

**ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПЕРЕДАЧИ Р4-23**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

1. 400. 163

13. ПОВЕРКА ПРИБОРА

13. 1. Введение

13. 1. 1. Настоящий раздел составлен в соответствии с требованиями «Методики поверки панорамных измерителей S-параметров коаксиальных трактов типа Р4- » и устанавливает методы и средства поверки измерителя комплексных коэффициентов передачи Р4-23.

13. 1. 2. Рекомендуемая предприятием-изготовителем периодичность поверки — один раз в год.

13. 2. Операции и средства поверки

13. 2. 1. При проведении поверки должны производиться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 7.

Таблица 7

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Проверяемые отметки	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образцовые	вспомогательные
13. 4. 1	Внешний осмотр				
13. 4. 2	Опробование				
13. 4. 3	Определение метрологических параметров:				
13. 4. 3. 1	Определение диапазона частот (3.1)	Крайние точки на каждом поддиапазоне частот	0,4 мВ 0,996 ГГц 4,16 ГГц	по шкале прибора, встроенный частотомер	Ответственный направленный 2.243. 289-02
13. 4. 3. 2	Определение основной погрешности измерения частоты (3.14)	Крайние и средняя точка в поддиапазоне 1—2 ГГц	0,2%	ЧЗ-38 ЯЗЧ-41 ЯЗЧ-42	
13. 4. 3. 3	Определение неравномерности калибровки по модулю и фазе коэффициента отражения (3.2)	Две полосы частот по 500 МГц в поддиапазоне 1—2 ГГц и 4 полосы по 500 МГц в поддиапазоне 2—4 ГГц	0,6 дБ 5°	По шкале прибора	
13. 4. 3. 4	Определение погрешности измерения КСВ и фазы коэффициента отражения (3.3; 3.4; 3.5)	Две полосы частот по 500 МГц в поддиапазоне 1—2 ГГц и 4 полосы по 500 МГц в поддиапазоне 2—4 ГГц	5 К% ($\frac{12}{K} + 4$)° при КСВ от 1,2 до 2	Нагрузки коаксиальные Э9-155, Э9-156	

Продолжение табл. 7

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образцовые	вспомогательные
13. 4. 3. 5	Определение неравномерности калибровки по модулю и фазе коэффициента передачи (3.8)	Две полосы частот по 500 МГц в поддиапазоне 1—2 ГГц и 4 полосы по 500 МГц в поддиапазоне 2—4 ГГц	$0,5 \Delta B$ 4°	по шкале прибора	
13. 4. 3. 6	Определение погрешности измерения модуля и фазы коэффициента передачи в полосе частот 500 МГц (3.9; 3.10; 3.11)	Две полосы частот в поддиапазоне 1—2 ГГц и 4 полосы в поддиапазоне 2—4 ГГц	$(0,03 A_x + 0,7) \Delta B$ $(0,1 A_x + 0,02 \varphi_x + 5)^\circ$ при A_x от +10 до минус 40 дБ	Аттенюаторы Д2-36, Д2-38, Д2-40	Переходы Э2-111/3 Э2-111/4

Примечания. 1. Вместо указанных в таблице образцовых и вспомогательных средств поверки разрешается применять другие аналогичные измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах и паспортах) о государственной или ведомственной поверке.

3. Операции по п. 13. 4. 3. 1. должны производиться только после ремонта прибора.

13. 2. 2. Основные технические характеристики образцовых и вспомогательных средств поверки, необходимые для их поверки, указаны в таблице 8.

Таблица 8

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики средства измерения		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	пределы измерения	погрешность		
Частотомер электронносчетный с преобразователем частоты	(0,1—1) ГГц (1—5) ГГц	10—7	ЧЗ-38 ЯЗЧ-41 ЯЗЧ-42	Служит для ответвления СВЧ-мощности на частотомер
Ответвитель направленный 2.243.298-02	(1—4) ГГц —	—	—	
Нагрузка коаксиальная	Диапазон частот (1—4) ГГц КСВ 1,35—1,45 КСВ 1,9—2,1	1,5%, 3° 2,5%, 2°	Э9-155 Э9-156	
Аттенюатор коаксиальный (сечение 16/7 мм)	Диапазон частот (1—4) ГГц 10 дБ 20 дБ 40 дБ	0,2 дБ, 2° 0,3 дБ, 2° 0,3 дБ, 3°	Д2-36 Д2-38 Д2-40	Служит для включения аттенюаторов Д2-36, Д2-38, Д2-40 в измерительную схему прибора
Переход коаксиальный (с сечения 16/7 на сечение 7/3 мм)	Диапазон частот (1—4) ГГц	— —	Э2-111/3 Э2-111/4	

13. 2. 3. Аттестованные значение КСВ и фазы коэффициента отражения, модуля и фазы коэффициента передачи нагрузок коаксиальных и аттенуаторов приводятся в виде таблиц для частот от 1 до 4 ГГц через 0,5 ГГц и в виде графиков, построенных по данным этих таблиц, на весь диапазон 1—4 ГГц.

13. 2. 4. Аттестация образцовых мер по КСВ и фазе коэффициента отражения производится Волго-Вятским ЦСМ по адресу: 603600, г. Горький, Д-89, Высоковский проезд, 1; Омским ЦСМ по адресу: 644069, г. Омск, ул. 24-ая Северная, 117А. В случае появления затруднений с аттестацией образцовых мер обращаться на завод-изготовитель приборов.

13. 2. 5. Аттенуаторы коаксиальные аттестуются на установках типа ДК1-12 (ДК1-5).

13. 3. Условия поверки и подготовка к ней

13. 3. 1. При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $293 \pm 5^\circ \text{K}$ ($20 \pm 5^\circ \text{C}$);
- относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;
- атмосферное давление $100 \pm 4 \text{ кПа}$ ($750 \pm 30 \text{ мм рт. ст.}$);
- напряжение источника питания $220 \pm 10 \text{ В}$, частотой $50 \pm 0,5 \text{ Гц}$ и содержанием гармоник 5%;
- вблизи прибора не должно быть источников сильных электрических и магнитных полей;
- помещение должно быть свободным от вибраций и сотрясений.

13. 3. 2. Перед проведением операций необходимо выполнить подготовительные работы, оговоренные в разделе 8 «Подготовка к работе» ТО.

13. 4. Проведение поверки

13. 4. 1. Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра должны быть проведены все операции по п. 7. 1. Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

13. 4. 2. Опробование.

Опробование работы прибора производится по пп. 10. 1. 1—10. 1. 9.

Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

13. 4. 3. Определение метрологических параметров.

13. 4. 3. 1. Диапазон частот прибора определяется измерением уровня опорного сигнала по шкале индикатора прибора на крайних частотах каждого поддиапазона, устанавливаемых по встроенному частотомеру.

Схема соединения прибора приведена на рис. 18.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— установить ручки управления на ГКЧ: ПЕРИОД $S = 0,08$, РОД РАБОТЫ $F_{\text{нач.}} \text{ кон.}$, РЕЖИМ — НГ, АРМ — ВНЕШН., GHz — 1-2, УРОВЕНЬ — в крайнее положение против часовой стрелки (максимальный уровень сигнала по экрану ЭЛТ), на индикаторе: $M-L-M$, МОДУЛЬ dB — ОПОР, ПОЛЯР — ДЕКАРТОВАЯ — ДЕКАРТОВАЯ МОДУЛЬ;

— установить по метке встроенного частотомера на экране ЭЛТ ручками $F_{\text{нач.}}$ и $F_{\text{кон.}}$ на ГКЧ полосу перестройки от 996 до 2004 МГц. В случае необходимости, величину метки можно регулировать ручкой МЕТКА на индикаторе;

— ручкой УРОВЕНЬ установить максимально возможный уровень опорного сигнала, при котором сигнальная линия на экране ЭЛТ ровная и без шумов;

— ручкой ОТСЧЕТ  совместить линию визира с сигнальной последовательно на частотах 996 МГц, 2004 МГц и по шкале mV отсчетного устройства индикатора определить величину опорного напряжения;

— установить переключатель GHz в положение 2—4, ручкой УРОВЕНЬ выровнять линию опорного сигнала и с помощью ручки ОТСЧЕТ  определить величину опорного напряжения на частотах 1996 и 4016 МГц;

— в диапазоне частот допускаются «пораженные» точки в области частот 1500, 1620, 3000, 3240 МГц. «Пораженной» точкой считается выброс на сигнальной линии шириной $\Delta f \leq 10 \text{ МГц}$ и амплитудой, превышающей допуск на неравномерность калибровки или погрешность измерения.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если измеренные значения опорного напряжения не менее 0,4 мВ.

13. 4. 3. 2. Погрешность измерения частоты встроенным частотомером определяется методом сравнения частоты сигнала, снимаемого с вторичного выхода направленного ответвителя 2.243.289-02 и измеренного электронносчетным частотомером ЧЗ-38 с преобразователями частоты ЯЗЧ-41 для частот до 1 ГГц, ЯЗЧ-42 для частот свыше 1 ГГц, с показаниями встроенного частотомера. Схема соединений прибора приведена на рис. 21.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— подключить к вторичному тракту ответвителя направленного 2.243.289-02 кабелем из комплекта ЧЗ-38 преобразо-

ватель частоты ЯЗЧ-41 с электронносчетным частотомером ЧЗ-38, подготовленным к работе в режиме измерения частоты с преобразователем частоты;

— установить ручки управления в следующие положения: на индикаторе: ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ — ДЕКАРТОВАЯ, МОДУЛЬ dB — ОПОР., на ГКЧ: ПЕРИОД S — 0,08, GHz — 1-2, ручками $F_{нач.}$, $F_{кон.}$ выставить полосу качания от 1 до 2 $ГГц$, ручкой УРОВЕНЬ установить сигнальную линию в пределах экрана; по встроенному частотомеру установить частоты 1, 2 $ГГц$ и частоту в середине поддиапазона;

— установить переключатель ПЕРИОД S в положение РУЧН., ручкой РУЧН. настроиться на частоту, установленную на встроенном частотомере по максимальному отклонению сигнальной точки, измерить эти же частоты ЧЗ-38.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если измеренные значения частоты (f_0) отличаются от установленных по шкале встроенного частотомера ($f_ч$) не более чем на 0,2%, то есть, если

$$\delta f\% = \frac{f_0 - f_ч}{f_0} 100 \leq 0,2. \quad (9)$$

Погрешность измерения частоты в поддиапазоне 2—4 $ГГц$ обеспечивается автоматически и не проверяется, так как второй поддиапазон частот формируется из первого умножением частоты на два.

13. 4. 3. 3. Неравномерность уровня калибровки в режиме измерения КСВ и фазы коэффициента отражения определяется измерением максимальной и минимальной неравномерности линии калибровки по шкале отсчетного устройства индикатора в полосе перестройки частоты не более 500 $МГц$.

Схема соединений прибора приведена на рис. 18.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— переориентировать выходной направленный ответвитель 2.243.289 на «проход» и подключить к выходному фланцу согласованную нагрузку 2.240.044 из комплекта прибора;

— проверить масштаб фазы, для чего установить ручки управления в следующие положения: на индикаторе: МОДУЛЬ dB — 0, ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ — ДЕКАРТОВАЯ 270°; на ГКЧ: ПЕРИОД S — 1; GHz — 2-4, ручками $F_{нач.}$, $F_{кон.}$ установить полосу перестройки от 2 до 4 $ГГц$. Установить ручку ВЫРАВНИВАНИЕ ФАЗЫ в крайнее правое положение, на экране ЭЛТ должно наблюдаться скачкообразное изменение (скачок) фазы рис. 20 (при отсутствии скачка фазы на экране добиться его появления ручкой УСТ. ФАЗЫ);

— совмещая ручкой ОТСЧЕТ  контрольный уровень на экране ЭЛТ с вершинами скачка, установить его величину

равной 360° регулировкой резистора МАСШТАБ ФАЗЫ, введенной под шлиц на заднюю панель индикатора;

— установить переключатель ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ МОДУЛЬ, переключатель ПЕРИОД $S = 0,08$, переключателем GHz и ручками $F_{нач.}$, $F_{кон.}$ последовательно установить по метке частотомера полосу перестройки $1,5-2$; $2-2,5$; $2,5-3$; $3-3,5$; $3,5-4$ ГГц —

ручкой ОТСЧЕТ  установить контрольный уровень на экране ЭЛТ в положение 0 дБ по шкале отсчетного устройства, ручкой КАЛИБР. ориентировочно совместить линию калибровки с контрольным уровнем.

Ручкой УРОВЕНЬ максимально выровнять линию калибровки в установленной полосе частот;

— ручкой КАЛИБР. совместить максимальную точку на линии калибровки с контрольным уровнем;

— измерить с помощью контрольного уровня по шкале дБ максимальное отклонение линии калибровки (ΔC) от уровня 0 дБ.

Неравномерность калибровки определяется как $\pm \frac{\Delta C}{2} (дБ)$;

— установить переключатель ПОЛЯР. ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ $\pm 270^\circ$, ручкой ОТСЧЕТ  — контрольный уровень на экране ЭЛТ в положение, соответствующее 0° по шкале отсчетного устройства;

— ручками ВЫРАВНИВАНИЕ ФАЗЫ и УСТ. ФАЗЫ добиться минимального отклонения линии калибровки от контрольного уровня в установленной полосе перестройки частот. Для более точного определения величины отклонения установить переключатель ПОЛЯР. ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ $\pm 27^\circ$. Ручкой УСТ. ФАЗЫ совместить максимальную точку на линии калибровки с контрольным уровнем;

— перемещая ручкой ОТСЧЕТ  контрольный уровень, измерить максимальное отклонение линии калибровки ($\Delta \varphi$) от уровня 0° по шкале отсчетного устройства. Неравномерность калибровки по фазе определяется как $\pm \frac{\Delta \varphi^\circ}{2}$;

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если измеренные значения неравномерности уровня калибровки не более по модулю $\pm 0,6$ дБ, по фазе $\pm 5^\circ$ в полосе перестройки частоты до 500 МГц, то есть, если $-\frac{\Delta C}{2} \leq 0,6$ дБ и $\frac{\Delta \varphi^\circ}{2} \leq 5^\circ$.

13. 4. 3. 4. Основная погрешность измерения КСВ и фазы коэффициента отражения определяется методом сравнения значений КСВ и фазы коаксиальных нагрузок Э9-155 КСВ=1,3—1,5, Э9-156 КСВ=1,9—2,1, подключенных к выходу ответвителя 2.243.289 и измеренных прибором, в полосе перестройки частоты 500 МГц с аттестованными значениями КСВ и фазы этих нагрузок.

Схема соединений приведена на рис. 18.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— произвести калибровку прибора, для чего:
подключить к выходу ответвителя 2.243.289 муфту короткозамкнутую 3.640.133 из комплекта прибора;

— установить ручки управления в следующие положения: на индикаторе: МОДУЛЬ dB — 0, ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ — ДЕКАРТОВАЯ МОДУЛЬ, ручкой ОТСЧЕТ  установить контрольный уровень на 0 дБ по шкале отсчетного устройства; на ГКЧ, ручками $F_{нач.}$, $F_{кон.}$ и переключателем GHz последовательно, после каждого измерения, установить по метке частотомеры полосы перестройки частоты 1—1,5; 1,5—2; 2—2,5; 2,5—3; 3—3,5; 3,5—4 ГГц. Ручкой УРОВЕНЬ максимально выровнять сигнальную кривую на экране ЭЛТ, ручкой КАЛИБР. установить сигнальную кривую на 0 по среднему отклонению неравномерности от контрольного уровня;

— установить переключатель ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ $\pm 270^\circ$, ручкой ОТСЧЕТ  установить контрольный уровень на $+180^\circ$ по шкале отсчетного устройства, ручками ВЫРАВНИВАНИЕ ФАЗЫ, УСТ. ФАЗЫ выровнять сигнальную кривую и установить ее в среднее положение относительно контрольного уровня;

— отключить от ответвителя муфту короткозамкнутую и подключить поочередно нагрузки Э9-155 КСВ=1,4, Э9-156 КСВ=2. Измерить максимальное и минимальное значения КСВ и фазы в установленной полосе частот, на частотах, где значение КСВ достигает максимального и минимального значений.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если измеренные значения КСВ ($K_{изм.}$) и фазы ($\varphi_{изм.}$) нагрузок отличаются от их аттестованных значений ($K_{ат}$), ($\varphi_{ат}$) на частотах измерения не более, чем:

для КСВ=1,4 на $\pm 0,1$ ($\pm 7\%$), фазы на $\pm 12,6^\circ$ и

для КСВ=2 на $\pm 0,2$ ($\pm 10\%$), фазы на $\pm 10^\circ$ то есть, если

$$\left. \begin{aligned} \delta K\% &= \pm \left[\frac{K_{изм.} - K_{ат}}{K_{ат}} \right] 100 \leq 7 \\ \delta \varphi^\circ &= \pm \left[\varphi_{изм.} - \varphi_{ат} \right] \leq 12,6 \end{aligned} \right\} \text{ для КСВ}=1,4, \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta K\% &= \pm \left[\frac{K_{изм.} - K_{ат}}{K_{ат}} \right] 100 \leq 10 \\ \delta \varphi^\circ &= \pm \left[\varphi_{изм.} - \varphi_{ат} \right] \leq 10 \end{aligned} \right\} \text{ для КСВ}=2. \quad (11)$$

13. 4. 3. 5. Неравномерность уровня калибровки в режиме измерения модуля и фазы коэффициента передачи определяется измерением максимальной и минимальной неравномерности линии калибровки по шкале индикатора в полосе перестройки частоты не более 500 МГц.

Схема соединений прибора приведена на рис. 19.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— проверить масштаб фазы по описанной в п. 13. 4. 3. 3 методике;

— установить переключатель ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ МОДУЛЬ, ПЕРИОД S — 0,08, МОДУЛЬ dB — 0 ручками $F_{нач.}$, $F_{кон.}$ и переключателем GHz последовательно установить по метке частотомера полосу перестройки частоты 1—1,5; 1,5—2; 2—2,5; 2,5—3; 3—3,5;

3,5—4 ГГц ручкой ОТСЧЕТ  установить контрольный уровень на экране ЭЛТ на 0 по шкале dB отсчетного устройства, ручкой КАЛИБР ориентировочно совместить линию калибровки с контрольным уровнем. Ручкой УРОВЕНЬ максимально выровнять линию калибровки в установленной полосе частот;

— ручкой КАЛИБР. совместить максимальную точку на линии калибровки с контрольным уровнем, измерить с помощью контрольного уровня максимальное отклонение линии калибровки ΔC от уровня 0 dB по шкале dB отсчетного устройства.

Неравномерность калибровки определяется как $\frac{\Delta C}{2} \text{ дБ}$;

— установить переключатель ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ $\pm 270^\circ$, ручкой ОТСЧЕТ  — контрольный уровень на 0° по шкале отсчетного устройства;

— ручками ВЫРАВНИВАНИЕ ФАЗЫ, УСТ. ФАЗЫ добиться минимального отклонения линии калибровки от контрольного уровня в установленной полосе перестройки частоты.

Для более точного определения величины отклонения установить переключатель ПОЛЯР-ДЕКАРТОВАЯ в положение ДЕКАРТОВАЯ $\pm 27^\circ$. Ручкой УСТ. ФАЗЫ совместить максимальную точку линии калибровки с контрольным уровнем;

— измерить с помощью контрольного уровня максимальное отклонение линии калибровки ($\Delta \varphi$) от уровня 0° по шкале отсчетного устройства. Неравномерность калибровки по фазе определяется как $\pm \frac{\Delta \varphi}{2}$.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если измеренные значения неравномерности уровня калибровки не более: по модулю $\pm 0,5 \text{ дБ}$, по фазе $\pm 4^\circ$ в полосе перестройки частоты до 500 МГц , то есть, если $\frac{\Delta C}{2} \leq 0,5 \text{ дБ}$ и $\frac{\Delta \varphi^\circ}{2} \leq 4^\circ$.

13. 4. 3. 6. Основная погрешность измерения модуля и фазы коэффициента передачи определяется методом сравнения значений модуля и фазы коаксиальных аттенюаторов Д2-36 (10 дБ), Д2-38 (20 дБ), Д2-40 (40 дБ), включенных поочередно, с помощью переходов Э2-111/3, Э2-111/4, в измерительный канал и измеренных прибором в полосе перестройки частоты до 500 МГц , с аттестованными значениями модуля и фазы этих аттенюаторов на частоте измерения.

Схема соединений прибора приведена на рис. 19.

Измерения проводятся в следующем порядке:

— включить в измерительный канал между аттенюатором и тройником переходы Э2-111/3, Э2-111/4, соединенные между собой;

— произвести калибровку прибора по методике, описанной в п. 13. 4. 3. 4а, за исключением операций с ответвителями и муфтой короткозамкнутой;

— подключить между переходами поочередно аттенюаторы Д2-36, Д2-38, Д2-40 и измерить максимальное и минималь-

ное значения ослабления в установленной полосе перестройки частоты, а также фазы на частотах, где значение ослабления достигает максимального и минимального значений.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если измеренные значения модуля ($A_{изм}$) и фазы ($\varphi_{изм}$) коэффициента передачи аттенюаторов отличаются от их аттестованных значений ($A_{ат}$), ($\varphi_{ат}$) не более, чем для $A=10$ дБ на ± 1 дБ, фазы на $\pm (0,02|\varphi_{изм}|+6)^\circ$ для $A=20$ дБ на $\pm 1,3$ дБ, фазы на $\pm (0,02|\varphi_{изм}|+7)^\circ$, для $A=40$ дБ на $\pm 1,9$ дБ, фазы на $\pm (0,02|\varphi_{изм}|+9)^\circ$, то есть, если:

$$\delta A \text{ дБ} = A_{ат} - A_{изм} \leq \pm (0,03|A_{изм}| + 0,7) \text{ дБ}; \quad (12)$$

$$\delta \varphi^\circ = \varphi_{ат} - \varphi_{изм} \leq \pm (0,1|A_{изм}| + 0,02|\varphi_{изм}| + 5)^\circ. \quad (13)$$

13. 5. Оформление результатов поверки

13. 5. 1. Результаты поверки заносятся в соответствующий раздел формуляра и заверяются подписью поверителя и оттиском поверительного клейма.

13. 5. 2. В случае, если прибор поверяется после ремонта, необходимо его запломбировать.

13. 5. 3. Запрещается выпуск в обращение и применение прибора, прошедшего поверку с отрицательными результатами. При этом, в обязательном порядке, осуществляется погашение клейма, а в формуляре указывается о непригодности поверенного прибора.