,0001 \cdot I_k)$ А
		В однофазном режиме	0,03-90 А	
	Воспроизведение угла фазового сдвига		0°-359,9°	$\pm 1,0^\circ$
	Генерирование частоты напряжения		1-600 Гц	$\pm 0,01$ Гц
			600-800 Гц, 800-1000 Гц	$\pm 0,03$ Гц
	Измерение напряжения постоянного и переменного тока		0,5-500 В	$\pm(0,014 \cdot U + 0,001 \cdot U_k)$ В
10.6.3.1, 10.6.3.4	Блок трёхфазного преобразователя напряжения РЕТ-ТН. Коэффициент трансформации 1,0/ $\sqrt{3}$ ; 1,0; $\sqrt{3}$ ; 5,0. Добавочный коэффициент трансформации 1,00; 1,05. Диапазон частот от 45 до 185 Гц.			
10.6.3.1	Вольтметр универсальный В7-54/3. Пределы допускаемой основной погрешности в диапазоне частот при измерении среднеквадратического напряжения переменного тока: - 20 – 60 Гц - $\pm(0,4\%$ от U + 700 мВ); - 60 – 400 Гц - $\pm(0,3\%$ от U + 700 мВ). Диапазон измерения напряжения переменного тока от 1 мкВ до 700 В. Диапазон частот от 10 Гц до 1 МГц.			
10.6.3.2	Амперметр переменного тока ЦА8500/1. Класс точности 0,1. Диапазоны измерений входного сигнала: 0-0,1; 0-0,25; 0-0,5; 0-1,0; 0-2,5 А. Нормальная область частот входных сигналов от 45 до 55 Гц. Рабочая область частот входных сигналов от 55 до 1000 Гц. Амперметр переменного тока ЦА8500/2. Класс точности 0,1. Диапазоны измерений входного сигнала: 0-2,5; 0-5; 0-10; 0-20; 0-50 А. Нормальная область частот входных сигналов от 45 до 55 Гц. Рабочая область частот входных сигналов от 55 до 1000 Гц.			
10.6.3.5	Прибор для поверки вольтметров, дифференциальный вольтметр В1-12. Диапазон установки выходных напряжений постоянного тока от 0,1 мкВ до 1000 В. Поддиапазон 1 В: устанавливаемое значение напряжения постоянного тока от 1 мкВ до 0,1 В; пределы допускаемой основной погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока: $\pm(5 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 1 \text{ мкВ})$ ; пределы погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока относительно меры электродвижущей силы (далее – ЭДС): $\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 1 \text{ мкВ})$ . Поддиапазон 10 В: устанавливаемое значение напряжения постоянного тока от 10 мкВ до 10 В; пределы допускаемой основной погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока: $\pm(5 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 10 \text{ мкВ})$ ; пределы погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока относительно меры ЭДС: $\pm(8 \cdot 10^{-6} \cdot U_k + 10 \text{ мкВ})$ . Поддиапазон 100 В: устанавливаемое значение напряжения постоянного тока от 100 мкВ до 100 В; пределы допускаемой основной погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока: $\pm(5 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 200 \text{ мкВ})$ ; пределы погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока относительно меры ЭДС: $\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 200 \text{ мкВ})$ . Поддиапазон 1000 В: устанавливаемое значение напряжения постоянного тока от 1 мВ до 1000 В; пределы допускаемой основной погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока: $\pm(6 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 2 \text{ мВ})$ ; пределы погрешности установки калиброванных напряжений постоянного тока относительно меры ЭДС: $\pm(2,5 \cdot 10^{-5} \cdot U_k + 2 \text{ мВ})$ .			

Окончание таблицы 6

1	2
7	Термогигрометр ИВА-6А. Диапазон измерения относительной влажности от 0 % до 98 %, пределы погрешности измерения влажности $\pm 2$ %. Диапазон измерения температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С, пределы погрешности измерения $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерения атмосферного давления от 700 гПа до 1100 гПа, пределы погрешности измерения атмосферного давления $\pm 2,5$ гПа.
<p>Примечания</p> <p>1 U – значение измеренного напряжения;</p> <p>2 U<sub>к</sub> – установленное значение выходного напряжения.</p> <p>3 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых ВАФ М2 с требуемой точностью.</p> <p>4 Все эталоны должны иметь действующие знаки поверки (калибровки) и (или) свидетельства о поверке (калибровки).</p>	

## 10.2 Требования к квалификации поверителей

**10.2.1** К проведению поверки должны допускаться лица, имеющие группу по электробезопасности не ниже III.

**10.2.2** К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускают лиц, имеющих необходимую квалификацию в области обеспечения единства измерений.

**10.2.3** Перед началом поверки поверитель должен изучить эксплуатационную документацию (далее – ЭД) поверяемого ВАФ М2 [1] и средств поверки, настоящую МП и правила техники безопасности.

## 10.3 Требования безопасности

При проведении поверки должны соблюдаться требования ТКП 181, ТКП 427, требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах поверяемого ВАФ М2 [1] и средств поверки.

## 10.4 Условия поверки

Поверка должна проводиться при соблюдении нормальных условий эксплуатации:

- температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5)$  °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа.

## 10.5 Подготовка к поверке

**10.5.1** Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проверку наличия средств поверки в соответствии с таблицей 2 настоящей МП и соответствия их метрологических характеристик требуемым значениям;
- проверку наличия действующих свидетельств о поверке (калибровки) на средства поверки или знаков поверки (калибровки), подтверждающих прохождение метрологической оценки в органах государственной метрологической службы;
- установку вспомогательных средств поверки, позволяющих в процессе поверки контролировать изменения влияющих факторов (температуру окружающего воздуха, относительную влажность воздуха, атмосферное давление);
- проверку соблюдения условий по разделу 10.4;

Подготовку и проверку работоспособности средств поверки согласно ЭД на них.

## 10.6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 10.6.1 Внешний осмотр

**10.6.1.1** При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие ВАФ М2 следующим требованиям:

- отсутствие внешних механических повреждений ВАФ М2, влияющих на работоспособность и безопасность его применения;
- чистота гнезд прибора;
- комплектность ВАФ М2 должна соответствовать [1];
- наличие маркировки и надписей на лицевой панели в соответствии с представленной документацией [1] и [2].

**10.6.1.2** ВАФ М2 должен соответствовать всем требованиям 10.6.1.1.

### 10.6.2 Опробование

#### 10.6.2.1 Проверка электрического сопротивления изоляции

**10.6.2.1.1** Электрическое сопротивление изоляции измеряется при помощи мегаомметра с номинальным испытательным напряжением 500 В между:

- соединёнными гнездами “U”, “\*” и металлическими губками клещевой приставки с одной стороны и частью корпуса, покрытой металлической фольгой (за исключением областей вокруг гнезд прибора).

Примечание – Расстояние от фольги до гнезд прибора должно быть не более 20 мм.

**10.6.2.1.2** Показания снимают после достижения установившегося значения не менее чем через 5 с и не позднее чем через 1 мин.

**10.6.2.1.3** Результаты проверки считают положительными, если измеренные значения электрического сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

#### 10.6.2.2 Проверка функционирования

**10.6.2.2.1** Опробование проводится в режиме измерения напряжения переменного тока.

**10.6.2.2.2** Собирают схему в соответствии с рисунком 1.

**10.6.2.2.3** Устанавливают на входе ВАФ М2 значение напряжения 8,88 В. При этом на индикаторе ВАФ М2 должна быть индикация всех сегментов во всех разрядах жидкокристаллического дисплея.

**10.6.2.2.4** Проверить все режимы работы ВАФ М2 с учетом "\*" таблицы 1.

**10.6.2.2.5** Результаты опробования занести в протокол поверки (приложение Б).

### 10.6.3 Определение метрологических характеристик

**10.6.3.1 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока**

**10.6.3.1.1** Проверка диапазона измерений СКЗ напряжения переменного тока проводится совместно с определением основной приведённой погрешности.

**10.6.3.1.2** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 9.

**10.6.3.1.3** Устанавливают последовательно при помощи РЕТОМ-61 на входе ВАФ М2 значения напряжения 1; 13; 75; 130 и 200 В частотой 50 Гц. Измеренные значения напряжения переменного тока занести в протокол (приложение Б).

**10.6.3.1.4** Основную приведённую погрешность при измерении СКЗ напряжения переменного тока  $\gamma_1$ , %, вычисляют по формуле

$$\gamma_1 = \frac{U_b - U_q}{X_N} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $U_b$  – значение напряжения переменного тока, измеренное поверяемым ВАФ М2, В;

$U_q$  – действительное значение напряжения переменного тока, установленное с помощью эталонного средства измерений, В;

$X_N$  – нормирующее значение, равное диапазону измерений, в поддиапазоне от 0 до 14 В включ.  $X_N=14$  В; в поддиапазоне свыше 14 до 140 В включ.  $X_N=126$  В; в поддиапазоне свыше 140 до 600 В включ.  $X_N=460$  В.

**10.6.3.1.5** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.1.6** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 10.

**10.6.3.1.7** Повторить операции по п. 10.6.3.1.3 в точках 300 и 600 В.

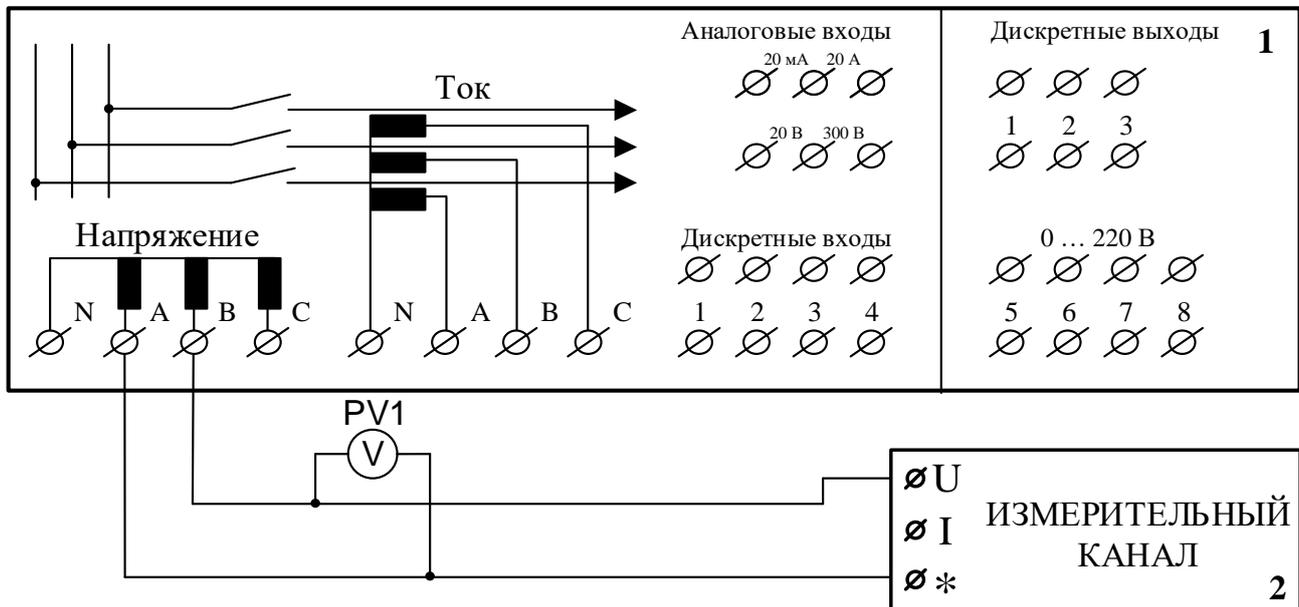
**10.6.3.1.8** Повторить операции по п.п. 10.6.3.1.3 и 10.6.3.1.4 при подаче от РЕТОМ-61 напряжения переменного тока частотой 45; 75 и 100 Гц, в точках 13; 130 и 600 В.

**10.6.3.1.9** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.1.10** Результаты поверки считают положительными:

- если во всех точках поверки значения основной приведённой погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;

- если диапазон измерений СКЗ напряжения переменного тока находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

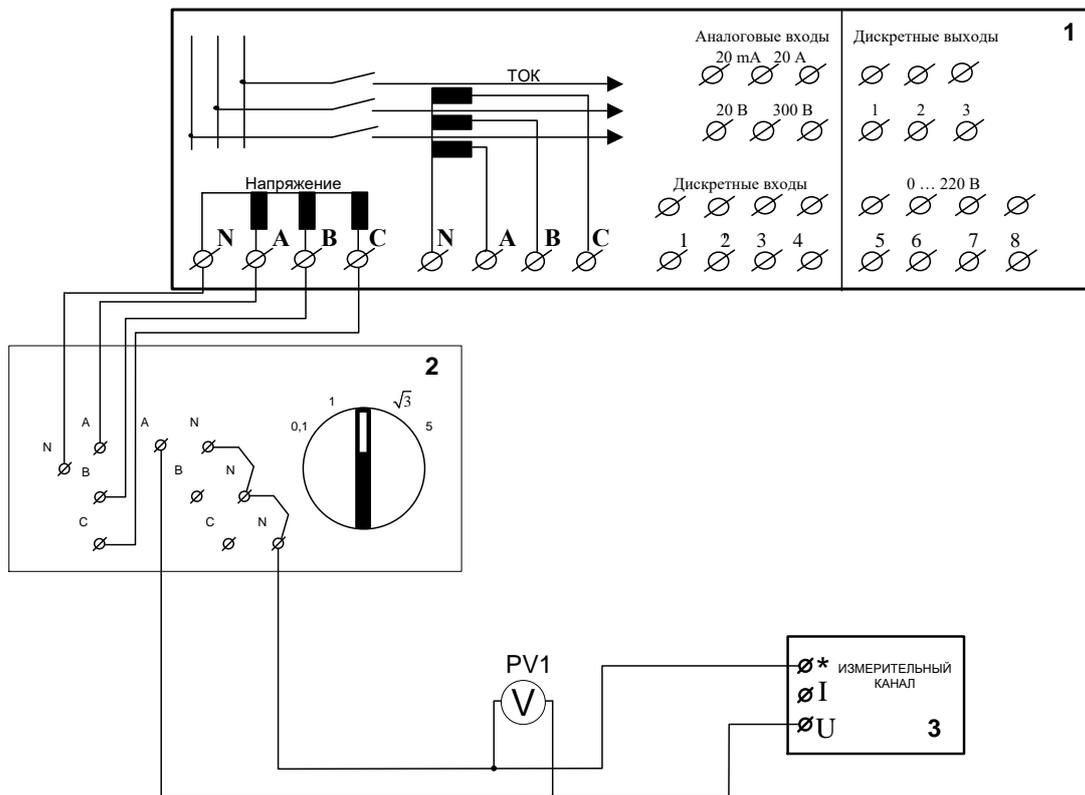


1 – РЕТОМ-61;

2 – ВАФ М2;

PV1 – вольтметр универсальный В7-54/3

**Рисунок 9 – Схема проверки диапазона измерений и определения основной приведённой погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока ( $U \leq 200$  В)**



- 1 – РЕТОМ-61;
- 2 – блок трёхфазного преобразователя напряжения РЕТ-ТН;
- 3 – ВАФ М2;
- PV1 – вольтметр В7-54/3

**Рисунок 10 – Схема проверки диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока ( $U > 200$  В)**

### 10.6.3.2 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока

**10.6.3.2.1** Проверка диапазона измерений СКЗ силы переменного тока проводится совместно с определением основной приведённой погрешности.

**10.6.3.2.2** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 11.

**10.6.3.2.3** Устанавливают на входе поверяемого прибора ВАФ М2 при помощи РЕТОМ-61 значения силы переменного тока 0,02; 0,13; 0,40; 1,30; 5,00 и 10,00 А, частотой 50 Гц.

**10.6.3.2.4** Измеренное значение силы переменного тока заносят в протокол (приложение Б).

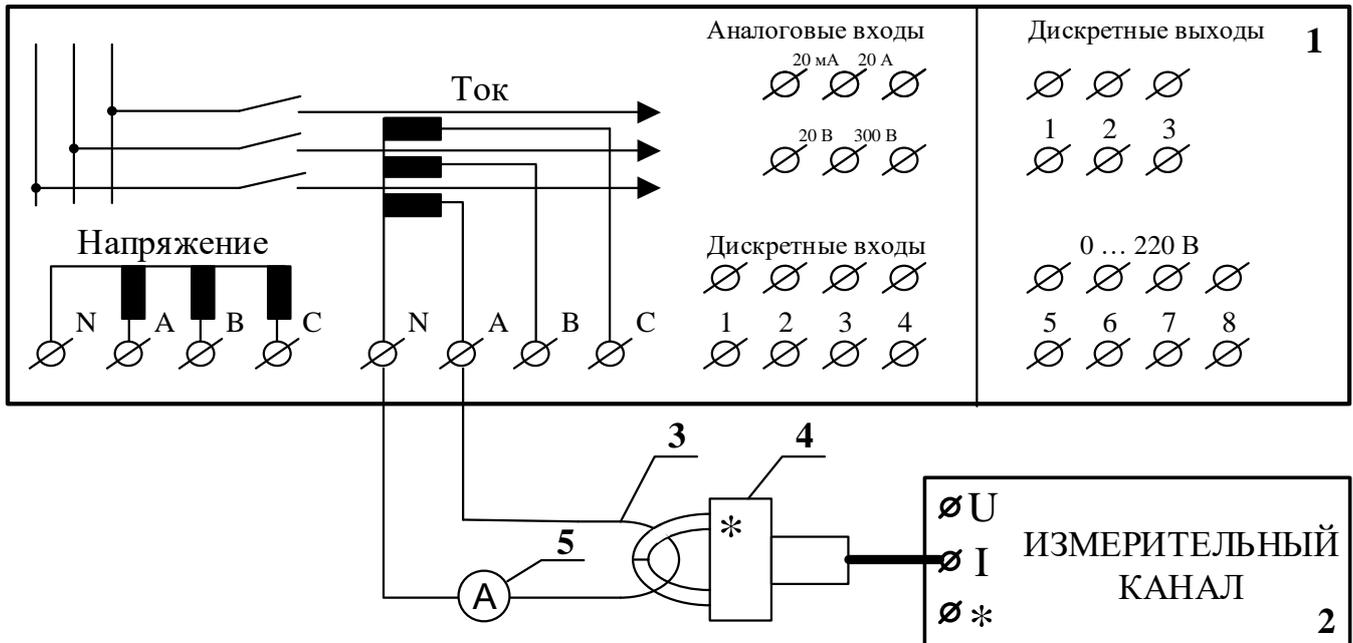
**10.6.3.2.5** Основную приведённую погрешность при измерении силы переменного тока  $\gamma_2$ , %, вычисляют по формуле

$$\gamma_2 = \frac{I_b - I_q}{X_N} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $I_b$  – значение силы переменного тока, измеренное поверяемым ВАФ М2, А;

$I_q$  – действительное значение силы переменного тока, установленное с помощью эталонного средства измерений, А;

$X_N$  – нормирующее значение, равное диапазону измерений, в поддиапазоне измерений от 0 до 0,14 А включ.  $X_N = 0,14$  А; в поддиапазоне измерений свыше 0,14 до 1,40 А включ.  $X_N = 1,26$  А; в поддиапазоне измерений свыше 1,4 до 10,0 А включ.  $X_N = 8,6$  А.



- 1 – РЕТОМ-61;  
 2 – ВАФ М2;  
 3 – токопровод;  
 4 – клещевая приставка;  
 5 – амперметры переменного тока: ЦА8500/1 (от 0,02 А до 1,3 А); ЦА8500/2 (от 5 А до 10 А)

**Рисунок 11 – Схема проверки диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока на частоте от 45 до 100 Гц ( $I \leq 2$  А); ( $I > 2$  А)**

**10.6.3.2.6** Повторить операции по п.п. 10.6.3.2.2, 10.6.3.2.3 и 10.6.3.2.5 при подаче от РЕТОМ-61 силы переменного тока частотой 45; 75 и 100 Гц в точках 0,13; 1,30 и 10,00 А.

**10.6.3.2.7** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.2.8** Результаты поверки считаются положительными:

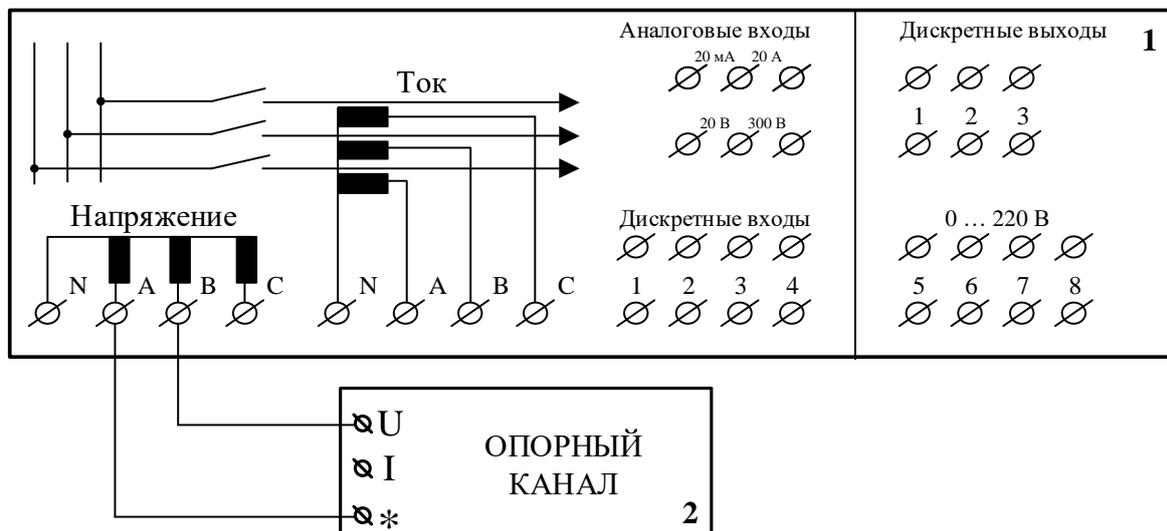
- если во всех точках поверки значения основной приведённой погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;

- если диапазон измерений СКЗ силы переменного тока находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

### **10.6.3.3 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока**

**10.6.3.3.1** Проверка диапазона измерений частоты переменного тока проводится совместно с определением основной абсолютной погрешности.

**10.6.3.3.2** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 12.



1 – РЕТОМ-61;  
2 – ВАФ М2

**Рисунок 12 – Схема проверки диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока по опорному каналу напряжения ( $F < 70$  Гц); ( $F > 70$  Гц)**

**10.6.3.3.3** Устанавливают при помощи РЕТОМ-61 на входе поверяемого ВАФ М2 значения напряжения переменного тока 100 В с частотой 20; 40; 50; 60; 80 и 100 Гц.

**10.6.3.3.4** Измеренное значение частоты переменного тока заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.3.5** Основную абсолютную погрешность при измерении частоты переменного тока  $\Delta_1$ , Гц, вычисляют по формуле

$$\Delta_1 = F_b - F_q, \quad (3)$$

где  $F_b$  – значение частоты переменного тока, измеренное поверяемым ВАФ М2, Гц;

$F_q$  – действительное значение частоты переменного тока, установленное с помощью эталонного средства измерений, Гц.

**10.6.3.3.6** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;

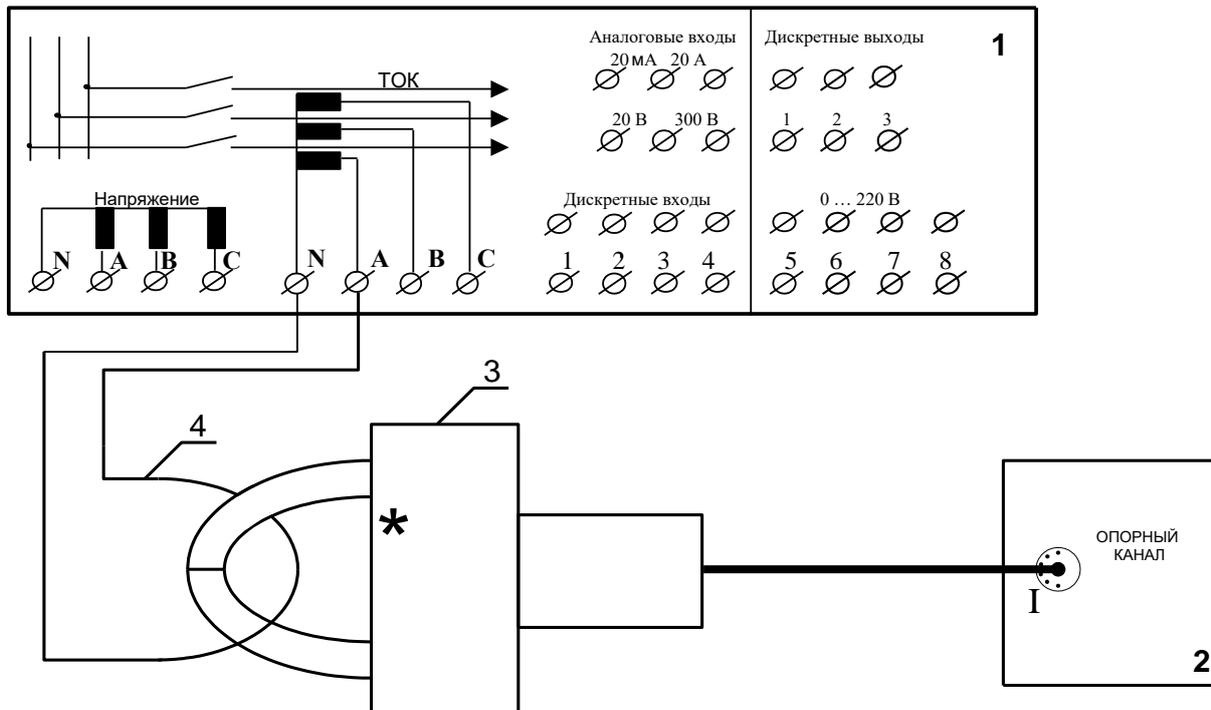
- если диапазон измерений частоты переменного тока находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

**10.6.3.3.7** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 13.

**10.6.3.3.8** Установить при помощи РЕТОМ-61 на входе поверяемого ВАФ М2 значения силы переменного тока 1 А частотой 20; 40; 50; 60; 80 и 100 Гц.

**10.6.3.3.9** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.3.10** Основную абсолютную погрешность при измерении частоты переменного тока вычисляют по формуле (3).



- 1 – РЕТОМ-61;  
 2 – ВАФ М2;  
 3 – клещевая приставка;  
 4 – токопровод

**Рисунок 13 – Схема проверки диапазона измерений и определения основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока по опорному каналу тока ( $F < 70$  Гц); ( $F > 70$  Гц)**

#### 10.6.3.3.11 Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений частоты переменного тока находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

#### 10.6.3.4 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига

10.6.3.4.1 Проверка диапазона измерений углов фазового сдвига между синусоидальным напряжением и синусоидальным током проводится совместно с определением основной абсолютной погрешности

10.6.3.4.1.1 Определение углов фазового сдвига тока относительно канала опорного напряжения

10.6.3.4.1.1.1 Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 14.

Примечание – Обратит внимание на правильность фазирования и положение клещевых приставок. Угол фазового сдвига электрических цепей эталонного и поверяемого средств измерений установлен правильно, если показаниям  $30^\circ$  (С) поверяемого прибора соответствуют  $30^\circ$  эталонного прибора и минус  $30^\circ$  (L) поверяемого прибора соответствуют минус  $30^\circ$  эталонного при установке на измерительном канале тока, на опорном канале напряжения.

10.6.3.4.1.1.2 Устанавливают на входе поверяемого ВАФ М2 значение угла фазового сдвига между синусоидальными напряжением и током равным  $0^\circ$ , а информативные параметры входного сигнала в соответствии с таблицей 7.

10.6.3.4.1.1.3 Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.4.1.1.4** Основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига  $\Delta_2$ , °, вычисляют по формуле

$$\Delta_2 = A_b - A_q, \quad (4)$$

где  $A_b$  – значение углов фазового сдвига, измеренное поверяемым ВАФ М2, °;

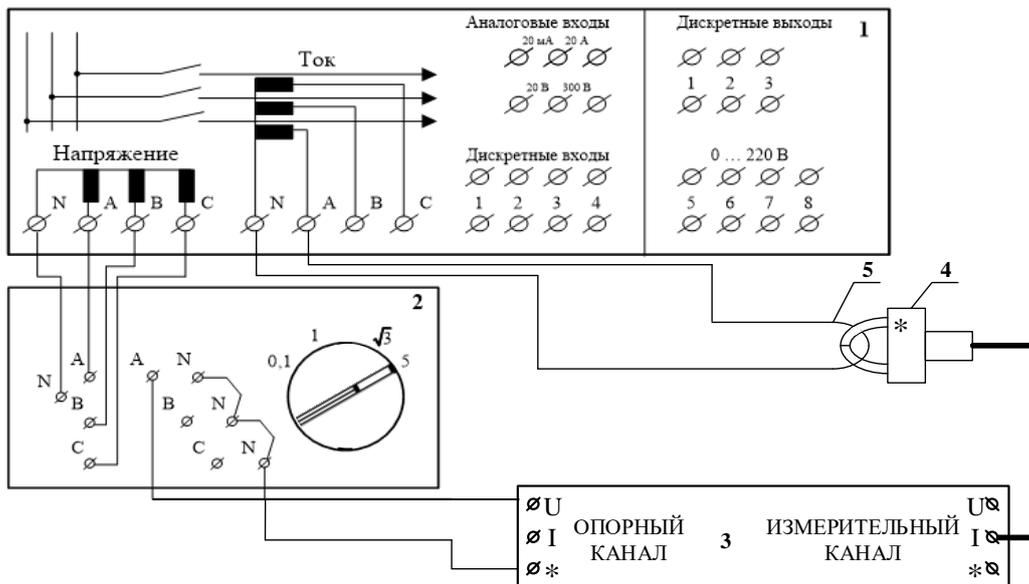
$A_q$  – действительное значение углов фазового сдвига, установленное с помощью эталонного средства измерений, °.

**10.6.3.4.1.1.5** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений углов фазового сдвига находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

Таблица 7 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига между синусоидальным напряжением и током на частоте 50 Гц

Информативные параметры входного сигнала		
Напряжение на опорном канале, В	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц
2	0,01	50
	1,00	
	10,00	
50	0,10	
	1,00	
	10,00	
600	0,10	
	1,00	
	10,00	



- 1 – РЕТОМ-61;
- 2 – блок трёхфазного преобразователя напряжения РЕТ-ТН;
- 3 – ВАФ М2;
- 4 – измерительная клещевая приставка;
- 5 – токопровод

**Рисунок 14** – Схема проверки диапазонов измерений и определения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между напряжением и током

**10.6.3.4.1.1.6** Устанавливают на входе поверяемого ВАФ М2 значение угла фазового сдвига между синусоидальным напряжением и током равным  $0^\circ$ , а информативные параметры входного сигнала в соответствии с таблицей 8.

**10.6.3.4.1.1.7** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

Таблица 8 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига между синусоидальным напряжением и током на частотах 20 Гц; 50 Гц и 70 Гц

Информативные параметры входного сигнала		
Напряжение на опорном канале, В	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц
50	1,0	20
		50
		70

**10.6.3.4.1.1.8** Определить по формуле (4) основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига.

**10.6.3.4.1.1.9** Устанавливают на входе поверяемого ВАФ М2 информативные параметры входного сигнала и значения углов фазового сдвига между синусоидальным напряжением и синусоидальным током в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига  $90^\circ$ ;  $180^\circ$  и  $270^\circ$

Информативные параметры входного сигнала			Значение угла фазового сдвига
Напряжение на опорном канале, В	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц	
50	1	50	$90^\circ$
			$180^\circ$
			$270^\circ$

**10.6.3.4.1.1.10** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.4.1.1.11** Основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига в градусах вычисляют по формуле (4) в диапазоне измерения углов фазового сдвига от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . В диапазоне измерения углов фазового сдвига от  $180^\circ$  до  $360^\circ$  основную абсолютную погрешность  $\Delta_2$ ,  $^\circ$ , вычисляют по формуле (5)

$$\Delta_2 = A_b - (360^\circ - A_q). \quad (5)$$

**10.6.3.4.1.1.12** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений углов фазового сдвига находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

**10.6.3.4.1.2** Определение углов фазового сдвига напряжения относительно канала опорного тока

**10.6.3.4.1.2.1** Поменять местами сигналы измерительного и опорного каналов (рисунок 14), т.е. на измерительном канале установить напряжение, а на опорном канале – ток.

**10.6.3.4.1.2.2** Устанавливают на входе поверяемого ВАФ М2 информативные параметры входного сигнала и значения углов фазового сдвига между синусоидальным током и синусоидальным напряжением в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига между синусоидальным током и напряжением

Информативные параметры входного сигнала			Значение угла фазового сдвига
Сила тока на опорном канале, А	Напряжение на измерительном канале, В	Частота, Гц	
1	50	50	0°
			90°
			180°
			270°

**10.6.3.4.1.2.3** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

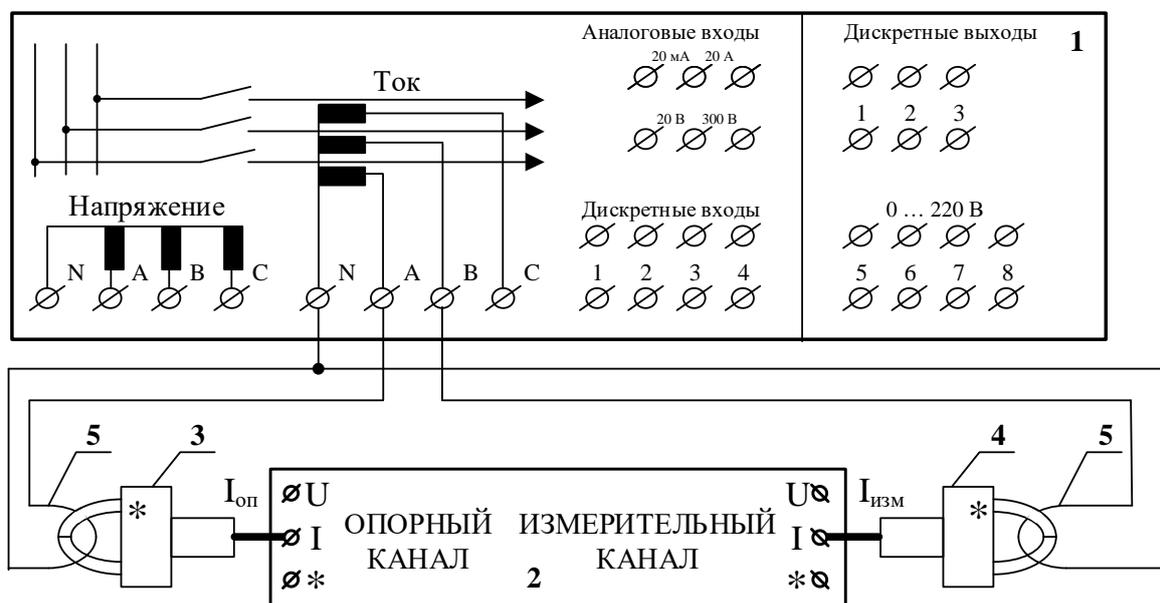
**10.6.3.4.1.2.4** Основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига вычисляют по формулам (4) и (5).

**10.6.3.4.1.2.5** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений углов фазового сдвига находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

**10.6.3.4.2** Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами

**10.6.3.4.2.1** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 15.



- 1 – РЕТОМ-61;
- 2 – ВАФ М2;
- 3 – опорная клещевая приставка;
- 4 – измерительная клещевая приставка;
- 5 – токопровод

**Рисунок 15 – Схема проверки диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами**

**10.6.3.4.2.2** Устанавливают на входе поверяемого ВАФ М2 информативные параметры входного сигнала и значения углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами

Информативные параметры входного сигнала			Значение угла фазового сдвига
Сила тока на опорном канале, А	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц	
1,0	2,0	50	0°
			90°
			180°
			270°

**10.6.3.4.2.3** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

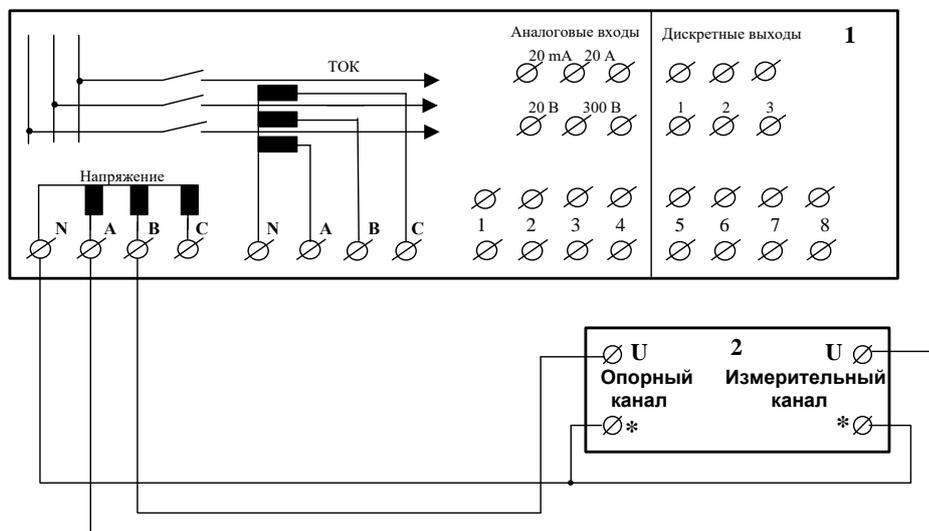
**10.6.3.4.2.4** Основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига в градусах вычислить по формулам (4) и (5).

**10.6.3.4.2.5** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений углов фазового сдвига находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

**10.6.3.4.3** Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями

**10.6.3.4.3.1** Собирают схему измерения в соответствии с рисунком 16.



- 1 – РЕТОМ-61;
- 2 – ВАФ М2

**Рисунок 16** – Схема проверки диапазона измерений и определения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями

**10.6.3.4.3.2** Устанавливают на опорном и измерительном каналах поверяемого ВАФ М2 информативные параметры входного сигнала и значения углов фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 – Информативные параметры входного сигнала при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями

Информативные параметры входного сигнала			Значение угла фазового сдвига
Напряжение на опорном канале, В	Напряжение на измерительном канале, В	Частота, Гц	
50	100	50	0°
			90°
			180°
			270°

**10.6.3.4.3.3** Результаты измерений заносят в протокол (приложение Б).

**10.6.3.4.3.4** Основную абсолютную погрешность при измерении углов фазового сдвига в градусах вычисляют по формулам (4) и (5).

**10.6.3.4.3.5** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений углов фазового сдвига находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.

**10.6.3.5 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении напряжения постоянного тока**

**10.6.3.5.1** Проверка диапазона измерений напряжения постоянного тока проводится совместно с определением основной приведённой погрешности.

**10.6.3.5.2** Собрать схему измерения в соответствии с рисунком 17.

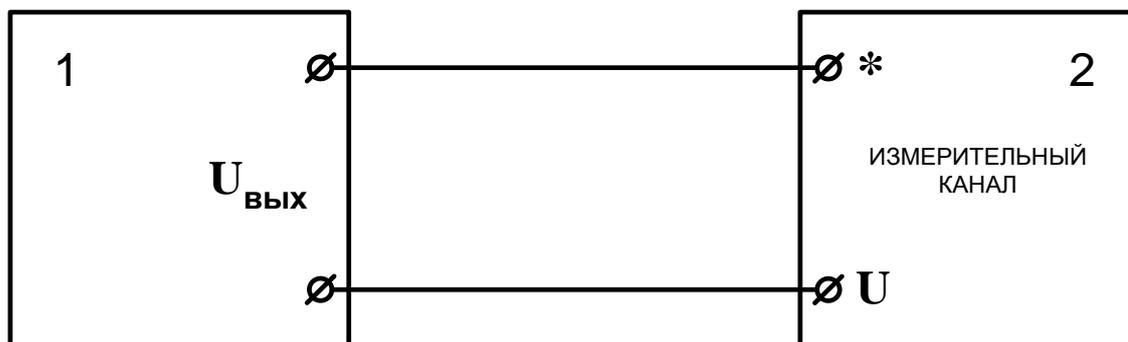
**10.6.3.5.3** Установить последовательно при помощи прибора для поверки вольтметров В1-12 на входе ВАФ М2 значение напряжения постоянного тока 1; 19; 50; 190; 300 и 600 В.

**10.6.3.5.4** Результаты измерений занести в протокол (приложение Б).

**10.6.3.5.5** Рассчитать основную приведённую погрешность при измерении напряжения постоянного тока по формуле (1), при этом учесть, что в поддиапазоне от 0 до 20 В включ.  $X_N=20$  В, в поддиапазоне свыше 20 до 200 В включ.  $X_N=180$  В, в поддиапазоне свыше 200 до 600 В включ.  $X_N=400$  В.

**10.6.3.5.6** Результаты поверки считаются положительными:

- если во всех точках поверки значения основной приведённой погрешности при измерении напряжения постоянного тока находятся в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А;
- если диапазон измерений напряжения постоянного тока находится в пределах значений, приведенных в таблице А.1 приложения А.



1 – прибор для поверки вольтметров В1-12;

2 – ВАФ М2

**Рисунок 17 – Схема проверки диапазона измерений и основной приведённой погрешности при измерении напряжения постоянного тока**

## **10.7 Оформление результатов поверки**

**10.7.1** Результаты поверки заносятся в протокол поверки, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Б.

**10.7.2** При положительных результатах поверки на ВАФ М2 наносят знак поверки и выдают свидетельство о поверке:

- для ВАМ М2 применяемых при измерениях в сфере законодательной метрологии по форме, установленной [3];

- для ВАФ М2 применяемых при измерениях вне сферы законодательной метрологии, по форме, установленной в технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации по вопросам обеспечения единства измерений, локальных правовых актах юридического лица или индивидуального предпринимателя, осуществляющих поверку.

**10.7.3** При отрицательных результатах первичной поверки выдают заключение о непригодности:

- для ВАМ М2 применяемых при измерениях в сфере законодательной метрологии по форме, установленной [3];

- для ВАФ М2, применяемых при измерениях вне сферы законодательной метрологии, по форме, установленной в технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации по вопросам обеспечения единства измерений, локальных правовых актах юридического лица или индивидуального предпринимателя, осуществляющих поверку.

Ранее нанесенный знак поверки подлежит уничтожению путем приведения его в состояние, непригодное для дальнейшего применения, предыдущее свидетельство прекращает свое действие.

## 11 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

11.1 Вольтамперфазометр М2 заводской номер (рисунок 18) соответствует техническим условиям ТУ ВУ 100101011.001-2005 и признан годным для эксплуатации.

Серийный № _____
Дата изготовления _____

Рисунок 18

Представитель ОТК \_\_\_\_\_

М.П.

11.2 Результаты первичной поверки положительные.

Дата приемки \_\_\_\_\_ М.П.

\_\_\_\_\_ Подпись

**Предприятие оставляет за собой право вносить схемные и конструктивные изменения, не ухудшающие технические характеристики прибора.**

По всем вопросам обращаться по адресу:

220101, г. Минск,

ул. Плеханова 105А,

ОАО «Белэлектромонтажналадка»

Приемная: (017) 378-09-05

Маркетинг: (017) 379-86-56

СКБ: (017) 348-88-57

[www.bemn.by](http://www.bemn.by), [upr@bemn.by](mailto:upr@bemn.by)

## **12 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ**

**12.1** Суммарная масса драгоценных металлов в приборе:

Золото – 0,0013722 г;

Серебро – 0,1150899 г.

## **13 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ**

Декларация ЕАЭС №ВУ/112 11.01. ТР004 003 41818 о соответствии требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Сертификат об утверждении типа средств измерений №16887 от 30.08.2023 г.

**Приложение А**  
(обязательное)  
**Обязательные метрологические требования**

Обязательные метрологические требования, предъявляемые к ВАФ М2, приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Обязательные метрологические требования, предъявляемые к ВАФ М2

Наименование	Значение
Диапазон измерений напряжения переменного тока частотой от 40 до 100 Гц, В	от 0 до 600
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока, %, в поддиапазонах измерений напряжения переменного тока, В: от 0 до 14 включ. свыше 14 до 140 включ. свыше 140 до 600 включ.	$\pm 1,0$ $\pm 1,0$ $\pm 1,0$
Диапазон измерений силы переменного тока частотой от 40 до 1000 Гц, А	от 0 до 10
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока, %, в поддиапазонах измерений переменного тока, А: от 0 до 0,14 включ. свыше 0,14 до 1,40 включ. свыше 1,40 до 10,0	$\pm 2,5$ $\pm 2,5$ $\pm 2,0$
Диапазон измерений частоты переменного тока, Гц	от 20 до 100
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока, Гц	$\pm 0,2$
Диапазон измерений углов фазового сдвига	от минус 180° до плюс 180°
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига: для уровней сигналов от 10 до 600 В и от 0,2 до 10 А для уровней сигналов менее 10 В или менее 0,2 А	$\pm 5,0^\circ$ $\pm 7,0^\circ$
Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	от 0 до 600
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности при измерении напряжения постоянного тока, %*, в поддиапазонах измерений напряжения постоянного тока, В: от 0 до 20 включ. свыше 20 до 200 включ. свыше 200 до 600 включ.	$\pm 1,5$ $\pm 1,5$ $\pm 1,5$
Примечание – Пределы допускаемой основной приведенной погрешности указаны в процентах от поддиапазона измерений.	

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(рекомендуемое)  
**Форма протокола поверки**

Наименование организации, проводившей поверку

**ПРОТОКОЛ №** \_\_\_\_\_

поверки Вольтамперфазометра М2 \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

принадлежащего \_\_\_\_\_

Наименование организации

Изготовитель \_\_\_\_\_

Наименование организации

Дата проведения поверки \_\_\_\_\_

с...по...

Поверка проводится по \_\_\_\_\_

обозначение документа, по которому проводят поверку

**Средства поверки**

**Таблица Б.1**

Наименование средства измерений, тип	Заводской номер

**Условия поверки:**

- температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_ °С

- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %

- атмосферное давление \_\_\_\_\_ кПа

**Результаты поверки:**

Б.1 Внешний осмотр \_\_\_\_\_

соответствует/не соответствует

Б.2 Опробование \_\_\_\_\_

соответствует/не соответствует

Б.3 Определение метрологических характеристик

Б.3.1 Определение диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ напряжения переменного тока

**Таблица Б.2**

Установленное значение напряжения переменного тока, В	Частота, Гц	Измеренное СКЗ напряжения переменного тока, В	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	Допускаемый интервал СКЗ напряжения переменного тока, В
1	50		±1,0	0,86 – 1,14
13	45			12,86 – 13,14
	50			
	75			
	100			
75	50			73,8 – 76,2
130	45			128,8 – 131,2
	50			
	75			
	100			
200	50			196 – 204
300	50			296 – 304
600	45			596 – 604
	50			
	75			
	100			

Б.3.2 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении СКЗ силы переменного тока

**Таблица Б.3**

Установленное значение силы переменного тока, А	Частота, Гц	Измеренное СКЗ силы переменного тока, А	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	Допускаемый интервал СКЗ силы переменного тока, А
0,02	50		±2,5	0,017 – 0,023
0,13	45			0,127 – 0,133
	50			
	75			
	100			
0,4	50		0,365 – 0,435	
1,3	45		±2,5	1,265 – 1,335
	50			
	75			
	100			
5,0	50		±2,0	4,800 – 5,200
10,0	45			9,800 – 10,200
	50			
	75			
	100			

Б.3.3 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении частоты переменного тока

Таблица Б.4

Напряжение на опорном канале, В	Сила тока на опорном канале, А	Установленное значение частоты переменного тока, Гц	Измеренное значение частоты переменного тока, Гц	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, Гц	Допускаемый интервал частоты переменного тока, Гц
100	–	20		±0,2	19,8 - 20,2
		40			39,8 - 40,2
		50			49,8 - 50,2
		60			59,8 - 60,2
		80			78,8 - 80,2
		100			99,8 - 100,2
–	1,0	20			19,8 - 20,2
		40			39,8 - 40,2
		50			49,8 - 50,2
		60			59,8 - 60,2
		80			79,8 - 80,2
		100			99,8 - 100,2

Б.3.4 Проверка диапазона измерений и определение основной абсолютной погрешности при измерении углов фазового сдвига между синусоидальными напряжением и током

Таблица Б.5

Напряжение на опорном канале, В	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц	Установленное значение угла фазового сдвига	Измеренное значение угла фазового сдвига	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Допускаемый интервал угла фазового сдвига
2	0,01	50	0°		±7°	0°±7°
	1,0					0°±7°
	10,0					0°±7°
50	0,1				0°±7°	
	1,0				±5°	0°±5°
	10,0				±5°	0°±5°
600	0,1				±7°	0°±7°
	1,0				±5°	0°±5°
	10,0				±5°	0°±5°
50	1,0	20	±5°	0°±5°		
		50	±5°	0°±5°		
		70	±5°	0°±5°		
50	1,0	50	90°		±5°	от минус 85° до минус 95°
			180°			±(от 175° до 179,9°)
			270°			от минус 85° до минус 95°

Б.3.5 Проверка диапазона измерений и определение основной погрешности при измерении углов фазового сдвига между синусоидальными током и напряжением

**Таблица Б.6**

Сила тока на опорном канале, А	Напряжение на измерительном канале, В	Частота, Гц	Установленное значение угла фазового сдвига	Измеренное значение угла фазового сдвига	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Допускаемый интервал угла фазового сдвига
1,0	50	50	0°		±5°	0°±5°
			90°			от 85° до 95°
			180°			±(от 175° до 179,9°)
			270°			от минус 85° до минус 95°

Б.3.6 Проверка диапазона измерений и определение основной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными токами (при наличии двух клещевых приставок)

**Таблица Б.7**

Сила тока на опорном канале, А	Сила тока на измерительном канале, А	Частота, Гц	Установленное значение угла фазового сдвига	Измеренное значение угла фазового сдвига	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности	Допускаемый интервал угла фазового сдвига
1,0	2,0	50	0°		±5°	0°±5°
			90°			от 85° до 95°
			180°			±(от 175° до 179,9°)
			270°			от минус 85° до минус 95°

Б.3.7 Проверка диапазона измерений и определение основной погрешности при измерении углов фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями

**Таблица Б.8**

Напряжение на опорном канале, В	Напряжение на измерительном канале, В	Частота, Гц	Установленное значение угла фазового сдвига	Измеренное значение угла фазового сдвига	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Допускаемый интервал угла фазового сдвига
50	100	50	0°		±5°	0°±5°
			90°			от 85° до 95°
			180°			±(от 175° до 179,9°)
			270°			от минус 85° до минус 95°

Б.3.8 Проверка диапазона измерений и определение основной приведённой погрешности при измерении напряжения постоянного тока

**Таблица Б.9**

Установленное значение напряжения постоянного тока, В	Измеренное значение напряжения постоянного тока, В	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	Допускаемый интервал напряжения постоянного тока, В
1		$\pm 1,5$	0,70-1,30
19			18,70-19,30
50			47,30-52,70
190			187,30-192,70
300			294-306
600			594-606

Заключение \_\_\_\_\_  
соответствует/не соответствует

Свидетельство (заключение о непригодности) № \_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_   
Расшифровка подписи

## Библиография

- [1] ПШИЖ 01.00.00.010 РЭ Вольтамперфазометр М2 Руководство по эксплуатации
- [2] ТУ ВУ 100101011.001-2005 Вольтамперфазометр М2
- [3] Правила осуществления метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений, утвержденные постановлением Госстандарта от 24 апреля 2021 г. №40