ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА"
(НПО "ВНИИМ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА")

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ФАЗОМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МИ 1672-87

Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ

1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.317.373 (083.76)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ФАЗОМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ

Методика поверки

МИ 1672–87

Взамен
МИ 152–78

Введены в действие с 01.07.88

Настоящие методические указания распространяются на электронные фазометры (измерители разности фаз), измеряющие угол фазового сдвига (УФС) между двумя электрическими напряжениями с одинаковыми частотами, и устанавливают методику их первичной и периодической поверок в диапазоне частот 0,001 Гц – 20 МГц в соответствии с поверочной схемой, приведенной в ГОСТ 8.139–75.

Основные технические, метрологические характеристики серийно выпускаемых отечественных электронных фазометров, на которые распространяются настоящие методические указания, приведены в приложении 1. По настоящим методическим указаниям следует поверять и другие фазометры с характеристиками, аналогичными указанным в приложении 1.

Основные технические характеристики фазометров зарубежных фирм, которые также могут быть поверены по настоящим методическим указаниям, указаны в приложении 2.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

внешний осмотр (п.5.1);

опробование (п.5.2);

определение основной погрешности при равных оптимальных* входных сигналах (п. 5.3);

определение погрешностей при ослабленных и неизменных уровнях входных сигналов (п. 5.4);

определение погрешностей при изменении уровня входных сигналов в одном из каналов (п. 5.5).

* Оптимальный сигнал – уровень сигналов в каналах, при которых значение основной погрешности измерения разности фаз минимально.

© Издательство стандартов, 1988

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны быть применены следующие средства поверки

2.1.1. Образцовые:

образцовые калибраторы фазовых сдвигов 1-го разряда (при поверке фазометров с погрешностью не более 0,3°) и 2-го разряда (при поверке фазометров с погрешностью свыше 0,3°) в соответствии с ГОСТ 8.139–75, работающие в диапазоне частот от 0,001 Гц до 20 МГц и обеспечивающие постоянство коэффициента гармоник выходных сигналов при изменении УФС от 0 до 360°.

2.1.2. Вспомогательные:

аттенюаторы;

фазовращатели;

генераторы синусоидальных сигналов;

электронные вольтметры;

осциллографы.

Примечание. Вышеуказанные вспомогательные средства поверки должны соответствовать техническим характеристикам поверяемого фазометра;

стабилизатор напряжения, обеспечивающий получение стабилизированного напряжения переменного тока (220 ± 4,4) В;

термометр группы III по ГОСТ 215–73 с ценой деления 0,5°С.

2.2. Все применяемые средства должны иметь действующий документ о поверке или аттестации.

2.3. Все работы со средствами поверки и поверяемыми приборами проводят согласно технической документации (ТД) на конкретное средство.

2.4. Рекомендуемые средства поверки и их технические характеристики приведены в приложении 3.

2.5. Допускается применять другие средства поверки при условии обеспечения необходимой точности измерения.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в "Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденных Госэнергонадзором.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха (20±5) °С;

относительная влажность воздуха (65±15) %;

атмосферное давление (100±4) кПа (750±30) мм рт. ст.;

напряжение питающей сети (220±4,4) В при частоте (50±0,5) Гц.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. *Внешний осмотр*

5.1.1. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого фазометра следующим требованиям:

фазометр не должен иметь внешних повреждений, влияющих на его нормальную работу;

к фазометру должна быть приложена техническая документация и коммутационные кабели;

маркировка фазометра должна соответствовать указанной в технической документации.

5.2. Опробование

5.2.1. Фазометр и используемые средства поверки должны быть заземлены и прогреты в течение времени, указанного в ТД. С одного из выходов калибратора фазовых сдвигов подают сигнал с помощью кабелей одинаковой длины на соединенные вместе входы фазометра, при этом зажимы "корпус" фазометра и калибратора соединяют вместе, а зажимы защитного заземления приборов подключают к внутреннему контуру заземления помещения. Фазометр должен устойчиво показывать нулевое значение УФС, не превышающее предела его основной погрешности.

5.2.2. Проверяют правильность индикации на индикаторе фазометра. Для этого выходы калибратора фазовых сдвигов подключают к входам фазометра, устанавливают рабочую частоту калибратора и последовательно устанавливают углы фазового сдвига.

5.2.3. Если фазометр не соответствует требованиям пп. 5.1 и 5.2, поверку прекращают.

5.3. Определение основной погрешности при равных оптимальных входных сигналах

5.3.1. Перед началом проверки контролируют напряжение на входах фазометра с помощью вольтметра (на частотах от 20 Гц и выше) и осциллографа (на частотах от 0,001 до 20 Гц).

Проверку проводят при входных параметрах, указанных для каждого типа фазометра в приложении 4. На каждой частоте проводят три измерения и определяют среднее арифметическое результата измерения. Отношение уровней входных сигналов не должно превышать 6 дБ от уровня большего сигнала.

5.3.2. Основную погрешность определяют методом сличения с активной* либо пассивной** образцовыми мерами, либо независимой поверкой***.

5.3.3. Метод сличения с активной образцовой мерой. Сличение проводят при параметрах входных сигналов, указанных в приложении 4.

---

* Активная образцовая мера является источником электрических сигналов, сдвинутых друг относительно друга на точно известный УФС.

** Пассивная образцовая мера создает УФС между двумя электрическими сигналами, при наличии внешнего источника сигналов.

*** Независимая поверка применяется по разрешению НПО "ВНИИМ им. Д. И. Менделеева" в случае недостаточной точности образцовых средств поверки, имеющихся при поверке.

5.3.3.1. Если погрешность активной образцовой меры не превышает 1/3 предела основной допускаемой погрешности фазометра, основную погрешность определяют при соединении средств поверки по структурной схеме, приведенной на рис. 1.

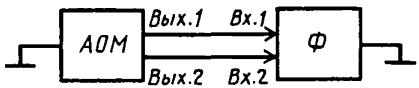


Рис. 1

В качестве активной образцовой меры используют калибраторы фазовых сдвигов (далее КФС) или двухфазные генераторы. Выходы *АОМ* соединяют со входами *Ф*. По индикатору *АОМ* устанавливают последовательно углы фазового сдвига с интервалом не менее 30° и после установки каждого из них снимают показания поверяемого фазометра.

Основную погрешность $\Delta\varphi$ поверяемого фазометра следует определять по формуле $\Delta\varphi = \varphi_{\Phi} - \varphi_{АОМ}$, где $\varphi_{АОМ}$ и φ_{Φ} – значения УФС, определяемых по индикаторам *АОМ* и фазометра соответственно.

5.3.3.2. Если точность поверяемого фазометра примерно равна точности *АОМ*, основную погрешность определяют с помощью *АОМ* и дополнительного фазовращателя* при соединении средств поверки по структурной схеме, приведенной на рис. 2.

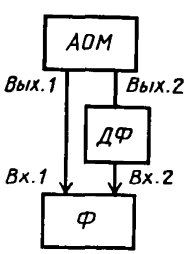


Рис. 2

ДФ – дополнительный фазовращатель

В качестве *ДФ* используют либо фазовращатели в виде *RC* – цепи (см. приложение 5), либо фазовращатели, входящие в состав преобразователя частоты калибратора *Ф*1-4. Эти фазовращатели настроены на углы 0, 90, 180, 270° на частотах 5–20, 10^4, 10^5, $5 \cdot 10^5$, 10^6, 10^7, $2 \cdot 10^7$ Гц.

*Обоснование методики определения основной погрешности с помощью *АОМ* и дополнительного фазовращателя приведено в приложении 6.

Проверку основной погрешности производят в следующей последовательности.

Устанавливают рабочую частоту и выходное напряжение КФС в соответствии с приложением 4 для данного фазометра.

Проводят четыре серии измерений:

I с е р и я

Устанавливают дополнительным фазовращателем УФС равный 0°; при нулевом значении УФС на КФС проводят "обнуление" индикатора фазометра нажатием кнопки "Установка 0"; последовательно устанавливают УФС 90, 180, 270° на КФС и определяют после установки каждого из них, включая и нулевой, отклонения показаний фазометра от номинальных значений УФС на входах фазометра, равных сумме УФС на КФС и УФС на ДФ, т. е. от 0, 90, 180 и 270° соответственно;

записывают отклонения δ_{11}, δ_{21}, δ_{31}, δ_{41} (1-е, 2-е, 3-е и 4-е измерения; 1-я серия)

II с е р и я

После установки УФС 270° на КФС и снятия показаний фазометра устанавливают УФС 90° на ДФ; последовательно устанавливают УФС 0, 90 и 180° на КФС и после установки каждого из них определяют отклонения показаний фазометра от значений УФС на входах фазометра, т. е. от 0, 90, 180 и 270°; записывают найденные отклонения δ_{12}, δ_{22}, δ_{32} и δ_{42} (1-е, 2-е, 3-е и 4-е измерения; 2-я серия).

III с е р и я

После установки УФС 180° на КФС и снятия показаний фазометра устанавливают УФС 180° на ДФ; последовательно устанавливают УФС 270, 0 и 90° на КФС и после установки каждого из них определяют отклонения показаний фазометра от номинальных значений УФС на входах фазометра, т. е. от 0, 90, 180 и 270° соответственно; записывают найденные отклонения δ_{13}, δ_{23}, δ_{33} и δ_{43} (1-е, 2-е, 3-е и 4-е измерения; 3-я серия).

IV с е р и я

После установки УФС 90° на КФС и снятия показаний фазометра последовательно устанавливают УФС 180, 270, 0° на КФС и после установки каждого из них определяют отклонения показаний фазометра от 0, 90, 180 и 270° соответственно; записывают найденные отклонения δ_{14}, δ_{24}, δ_{34} и δ_{44} (1-е, 2-е, 3-е измерения; 4-я серия).

Запись отклонений для расчета погрешности фазометра производят в протоколе поверки, форма которого приведена в приложении 7 (табл. 1).

5.3.3.3. Если точность поверяемого фазометра высока, и есть необходимость определить его основную погрешность в более чем четырех точках фазовой характеристики, выбирают активную образцовую меру, обеспечивающую дискретное задание необходимого количества точек, с дискретностью φ_q. Основную погрешность определяют при соединении средств измерений по структурной схеме, приведенной на рис. 2.

В качестве ДФ используют фазовращатели, настроенные на углы 0°, φ°_q для частот, на которых определяют основную погрешность фазометра.

Проверку основной погрешности производят в следующей последовательности:

устанавливают рабочую частоту и выходное напряжение КФС в соответствии с приложением 4;

устанавливают дополнительным фазовращателем УФС равный 0°;

устанавливают на калибраторе УФС равный 0°;

"обнуляют" индикатор фазометра и фиксируют его начальные показания;

устанавливают последовательно УФС с требуемой дискретностью, например 30°, т. е. УФС 30, 60, 90 и т. д. до 330° на КФС и после установки каждого из них снимают показания поверяемого фазометра;

определяют отклонения показаний поверяемого фазометра от номинального значения УФС на его входах (δ_i'), равного сумме УФС калибратора и ДФ, т. е. от 0, 30, 60, 90 и т. д. до 330° соответственно;

полученные отклонения (δ_i') записывают в таблицу;

после установки УФС 330° на КФС и снятия показаний фазометра устанавливают на калибраторе УФС, равный 0°, а дополнительным фазовращателем УФС равный φ°_q (30°);

"обнуляют" индикатор фазометра и фиксируют его начальные показания;

устанавливают последовательно УФС с той же дискретностью, т. е. УФС 30, 60, 90 и т. д. до 330° на КФС и после каждого из них снимают показания поверяемого фазометра;

определяют отклонения показаний поверяемого фазометра от номинального значения УФС, действующего на его входах (δ_i''), и равного сумме УФС калибратора и ДФ, т. е. от 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360°;

полученные отклонения (δ_i'') записывают в таблицу (см. приложение 7, табл. 2).

Здесь i – номер поверяемой точки на фазовой характеристике КФС.

Запись отклонений для расчета погрешности фазометра производят в протоколе поверки, форма которого приведена в приложении 7 (табл. 2).

5.3.4. Методом сличения с пассивной образцовой мерой основную погрешность определяют при соединении средств поверки по структурной схеме, представленной на рис. 3.

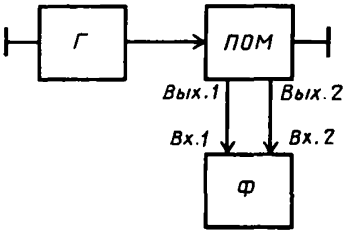


Рис. 3

Г – генератор синусоидальных сигналов; *ПОМ* – пассивная образцовая мера фазового сдвига; *Ф* – фазометр

В качестве пассивной образцовой меры применяют круговые бесконтактные индуктивные фазовращатели типа БИФ или емкостные типа ФЕ-1 и RC-фазовращатели (см. приложение 3).

От генератора *Г* сигнал поступает на *ПОМ*, с двух выходов которой напряжения подают на входы поверяемого фазометра. По шкале *ПОМ* задают УФС (10, 20, 30 и т. д. до 360°) и записывают показания *Ф*. Основную погрешность фазометра $\Delta\varphi$ определяют по формуле $\Delta\varphi = \varphi_{\Phi} - \varphi_{\text{ПОМ}}$, где $\varphi_{\text{ПОМ}}$ и φ_{Φ} – значения УФС, определяемые по шкале *ПОМ* и индикатору *Ф* соответственно.

5.3.5. Независимую поверку фазометров осуществляют на частотах от 0,001 до 5 МГц при соединении средств поверки по структурной схеме, приведенной на рис. 4.

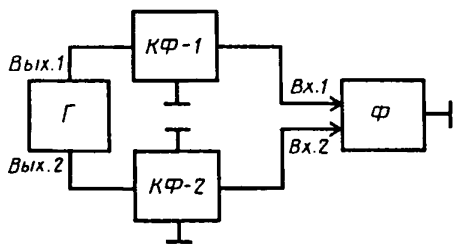


Рис.4
Г – генератор; *КФ-1, КФ-2* – круговые фазовращатели

Один из круговых фазовращателей *КФ-1* должен иметь одну исходную (любую) отметку на шкале. Второй фазовращатель может не иметь шкалы. На вход поверяемого фазометра *Ф* через фазовращатели от генератора *Г* подают два напряжения одного уровня. Указатель фазовращателя *КФ-1*, включенного на вход 1-го канала *Ф*, устанавливают на исходную отметку шкалы. При помощи фазовращателя *КФ-2* устанавливают нулевое показание фазометра.

Фазометр проверяют при значениях УФС 30, 60, 90 и 180°. Вращением ручки фазовращателя *КФ-1* по показаниям *Ф* устанавливают одно из указанных значений УФС, фазовращателем *КФ-2* показания *Ф* сводят к нулю.

В зависимости от первоначального выбранного значения эту операцию проводят 11 раз при значениях УФС 30°, пять раз при 60°, три раза при 90° и один раз при 180°. На 12-й, 6-й, 4-й или 2-й раз (в общем случае *G*-й) фазовращатель *КФ-1* устанавливают по своей шкале на исходную отметку. При этом записывают показание φ_0 по *Ф*. Основную погрешность $\Delta\varphi$ поверяемого фазометра определяют по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{\frac{360}{G} - \varphi_0}{G},$$

где *G* – порядковый номер операции поверки.

5.4. Определение погрешности при ослабленных неизменных уровнях входных сигналов

5.4.1. Перед началом измерения также, как и по п. 5.3.1, контролируют напряжения на входах фазометра. Частоты, на которых проводят проверку, выбирают в соответствии с приложением 4.

5.4.2. Если погрешность активной образцовой меры не превышает 1/3 предела основной допускаемой погрешности фазометра, основную погрешность определяют по методике п. 5.3.3.1 при соединении средств поверки по структурной схеме, приведенной на рис. 5.

5.4.3. Если точность поверяемого фазометра примерно равна точности *АОМ*, основную погрешность определяют с помощью *АОМ* и дополнительного фазовращателя при соединении средств поверки по структурной схеме, приведенной на рис. 6, и по методике п. 5.3.3.2.

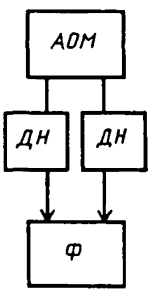


Рис. 5

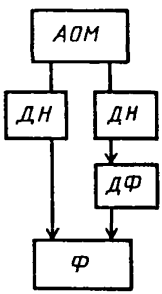


Рис. 6

АОМ – активная образцовая мера;
*ДН** – делитель напряжения; *Ф* – фазометр

ДФ – дополнительный фазовращатель

5.4.4. Значения погрешности, полученные по п. 5.4, не должны превышать основной допускаемой погрешности, указанной в ТД на данный тип фазометра.

5.4.5. При поверке фазометров высокой точности (погрешность не более 0,2°) оформляют протокол, пример заполнения которого приведен в приложении 7.

5.4.6. При поверке фазометров с погрешностью более 0,2° протокол не заполняют.

5.5. Определение погрешностей при изменении уровня входных сигналов в одном из каналов (амплитудно-фазовых погрешностей по каналам)

5.5.1. Амплитудно-фазовую погрешность (АФП) определяют с помощью аттенюатора при соединении средств измерений по структурной схеме, приведенной на рис. 7.

С выхода *"Вых. 1"* калибратора фазовых сдвигов сигнал поступает на поверяемый фазометр, с выхода *"Вых. 2"* – на вход аттенюатора, с выхода которого – на *"Вх. 2"* фазометра. Вначале регулятор, аттенюатора

* В случае отсутствия делителей напряжения, допускается использовать аттенюаторы, встроенные в каналы *АОМ*, например, аттенюаторы в каналах прибора *Ф1-4*.

устанавливают на нулевое ослабление и фазометр рукоятками калибровки выводят на нулевое показание. Затем регулятор аттенюатора переключают в положение максимального ослабления для данного типа фазометра. Показания фазометра φ и есть амплитудно-фазовая погрешность фазометра $\Delta\varphi_{аф}$.

Если известна амплитудно-фазовая погрешность аттенюаторов, то

$$\Delta\varphi_{аф} = \max(\varphi \pm \Delta\varphi_{а}),$$

где $\Delta\varphi_{а}$ – амплитудно-фазовая погрешность аттенюатора (см. приложение 8).

При поверке фазометров, имеющих верхнюю границу входного напряжения до 10 В, рекомендуется вместо КФС использовать генератор с большим выходным напряжением, а для устранения рассогласования в измерительных цепях установить дополнительные аттенюаторы с затуханием 6 дБ.

Структурная схема соединения средств поверки для этого случая представлена на рис. 8.

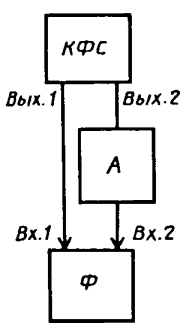


Рис. 7

А – образцовый аттенюатор; *Ф* – поверяемый фазометр; *КФС* – калибратор фазовых сдвигов

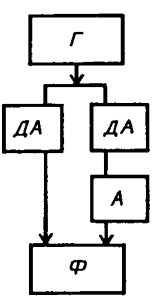


Рис. 8

Г – генератор; *ДА* – дополнительный аттенюатор

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. Положительные результаты поверки должны быть оформлены:

при первичной поверке – записью в паспорте фазометра, удостоверенной в порядке, установленном предприятием;

при государственной периодической поверке – выдачей свидетельства по форме, установленной Госстандартом СССР;

при ведомственной периодической поверке – выдачей свидетельства о поверке по форме, установленной в министерстве (ведомстве).

Во всех случаях прибор пломбируют.

6.2. При отрицательных результатах поверки прибор к применению не допускают и на него выдают извещение о непригодности с указанием причины.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Основные технические и метрологические характеристики серийно выпускаемых отечественных фазометров

Тип фазометра	Диапазон частот, Гц	Диапазон измеренного УФС*	Предел допускаемой погрешности			Уровень входных сигналов, В	Разрешающая способность
			при равных входных сигналах	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 40 дБ	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 60 дБ		
Ф2-13	$20-10^6$	(−180) − 0 − −180°	$\pm(0{,}015\varphi^{**}_x + 0{,}5)$ ° при 0,02–200 кГц; $\pm(0{,}02\,\varphi_x + 1)$ ° при 200–1000 кГц	$\pm(0{,}015\,\varphi_x + 0{,}5 + 0{,}2\,A^{***})$ ° при 0,02–0,2 кГц; $\pm(0{,}015\,\varphi_x + 0{,}5 + 0{,}75\,A)$° при 0,2–200 кГц; $\pm(0{,}02\varphi_x + 1 + 0{,}15\,A)$ ° при 200–1000 кГц	–	От 0,1 до 10 (R = 1МОм C = 20пФ)	0,2°
Ф2-16	$20-2\cdot10^6$	0–180° 0–360°	$\pm(0{,}2 + 0{,}004\,\varphi_x)$ при 20 Гц – 2 МГц	–	$\pm(0{,}2 + 0{,}04\,\varphi_x + 0{,}05\,A)$ ° при 0,02–200 кГц; $\pm(0{,}2\,\varphi_x + 0{,}004\,\varphi_x + 0{,}075\,A)$° при 200 – 2000 кГц	От 0,001 до 1 (R = 1МОм C = 30пФ)	0,1°

* УФС – угол фазового сдвига;
** φ_x – измеряемый УФС;
*** A – ослабление в децибелах.

Продолжение

Тип фазометра	Диапазон частот, Гц	Диапазон измеренного УФС	Предел допускаемой погрешности			Уровень входных сигналов, В	Разрешающая способность
			при равных входных сигналах	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 40 дБ	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 60 дБ		
Ф2-28	$5-5 \cdot 10^5$	0–360°	±0,2° при 50–200 Гц; ±0,3° при 200 Гц–100 кГц; (±0,4f*)° при 100–500 кГц при входных сигналах от 0,1 до 10 В не > 0,4° – при входных сигналах ниже 0,1 В	Не более 0,04 А		От 0,01 до 10 (R = 1МОм C = 30пФ)	0,01°
ФК2-35	$0,1-10^7$	0–360°	Частота от 0,1 до 10 Гц: ±0,05 (1 + 1/F) ** при входных сигналах от 1 до 0,01 В; ±(0,2 + 0,004 A) ° при входных сигналах от 0,001 до 0,003 В. Частота от 20 до 10^5 Гц. ±0,03° при входных сигналах от 1 до 0,01 В;	±(0,02 + 0,004A) ° при 2–20 Гц; ±(0,03 + 0,003A) ° при $20-10^5$ Гц; ±(0,1 + 0,003A) ° при 10^5-10^6 Гц; ±(0,1 + 0,004 A + $10^{-8}F$) при 10^6-10^7 Гц	±(0,03 + 0,007 A) ° при $20-10^5$ Гц; ±(0,1 + 0,007 A) ° при 10^5-10^6 Гц; ±(0,1 + 0,007 A + 8 × × 10^{-8}) ° при 10^6-10^7 Гц	От 0,001 до 1 (R = 1МОм C = 10пФ)	0,001°

* – f – частота в сотнях килогерц;
** – F – частота в герцах.

Продолжение

Тип фазометра	Диапазон частот, Гц	Диапазон измеренного УФС	Предел допускаемой погрешности			Уровень входных сигналов, В	Разрешающая способность
			при равных входных сигналах	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 40 дБ	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 60 дБ		
			$\pm (0{,}03 + 0{,}002\,A)°$ при входных сигналах от 0,01 до 0,001 В. Частота от 10^5 до 10^6 Гц: $\pm (0{,}1 + 0{,}001\,A)°$ при входных сигналах от 0,1 до 0,001 В; $\pm 0{,}1°$ при входных сигналах от 1 до 0,01 В. Частота от 10^6 до 10^7 Гц: $\pm (0{,}1 + 0{,}8\,F \cdot 10^{-7})°$ при входных сигналах от 1 до 0,01 В; $\pm (0{,}1 + 0{,}004\,A + 10^{-8}\,F)°$ при входных сигналах от 0,1 до 0,001 В				
Ф5126	$10^6 - 15 \cdot 10^7$	0–360°	±0,3° не более; ±0,6° при 20 дБ	–	–	От 0,01 до 1 (R = 100кОм C = 5пФ)	0,1°

Продолжение

Тип фазометра	Диапазон частот, Гц	Диапазон измеренного УФС	Предел допускаемой погрешности			Уровень входных сигналов, В	Разрешающая способность
			при равных входных сигналах	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 40 дБ	при соотношении уровней входных сигналов свыше 0 до 60 дБ		
Ф2-34	0,5 – $-5\cdot10^6$	0–360°	$\pm(0{,}008 + 0{,}1°/F)$ при 1–20 Гц; $\pm(0{,}1 + 10^{-1}F)°$ при $20–5\cdot10^6$ Гц при входных сигналах от 0,01 до 2 В; $\pm(0{,}5 + 10^{-7}F)°$ при $5–5\cdot10^6$ Гц при входных сигналах от 0,002 до 0,01 В	$(\pm0{,}075\,A)°$ при 1–5 Гц; $(\pm0{,}03\,A)°$ при $5–2\cdot10^5$ Гц; $(\pm0{,}05\,A)°$ при $2\cdot10^5 – 2\cdot10^6$ Гц; $(\pm0{,}1\,A)°$ при $2\cdot10^6 – 5\cdot10^6$ Гц	$(\pm0{,}03\,A)°$ при $5–2\cdot10^5$ Гц; $(\pm0{,}75\,A)°$ при $2\cdot10^5 – 2\cdot10^6$ Гц; $(\pm0{,}15\,A)°$ при $2\cdot10^6 – 5\cdot10^6$ Гц	От 0,01 до 2-частота от 1 до 5 Гц; от 0,002 до 2-частота от 5 до 5×10^6 Гц (R = 100 кОм C = 5 пФ)	0,01°
Ф5131	10^{-3} – $-2\cdot10^5$	0–359,9°	$\pm0{,}5°$ при 10^{-3} – -10^3 Гц; $\pm1°$ при 10^3 – $-2\cdot10^5$ Гц	$\pm1{,}0°$ при 10^{-3} – -10^3 Гц; $\pm2{,}0°$ при 10^3 – $-2\cdot10^5$ Гц	–	От 0,03 до 100 (R = 1 МОм C = 10 – – 30 пФ)	0,1°
Ф5136	20 – $-2\cdot10^6$	0–360°	–	0,1°	–	–	0,1°

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Основные технические характеристики фазометров, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами

Тип прибора	Технические характеристики					
	Диапазон углов	Диапазон частот, Гц	Диапазон входных сигналов, В	Разрешающая способность	Основная погрешность	Наличие автоматизации измерений
Mod aMP 380 ф. Freedback Франция, 1982	0–360°	$0{,}5–10^5$	0,01–100	0,1°	0,2–2°	Нет
США, 1979 ф. Krohn-Hite. Mod. 6500	0–360°	$3–5 \cdot 10^6$	0,1–120	0,01°	0,05–35°	Нет
Англия, 1980 ф. Pres-Scient. Mod. 4001–5.	0–360°	$0{,}5–3 \cdot 10^6$	0,01–300	0,01°	0,1–5°	Нет
США, 1979. Mod 305, ф. Dranetz	0–360°	$2–1{,}1 \cdot 10^7$	0,01–300	0,01°	0,05–1°	Нет
Дания, ф. Bruel-Kjer. Mod. 2971	0–360° или 0 ± 180° 0–6,28 рад 0–0,14 рад	$2–2 \cdot 10^5$	0,01–15	1°	1–3°	Нет
Mod. 2977	0–360° или 0 ± 180° 0–6,28 рад 0 ± 3,14 рад	$2–2 \cdot 10^5$	10	0,5°	0,1°	Нет

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Перечень аппаратуры, применяемой при поверке

Наименование и тип прибора	Основные технические и метрологические параметры							
	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности	Рабочая частота, Гц	Относительная нестабильность рабочей частоты за 10 мин, не более	Уровень входного напряжения, В	Уровень выходного напряжения, В	Параметры входной цепи	Выходное сопротивление, Ом
Калибраторы фазового сдвига: Ф1-2	Фазового сдвига 0–360°	0,1°	$5 \cdot 10^3$, $10 \cdot 10^3$, $20 \cdot 10^3$, $50 \cdot 10^3$, $100 \cdot 10^3$, $200 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-6}$	–	1–10	–	120
Ф5125	0–360°	0,1°	$2–20 \cdot 10^3$	10^{-5}	–	0,1–10	–	50
УФАМП-1	0–360°	0,1°	От 0,001 до 10000 через 0,001 Гц; $30 \cdot 10^3$, $1080 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-5}$	–	0,1–10 (От 10^{-3} до 10^3 Гц), $4{,}0 \cdot (30 \cdot 10^3$ Гц), $0{,}5 \cdot (1080 \times 10^3$ Гц)	–	–

Продолжение

Наименование и тип прибора	Основные технические и метрологические параметры							
	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности	Рабочая частота, Гц	Относительная нестабильность рабочей частоты за 10 мин, не более	Уровень входного напряжения, В	Уровень выходного напряжения, В	Параметры входной цепи	Выходное сопротивление, Ом
Ф1-4	0–(±360)° с дискретностью 10° при 5 Гц – – 2 МГц; 30° при 5 и 10 МГц	±0,1° при частоте от 5 до 20 Гц; ± 0,03 при частоте от 20 до 10^4 Гц; ±0,05° при частоте от 10^4 до 10^6 Гц; ±0,1° при частоте от 10^6 до 10^7 Гц	От 5 до 10^7	$5 \cdot 10^{-5}$	–	(1–0,001) ± 30 %	–	500
Ф5224	0–(±360)° с дискретностью 0,1° до 20 кГц; 1° свыше 20 кГц	± 0,1°	0,001 –$2 \cdot 10^5$	10^{-5}	–	0,001–10	–	50

Продолжение

Наименование и тип прибора	Основные технические и метрологические параметры							
	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности	Рабочая частота, Гц	Относительная нестабильность рабочей частоты за 10 мин, не более	Уровень входного напряжения, В	Уровень выходного напряжения, В	Параметры входной цепи	Выходное сопротивление, Ом
Круговые бесконтактные фазовращатели:								
БИФ-211	0–360°	1°	От 0,5 до $1,5 \cdot 10^3$	–	От 10 до 40	От 5 до 15	500 Ом	–
БИФ-112	0–360°	0,5°	От 1,5 до $5 \cdot 10^3$	–	От 10 до 40	От 5 до 15	500 Ом	–
БИФ-114	0–360°	0,5°	От 4 до $20 \cdot 10^3$	–	От 10 до 40	От 5 до 15	500 Ом	–
БИФ-116	0–360°	1°	От 20 до $80 \cdot 10^3$	–	От 10 до 40	От 5 до 15	160 Ом	–
БИФ-118	0–360°	1°	От 40 до $120 \cdot 10^3$	–	От 10 до 40	От 5 до 15	160 Ом	–
БИФ-119	0–360°	2°	От 80 до $360 \cdot 10^3$	–	От 15 до 20	От 6,5 до 7,5	160 Ом	–
БИФ-025	0–360°	3,5°	От 100 до 1700×10^3	–	От 0,3 до 6	От 0,1 до 2,5	115 Ом	–
ФЕ-1	0–360°	2°	От 10 до $5000 \cdot 10^3$	–	От 15 до 40	От 0,75 до 20	–	–
Аттенюатор Д1-13	Ослабление 0–90 дБ	(0,02 A*) ° (1 МГц) (0,08 A) ° (10 МГц)	0–10 МГц	–	1,5	–	–	–
Д1-13А	0–90 дБ	(0,01 A) ° (1 МГц) (0,06 A) ° (10 МГц)	0–10 МГц	–	1,5	–	–	–

* A – ослабление в децибелах.

Продолжение

Наименование и тип прибора	Основные технические и метрологические параметры							
	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности	Рабочая частота, Гц	Относительная нестабильность рабочей частоты за 10 мин, не более	Уровень входного напряжения, В	Уровень выходного напряжения, В	Параметры входной цепи	Выходное сопротивление, Ом
Д2-31	10 дБ	(0,01 A) ° (1 МГц) (0,03 A) ° (10 МГц)	0–10 МГц	–	–	–	–	–
Д2-32	10 дБ	(0,01 A) ° (1 МГц) (0,03 A) ° (10 МГц)	0–10 МГц	–	–	–	–	–
Генераторы:								
Г3-110	–	–	От 0,01 до $2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-7}$	–	От $2 \cdot 10^{-3}$ до 2	–	50
Стабилизатор напряжения СН-0,75	220 В	Нестабильность	50	–	–	220 ± 5	–	–
Осциллограф С1-92	–	–	0–100 МГц	–	5 мВ/1 дел	–	50 пФ 1,5 МОм	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

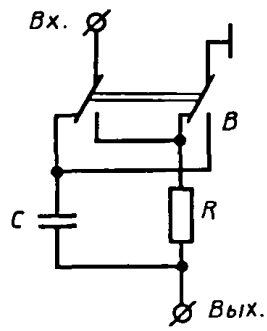
Обязательное

Параметры входных сигналов при определении основной погрешности фазометров

Тип фазометра	Частота	Уровни входных напряжений, В	Пункт методических указаний
Ф2-13	20 Гц; 10 кГц;100 кГц; 500 кГц; 1 МГц	1,0	5.3.3.1
Ф2-16	20 Гц; 10 кГц; 100 кГц; 500 кГц; 2 МГц;	1,0	5.3.3.1
Ф5126	1; 5; 10 МГц	1,0	5.3.3.1
Ф2-28	20 Гц; 10 кГц; 100 кГц; 500 кГц	1,0	5.3.3.2 или 5.3.3.3
ФК2-35	2 Гц; 20 Гц; 100 кГц; 1 МГц	0,1; 0,001; 0,01; 0,001; 0,01; 0,01	5.3.3.2 или 5.3.3.3 5.5.3.2 или 5.3.3.3
	2 Гц	0,003	5.3.3.1
	1 МГц	0,001	5.3.3.1
	10 МГц	0,001; 0,01	5.3.3.1
Ф2-34	1 Гц; 20 Гц; 100 кГц; 5 МГц	1,0	5.3.3.2 или 5.3.3.3
	5 Гц; 100 кГц; 5 МГц	0,002	5.3.3.2 или 5.3.3.3
Ф5131	0,01 Гц; 1 Гц; 10 кГц; 100 кГц; 200 кГц	1,0	5.3.3.1
Mod ДМР380	0,5; 5; 10; 20 Гц 10; 100 кГц		
Mod 6500	5; 20 Гц; 100 кГц; 5 МГц		
Mod 4001-5	1; 20; 5 Гц; 100 кГц; 2 МГц	1,0	5.3.3.1
Mod 305	2 Гц; 20 Гц; 10, 100, 500 кГц		
Mod 2971	2; 20 Гц; 10; 200 кГц		
Mod 2977	2; 20 Гц; 10; 200 кГц		

Дополнительные фазовращатели на 0, 90 и 270°, используемые в случае определения основной погрешности с помощью калибратора фазовых сдвигов и дополнительного фазовращателя.

Фазовращатель состоит из резистора *R* и конденсатора *C*, соединенных по схеме, приведенной на рисунке.



B – микропереключатель; *R* – резистор типа ОМЛТ; *C* – конденсатор типа КМ-5А.

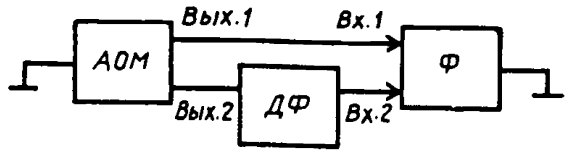
Номинальные значения *R* и *C* для различных частот

	Частоты					
	5–20 Гц	10 кГц	100 кГц	500 кГц	1 МГц	10 МГц
R	160 кОм	15 кОм	1,5 кОм	1,5 кОм	750 Ом	270 Ом
C	0,1 мкФ	1000 пФ	1000 пФ	200 пФ	200 пФ	51 пФ

Погрешность резисторов ± 5 %.
Погрешность конденсаторов ± 10 %.

Обоснование методики определения основной погрешности электронных фазометров с использованием дополнительных фазовращателей*

Определение погрешности измерения УФС осуществляется по структурной схеме, приведенной на рисунке.



Калибратор фазового сдвига КФС воспроизводит значение УФС, равное ψ_1, причем $\psi_1 = \psi_{ном} + \Delta\psi$, где $\psi_{ном}$ – номинальное значение УФС, установленное на индикаторе КФС; $\Delta\psi$ – погрешность воспроизведения $\psi_{ном}$.

На входы поверяемого фазометра ПФ подан $\varphi_{вх}$, равный сумме УФС, воспроизводимых калибратором фазового сдвига КФС и дополнительным фазовращателем *ДФ* $\varphi_{вх} = \psi + \Theta$, где Θ – УФС, воспроизводимый *ДФ*;

$\Theta = \Theta_{ном} + \Delta\Theta$, где $\Theta_{ном}$ – номинальное значение УФС, установленное на *ДФ*; $\Delta\Theta$ – погрешность воспроизведения. Тогда $\varphi_{вх} = \psi_{ном} + \Delta\psi + \Theta_{ном} + \Delta\Theta$. Индикатор ПФ покажет $\varphi = \varphi_{вх} + \Delta\varphi_{ф}$, где $\Delta\varphi_{ф}$ – погрешность ПФ. $\varphi = \psi_{ном} + \Delta\psi + \Theta_{ном} + \Delta\Theta + \Delta\varphi_{ф}$.

Если $\psi_{ном}$ будут принимать значения через дискрет $2\pi/K$, а $\Theta_{ном}$ через $2\pi/M$ (в общем случае $K \neq M$, хотя практически удобен случай $K = M$) так, чтобы происходило наполнение погрешности фазометра в точках измерения выбранного дискрета УФС, то получится пространство погрешностей, которое можно нормализовать в виде таблицы, где по строкам будут накапливаться погрешности ПФ, по графам – погрешности КФС, а по диагоналям – погрешности ДФ. Если УФС будут принимать значения от 0 до 2π, то погрешность ПФ проявит все свои значения, которые она имеет в этом интервале УФС, включая как максимальное $K \cdot \Delta\varphi_{max}$, так и минимальное значения $K \cdot \Delta\varphi_{min}$. Полуразность между ними дает значение погрешности фазометра, т. е. $\Delta\varphi_{ф} = \pm \frac{1}{2}[(K \cdot \Delta\varphi_{max} + \Delta\psi_i + \Delta\Theta_j) - (K \times \Delta\varphi_{min} + \Delta\psi_i + \Delta\Theta_j)]$. Учитывая, что $\psi_1 \approx \Delta\psi_i \approx \Delta\psi_к$ и $\Delta\Theta_1 \approx \Delta\Theta_i \approx \Delta\Theta_к$, а также приведя значение с учетом граф, получим $\Delta\varphi_{ф} = \frac{1}{2}(K \cdot \Delta\varphi_{max} - K \cdot \Delta\varphi_{min})$.

Точность приведенного метода определения погрешности фазометра определяется разрешающей способностью их индикаторов, случайными составляющими погрешностей КФС, ДФ и ПФ, обусловленными в основном временными нестабильностями их фазовых характеристик. В состав ДФ входят фазоинвертор, выполненный в виде транзисторного дифференциального каскада, и фазовращатель, выполненный на *RC*-цепях. Общая временная нестабильность фазовых характеристик КФ, ДФ и ПФ в течение 3 мин, необходимых для поверки прибора на одной частоте, составляет не более 0,01°. Разрешающая способность индикаторов ПФ составляет 0,001–0,01° и практически не влияет на точность данного метода. Следовательно, точность метода определяется временной нестабильностью фазовых характеристик ПФ, КФ и ДФ и равна

*Данная методика относится к категории экспериментально-математических методов поверки (когда уровни точности воспроизведения и измерения близки) суть которых заключается в достоверном разделении погрешностей устройства воспроизведения и измерения УФС.

± 0,01°, что обеспечивает достаточную достоверность оценки погрешностей поверяемых фазометров.

Учитывая практическую реализацию, целесообразно применение четырех дополнительных фазовращателей через 90°, так как распределение значений погрешности УФС имеет синусообразный характер.

В таблице представлено пространство погрешностей УФС.

Номинальные значения УФС на ДФ		Номинальные значения УФС на КФС						
		$\psi_{ном1} = 0°$	$\psi_{ном2} = \frac{2\pi}{K} \cdot 1$	...	$\psi_{номj} = \frac{2\pi}{K} \cdot j$	...	$\psi_{ном} = \frac{2\pi(K-1)}{K}$	
	$\Theta_{ном1} = 0°$	$\varphi_1 + \psi_1 + \Theta_1$	$\varphi_1 + \psi_2 + \Theta_м$	...	$\varphi_1 + \psi_j + \Theta_{м-2}$	...	$\varphi_1 + \psi_к + \Theta_2$	$K\varphi_1 + \Delta\psi + \Delta\Theta$
	$\Theta_{ном2} = \frac{2\pi}{M} \cdot 1°$	$\varphi_2 + \psi_1 + \Theta_2$	$\varphi_2 + \psi_2 + \Theta_1$	...	$\varphi_2 + \psi_j + \Theta_{м-1}$	...	$\varphi_2 + \psi_к + \Theta_{м-2}$	$K\varphi_2 + \Delta\psi + \Delta\Theta$
	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	$\Theta_{номi} = \frac{2\pi}{M} \cdot i°$	$\varphi_i + \psi_1 + \Theta_i$	$\varphi_i + \psi_2 + \Theta_{i-1}$	...	$\varphi_i + \psi_j + \Theta_1$	...	$\varphi_i + \psi_к + \Theta_м$	$K\varphi_i + \Delta\psi + \Delta\Theta$
	. . .	. . .	. . .		. . .		. . .	. . .
	$\Theta_{ном} = \frac{2\pi(M-1)}{M}°$	$\varphi_м + \psi_1 + \Theta_м$	$\varphi_м + \psi_2 + \Theta_{м-1}$	...	$\varphi_м + \psi_j + \Theta_{м-3}$	...	$\varphi_м + \psi_к + \Theta_1$	$K\varphi_м + \Delta\psi + \Delta\Theta$
		$\Delta\varphi + M\psi_1 + \Delta\Theta$	$\Delta\varphi + M\psi_2 + \Delta\Theta$	...	$\Delta\varphi + M\psi_j + \Delta\Theta$	...	$\Delta\varphi + M\psi_к + \Delta\Theta$	
		Сумма показаний по графам						

Сумма показаний по строкам

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Обязательное

Формы протоколов поверки фазометров с помощью дополнительного фазовращателя

1. Методика поверки по п. 5.3.3.2.

Таблица 1

УФС на входе поверяемого фазометра, градус	Дополнительный УФС				Алгебраическая сумма погрешностей фазометра в основных точках шкалы
	0°	90°	180°	270°	
0	δ_{11}	δ_{12}	δ_{13}	δ_{14}	$\Sigma 1$
90	δ_{21}	δ_{22}	δ_{23}	δ_{24}	$\Sigma 2$
180	δ_{31}	δ_{32}	δ_{33}	δ_{34}	$\Sigma 3$
270	δ_{41}	δ_{42}	δ_{43}	δ_{44}	$\Sigma 4$

За основную погрешность измерения УФС принимают разность между максимальным и минимальным значениями сумм погрешностей фазометра в основных точках шкалы, поделенную на 8 и взятую со знаком (±), т. е.

$$\Delta\varphi = \pm \frac{1}{8}(\Sigma_{max} - \Sigma_{min}).$$

Например, если $\Sigma 1 = \Sigma_{max}$ и $\Sigma 4 = \Sigma_{min}$,

то $\Delta\varphi = \pm \frac{1}{8}(\Sigma 1 - \Sigma 4)$.

$\Delta\varphi_1 = 0$;

$\Delta\varphi_2 = \delta_1 - \delta_{ср}$, где $\delta_{ср} = \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{12}\delta_j$;

$\Delta\varphi_3 = \delta_1 - \delta_2 - 2\delta_{ср}$;

$\Delta\varphi_4 = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 - 3\delta_{ср}$.

2. Методика поверки по п. 5.3.3.3.

Таблица 2

УФС на выходе КФС, градус	Дополнительный УФС		Вычисленная разность	Погрешность поверяемого фазометра
	отклонения показаний	отклонения показаний		
0	δ'_1	δ''_1	$\delta_1 = \delta''_1 - \delta'_1$	$\Delta\varphi_1$
30	δ'_2	δ''_2	$\delta_2 = \delta''_2 - \delta'_2$	$\Delta\varphi_2$
60	δ'_3	δ''_3	$\delta_3 = \delta''_3 - \delta'_3$	$\Delta\varphi_3$
90	δ'_4	δ''_4	$\delta_4 = \delta''_4 - \delta'_4$	$\Delta\varphi_4$
120	δ'_5	δ''_5	$\delta_5 = \delta''_5 - \delta'_5$	$\Delta\varphi_5$
150	δ'_6	δ''_6	$\delta_6 = \delta''_6 - \delta'_6$	$\Delta\varphi_6$
180	δ'_7	δ''_7	$\delta_7 = \delta''_7 - \delta'_7$	$\Delta\varphi_7$
210	δ'_8	δ''_8	$\delta_8 = \delta''_8 - \delta'_8$	$\Delta\varphi_8$

Продолжение табл. 2

УФС на выходе КФС, градус	Дополнительный УФС		Вычисленная разность	Погрешность поверяемого фазометра
	отклонения показаний	отклонения показаний		
240	δ'_9	δ''_9	$\delta_9 = \delta''_9 - \delta'_9$	$\Delta\varphi_9$
270	δ'_{10}	δ''_{10}	$\delta_{10} = \delta''_{10} - \delta'_{10}$	$\Delta\varphi_{10}$
300	δ'_{11}	δ''_{11}	$\delta_{11} = \delta''_{11} - \delta'_{11}$	$\Delta\varphi_{11}$
330	δ'_{12}	δ''_{12}	$\delta_{12} = \delta''_{12} - \delta'_{12}$	$\Delta\varphi_{12}$

Для определения основной погрешности фазометра производят следующие вычисления:

определяют разности соответствующих значений третьей графы табл. 1 (δ''_i) и значений второй графы табл. 1 (δ'_i), полученные значения ($\delta_i = \delta''_i - \delta'_i$) записывают в четвертую графу табл. 1.

Для каждого УФС, действующего на входе фазометра, вычисляют погрешность поверяемого фазометра по формулам:

$$\Delta\varphi_1 = 0;$$
$$\Delta\varphi_2 = \delta_1 - \delta_{ср}, \text{ где } \delta_{ср} = \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{12}\delta_j;$$
$$\Delta\varphi_3 = \delta_1 - \delta_2 - 2\delta_{ср};$$
$$\Delta\varphi_4 = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 - 3\delta_{ср}$$

и т. д. и записывают в четвертую графу табл. 2.

За основную погрешность измерения УФС принимают разность между максимальными и минимальными значениями элементов пятой графы, поделенную на 2 и взятую со знаком ±, т. е. $\Delta\varphi = \pm \frac{1}{2}(\Delta\varphi_{max} - \Delta\varphi_{min})$.

Например, если

$$\Delta\varphi_{max} = \Delta\varphi_3,$$
$$\Delta\varphi_{min} = \Delta\varphi_9,$$
$$\Delta\varphi = \pm 1/2\ (\Delta\varphi_3 - \Delta\varphi_9).$$

Пример заполнения протокола поверки фазометра методом сличения с образцовой активной мерой

Пример 1

Протокол № 85

Определение основной погрешности фазометра типа ФК2-35 № 012 выпуска 1986 г.

Применяемая аппаратура: образцовый калибратор фазы 1-го разряда типа Ф1-4 № 367 выпуска 1985 г.

1. Определение основной погрешности при равных оптимальных входных сигналах.

Таблица 1

Частота сигнала	Значение УФС по КФС	Отсчет по поверяемому фазометру	Среднее значение	Погрешность фазометра	Примечание
	Градус				
1 МГц	0	000,02 000,01 000,01	0,013	+0,013	Входное напряжение на фазометре 1 мВ
	10	009,99 010,00 010,01	10,0	0	
	20	020,02 020,01 019,99	20,006	+0,006	
	30	029,99 029,98 030,00	29,99	−0,01	
	90	090,06 090,07 090,08	90,07	+0,07	

Основная погрешность фазометра (+0,07°) не превышает указанной в техническом описании (0,1°).

2. Определение погрешностей при неизменных уровнях сигналов и ослаблении сигнала в одном из каналов в 60 дБ.

Таблица 2

Частота сигнала	Значение УФС по КФС	Отсчет по поверяемому фазометру	Среднее значение	Погрешность фазометра
	Градус			
1 МГц	0	0,270 0,281 0,260	0,27	+0,27
	10	10,100 10,210 10,35	10,22	+0,22
	20	19,951 20,250 20,610	20,27	+0,27
	30	30,376 30,582 29,797	30,25	+0,25
	90	90,357 90,420 89,853	90,21	+0,21
	270	269,683 270,127 269,380	269,73	−0,27
	350	349,698 349, 203 350,443	349,78	−0,22
	360	359,697 359,211 360,430	359,78	−0,22

Погрешность, указанная в техническом описании, равна $\pm(0{,}1 + 0{,}003 \cdot A) = \pm (0{,}1 + 0{,}003 \cdot 60) = 0{,}28°$.

Погрешность фазометра (0,27°) не превышает указанной в техническом описании.

3. Определение погрешности при ослаблении уровня входного сигнала на одном из входов до 60 дБ (АФП). Дополнительные средства поверки: аттенюатор типа Д1-13А № 528.

Таблица 3

Частота сигнала	Соотношение уровней напряжения на входах		Отсчет по фазометру	Среднее значение	АФП атенюатора	АФП фазометра
	В	дБ	Градус			
1 МГц	1/1	0	0,02 0,01 0,00	0,01	0	0,01
	1/0,001	46	0,868 0,878 0,858	0,868	0,46	0,408

Погрешность, указанная в техническом описании, равна $\pm(0{,}1 + 0{,}007 \cdot A)° = \pm (0{,}1 + 0{,}007 \cdot 46) = \pm (0{,}1 + 0{,}32) = \pm 0{,}42°$.

Погрешность фазометра (0,408°) не превышает указанной в техническом описании.

Вывод. По результатам поверки фазометр признан годным.

Начальник лаборатории _____

Поверитель _____

Пример заполнения протокола независимой поверки фазометра.

Пример 2

Протокол № 96

Определение основной погрешности фазометра типа Ф2-13 № 12608 выпуска 1976 г.

Применяемая аппаратура: генератор Г3-110; фазовращатель БИФ-0,25 – 2 шт.

Таблица 4

Частота, МГц	УФС, градус	Введение угла с помощью кругового фазовращателя КФ-1	Показание поверяемого фазометра при измерении, градус				Сброс угла с помощью кругового фазовращателя КФ-2	Показание поверяемого фазометра, градус
			1-м	2-м	3-м	среднее значение		
1	180	1-й раз	180	180	180	180	1-й раз	0
		Ввод ГФ до 0°	182,1	182	183	181,3	—	—
		$\Delta\varphi 180° = \frac{181{,}3 - 180}{2} = 1{,}15$						

Продолжение табл. 4

Частота, МГц	УФС, градус	Введение угла с помощью кругового фазовращателя КФ-1	Показание поверяемого фазометра при измерении, градус				Сброс угла с помощью кругового фазовращателя КФ-2	Показание поверяемого фазометра, градус
			1-м	2-м	3-м	среднее значение		
1	120	1-й раз	120	120	120	120	1-й раз	0
		2-й раз	120	120	120	120	2-й раз	0
		Ввод ГФ до 0°	123	122	123	122,6	–	–
		$\Delta\varphi 120° = \frac{122,6 - 120}{3} = 0,86$						
1	90	1-й раз	90	90	90	90	1-й раз	0
		2-й раз	90	90	90	90	2-й раз	0
		3-й раз	90	90	90	90	3-й раз	0
		Ввод ГФ до 0°	93	92	91,5	92,1	–	–
		$\Delta\varphi 90° = \frac{92,1 - 90}{4} = 0,525$						
1	60	1-й раз	60	60	60,1	60	1-й раз	0
		2-й раз	60	60,2	60,1	60,1	2-й раз	0
		3-й раз	60	60	60	60	3-й раз	0
		4-й раз	60	60	60	60	4-й раз	0
		5-й раз	60	60	60	60	5-й раз	0
		Ввод ГФ до 0°	63	63,2	63,2	63,1	–	–
		$\Delta\varphi 60° = \frac{63,1 - 60}{6} = 0,51$						
1	40	1-й раз	40	40	40	40	1-й раз	0
		2-й раз	40,1	40,1	40	40	2-й раз	0
		3-й раз	40	40	40,1	40	3-й раз	0
		4-й раз	40	40,1	40,1	40,1	4-й раз	0
		5-й раз	39,9	40	40,1	40	5-й раз	0
		6-й раз	40	40	40	40	6-й раз	0
		7-й раз	39,9	39,9	40	39,9	7-й раз	0
		8-й раз	40	40	40	40	8-й раз	0
		Ввод ГФ до 0°	45,3	45,2	45,4	45,3	–	–
		$\Delta\varphi 40° = \frac{45,3 - 40}{9} = 0,58$						

По результатам поверки фазометр признан годным

Начальник лаборатории _____

Поверитель _____

Пример заполнения протокола поверки фазометра с помощью дополнительного фазовращателя.

Пример 3

Протокол № 95

Определение основной погрешности фазометра типа ФК2-35 на частоте 100 кГц при равных уровнях входных сигналов (входное напряжение 10 В) в 4-х точках фазовой шкалы.

Таблица 5

УФС, действующее на входе поверяемого фазометра, градус	Угол дополнительного фазового сдвига, градус, вводимого ДФ				Алгебраическая сумма элементов строки, градус
	0°	90°	180°	270°	
0	0,06°	0,04	0,14	0,01	0,25
90	90,05°	90,04	90,01	90,04	0,14
180	180,11°	180,01	180,11	180,04	0,27
270	269,97°	270,01	270,03	270,02	0,03

$$\Delta\varphi = \pm \frac{1}{8}(0{,}27 - 0{,}03) = \frac{0{,}24}{8} = 0{,}03°;$$

$$\Delta\varphi = \pm 0{,}03° < 0{,}1°.$$

По результатам поверки фазометр признан годным.

Начальник лаборатории _____

Поверитель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

Систематическая амплитудно-фазовая погрешность аттенюаторов в диапазоне ослаблений 0–80 дБ

Тип аттенюатора	Погрешность на частотах	
	1 МГц	10 МГц
Д1-13	$0{,}01 \cdot A^*$	$0{,}08 \cdot A$
Д1-13А	$0{,}01 \cdot A$	$0{,}06 \cdot A$
Д2-31	$0{,}01 \cdot A$	$0{,}03 \cdot A$
Д2-32	$0{,}01 \cdot A$	$0{,}03 \cdot A$

* A – ослабление в децибелах уровня сигнала на одном из входов.

Примечание. Данные аттенюаторов приведены на основании испытаний на аппаратуре ДК1-16.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ФАЗОМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ

Методика поверки

МИ 1672–87

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *С.Н. Медведева*
Корректор *В.М. Смирнова*

Сдано в наб. 02.03.88 Подп. в печ. 06.06.88 Формат 60Х90$^{1}/_{16}$ Бумага офсетная № 2.
Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. 2 усл. п. л. 2,25 усл. кр.-отт. 1,6 уч.-изд. л.
Тираж 8000 Зак. *1906* Цена 10 коп. Изд. № 9977/4

Ордена „Знак Почета" Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,
Новопресненский пер., 3

Набрано в Издательстве стандартов на НПУ

ская типография Издательства стандартов, ул. Даряус и Гирено, 39

gost.e-ecolog.ru