

НАГРУЗКИ КОАКСИАЛЬНЫЕ Э913А, Э9-14А, Э9-15

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

0. 224. 033

3. ПОВЕРКА НАГРУЗОК

Поверка нагрузок проводится один раз в шесть месяцев после гарантийного срока или после ремонта.

3.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 4.

3.2. Условия поверки

При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура 293 ± 5 К ($20 \pm 5^\circ\text{C}$);

относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;

атмосферное давление 100 ± 4 кН/м² (750 ± 30 мм рт. ст.).

3.3. Проведение операций поверки

3.3.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

отсутствие механических повреждений разъемов;

чистота разъемов;

плавность перемещения поглотителя у нагрузок Э9-15.

В случае обнаружения дефектов нагрузка подлежит забракованию и направлению в ремонт.

Таблица 4

Номер пункта настоящего паспорта	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допускаемые значения погрешности и предельные значения параметров	Средства поверки
3.3.1	Внешний осмотр			
3.3.2	<p>Определение метрологических параметров: рабочего диапазона частот, КСВ нагрузок и погрешности аттестации нагрузок:</p> <p>Э9-13А/1</p>	<p>На постоянном токе</p> <p>1 ГГц</p> <p>2 ГГц</p> <p>3 ГГц</p>	<p>$\pm 2,5\%$ не более 1,05</p> <p>$\pm 2,5\%$ не более 1,05</p> <p>$\pm 2,5\%$ не более 1,05</p> <p>$\pm 3\%$ не более 1,05</p>	<p>МО-62</p> <p>Г4-94; Д1-9, ответственный направленный 2.Э106.003</p> <p>Г4-95, Р1-22</p> <p>Э6-34, В8-6, М-244</p>

Номер пункта настоящего паспорта	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допускаемые значения погрешности и предельные значения параметров	Средства поверки
	Э9-13А/2	2 ГГц 3; 5 ГГц	±2,5% не более 1,05 ±3% не более 1,05	Г4-95, Г4-96, Р1-22, Э6-34, Э6-36, В8-6, М-244
	Э9-13А/3	На постоянном токе 1 ГГц	±2,5% 1,4±0,1 ±2,5% 1,4±0,1	МО-62 Г4-94, Д1-9, ответ- тель направленный 2.Э106.003
	Э9-13А/4	2 ГГц 3; 4 ГГц 3; 5 ГГц	±2,5% 1,4±0,1 ±3% 1,4±0,1 ±3% 1,4±0,1	Г4-95, Г4-96, Р1-22, Э6-34, Д5-17, Д5-18, В8-6, М-244, головка детектор- ная с дросселем 3.219.007 Сл, Д4-4, Д4-6
	Э9-13А/5	На постоянном токе	±2,5% 2,0±0,1	МО-62 Г4-96, Р1-22, Э6-34, Э6-36, Д5-18, В8-6, М-244, головка детекторная с дросселем 3.219.007 Сл, Д4-6

Э9-13А/5	1 ГГц	$\pm 2,5\%$ $2,0 \pm 0,1$	Г4-94, Д1-9, ответ- тель направленный 2.Э106.003
	2 ГГц	$\pm 2,5\%$ $2,0 \pm 0,1$	
	3; 4 ГГц	$\pm 3\%$ $2,0 \pm 0,1$	
Э9-13А/6	3; 4,5 ГГц	$\pm 3\%$ $2,0 \pm 0,1$	Г4-95, Г4-96, Р1-22, Э6-34, Д5-18, Д5-17, Д4-4, Д4-6, В8-6, М-244, головка детекторная с дросселем 3.219.007 Сп
	4; 5 ГГц	$\pm 3\%$ $2,0 \pm 0,1$	
Э9-13А/7	На постоянном токе	$\pm 2,5\%$ не более 1,05	Г4-96, Р1-22, Э6-34, Э6-36, Д5-18, В8-6, М-244, головка детекторная с дросселем 3.219.007 Сп, Э2-115/3, Д4-6
	1 ГГц	$\pm 2,5\%$ не более 1,05	
	2 ГГц	$\pm 2,5\%$ не более 1,05	
Э9-14А/1	2,5 ГГц	$\pm 3\%$ не более 1,05	Г4-94, Д1-9, ответви- тель направленный 2.Э106.004
			МО-62
			Г4-95, Р1-25, Э6-32, В8-6, М-244, Г4-95, Р1-25, В8-6, М-244

Номера пункта настоящего паспорта	Наименование опера- ций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допускаемые значения погрешности и предель- ные значения параметров	Средства поверки
	Э9-14А/2	2 ГГц 3 ГГц	±2,5% не более 1,05 ±3% не более 1,05	Г4-95, Р1-25, Э6-32, В8-6, М-244, Г4-95, Р1-25, В8-6, М-244
	Э9-14А/3	На постоянном токе 1 ГГц 2 ГГц 3 ГГц	±2,5% 1,4±0,1 ±2,5% 1,4±0,1 ±2,5% 1,4±0,1 ±3% 1,4±0,1	МО-62 Г4-94, Д1-9, ответви- тель направленный 2.Э106.004 Г4-95, Р1-25, Э6-32, В8-6, М-244, Д5-17, Головка детекторная с дресселем 2.219.001 Сп, Д4-4
	Э9-14А/4	На постоянном токе 1 ГГц	±2,5% 2,0±0,1 ±2,5% 2,0±0,1	МО-62 Г4-94, Д1-9, ответви- тель направленный 2.Э106.004

Э9-14А/4	2 ГГц	$\pm 2,5\%$ $2,0 \pm 0,1$	Г4-95, Р1-25, Э6-32, В8-6, М-244, Д5-17, Д5-18, головка детек- торная с дросселем 3.219.001 Сп, Д4-4
	3 ГГц	$\pm 3\%$ $2,0 \pm 0,1$	
Э9-15/1	2 ГГц	$\pm 2,5\%$ не более 1,05	Г4-95, Р1-25, Э6-32, В8-6, М-244
	3 ГГц	$\pm 3\%$ не более 1,05	
Э9-15/2	2 ГГц	$\pm 2,5\%$ не более 1,05	Г4-95, Г4-96, Р1-22, Э6-34, Э6-36, В8-6, М-244
	3,5; 5,0 ГГц	$\pm 3\%$ не более 1,05	
Э9-15/3	3; 5; 7; 10 ГГц	$\pm 3\%$ не более 1,05	Г4-96, Г4-97, Г4-125, Р1-18, Э2-115/3, Э2-115/4, В8-6, М-244, Э6-34, Э6-36, вентиль коаксиальный 7-10 ГГц 2.068.016 Ту

П р и м е ч а н и я:

1. Вместо указанных в таблице средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.
2. Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о государственной или ведомственной поверке.
3. Ответвитель направленный 2.Э106.003 Сп выполнен с направленностью 43 дБ на частоте 1 ГГц, сечение коаксиала 16/6,95 мм. Ответвитель направленный 2.Э106.004 выполнен с направленностью 43 дБ на частоте 1 ГГц, сечение коаксиала 16/4,6 мм.
4. Головка детекторная с дросселем 3.219.001 Сп выполнена на диапазон частот 2—3 ГГц, сечение коаксиала 16/4,6 мм. Головка детекторная с дросселем выполнена на диапазоне частот 2—5 ГГц, сечение коаксиала 16/6,95 мм (3.219.007 Сп).
5. Чертежи на направленный ответвитель и детекторную головку поставляются по требованию потребителя.

3.3.2. Определение метрологических параметров

Проверка диапазона частот, КСВ и погрешности аттестации нагрузок производится:

Э9-13А/1—на постоянном токе; на частоте 1 ГГц по схеме рис. 4; на частотах 2; 3 ГГц по схеме рис. 5;

Э9-13А/2—на частотах 2; 3; 5 ГГц по схеме рис. 5;

Э9-13А/3, Э9-13А/5—на постоянном токе; на частотах 2; 3; 4 ГГц; по схеме рис. 6; на частоте 1 ГГц по схеме рис. 4;

Э9-13А/4—на частотах 3; 5 ГГц по схеме рис. 6;

Э9-13А/6—на частотах 3,0; 4,5 ГГц по схеме рис. 6;

Э9-13А/7—на частотах 4; 5 ГГц по схеме рис. 6;

Э9-14А/1—на постоянном токе; на частоте 1 ГГц по схеме рис. 4; на частотах 2,0; 2,5 ГГц по схеме рис. 5.

Э9-14А/2—на частотах 2; 3 ГГц по схеме рис. 5;

Э9-14А/3, Э9-14А/4—на постоянном токе; на частоте 1 ГГц по схеме рис. 4; на частотах 2; 3 ГГц по схеме рис. 6;

Э9-15/1—на частотах 2,0; 3,0 ГГц по схеме рис. 5;

Э9-15/2—на частотах 2,0; 3,5; 5,0 ГГц по схеме рис. 5;

Э9-15/3—на частотах 3,0; 5,0; 7,0; 10,0 ГГц по схеме рис. 5.

Примечание. Значения КСВ, измеренные на разных рабочих местах, имеющих каждое погрешность 2,5%, могут отличаться друг от друга на 3,5%, а на рабочих местах, имеющих каждое погрешность 3%, могут отличаться друг от друга на 4,25%.

Проверка КСВ нагрузок на постоянном токе производится путем измерения сопротивления нагрузок на мосте МО-62.

КСВ нагрузок определяется по формулам:

$$\text{КСВ} = \frac{R}{W}, \quad \text{если } R \text{ больше } W, \quad (3)$$

$$\text{КСВ} = \frac{W}{R}, \quad \text{если } R \text{ меньше } W, \quad (4)$$

где R — сопротивление нагрузок на постоянном токе,

W — волновое сопротивление.

Измерение КСВ по схеме рис. 4 производится с помощью направленного ответвителя методом «переориентации»: измеряется уровень падающей волны ($A_{\text{пад}}$) в дБ, затем уровень отраженной волны ($A_{\text{отр}}$) в дБ, при этом в том и другом случае первичный тракт одного и того же ответвителя нагружается измеряемой нагрузкой. В качестве индикатора используется установка для калибровки аттенуаторов Д1-9.

Значение КСВ рассчитывается по формуле

$$\text{КСВ} = \frac{1 + \Gamma_n}{1 - \Gamma_n}, \quad (5)$$

где
$$\frac{1}{\Gamma_n} = \text{anti lg} \frac{N}{20} \quad (6)$$

$$N = (A_{\text{отр}} - A_{\text{пад}}), \text{ дБ.} \quad (7)$$

За конечный результат принимается среднее арифметическое трех-четырёх измерений.

Графики зависимости КСВ нагрузок от ослабления N приведены в приложениях 1, 2, 3.

Погрешность аттестации рассчитывается по формуле

$$\delta K = \sqrt{(\delta K_n)^2 + (\delta K_r)^2 + (\delta K_{\text{н}})^2 + (\delta K_c)^2}, \quad (8)$$

где δK_n — погрешность за счет ненаправленности ответвителя

$$\delta K_n = \frac{2(N_{\text{эфф}} + 0,025 \Gamma_n^2)}{1 - \Gamma_n^2}, \quad (9)$$

где $N_{\text{эфф}}$ — измеренный коэффициент направленности ответвителя

$$N_{\text{эфф}} = \frac{1}{N} \quad (10)$$

$$\text{при } N = 43 \text{ дБ} \quad N_{\text{эфф}} = 0,71 \cdot 10^{-2};$$

Γ_n — модуль коэффициента отражения измеряемой нагрузки,

при $\Gamma_n = 0,33 \quad \delta K_n = 2,2\% ;$

δK_r — погрешность за счет рассогласования тракта со стороны входа первичной линии ответвителя, обусловленная несимметричностью входа и выхода „первичной“ линии ответвителя относительно элементов связи

$$\delta K_r = 4 \cdot \Gamma_r \cdot \Gamma_g \cdot \text{Sin}(\beta \cdot \Delta l), \quad (11)$$

где Γ_r — модуль коэффициента отражения генератора со стороны входа первичной линии ответвителя:

$$\Gamma_r \leq 0,13$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ — постоянная распространения} \quad (12)$$

Δl — разность расстояния от опорной шайбы нормализованных соединений типа „гнездо“ до элементов связи со стороны входа и выхода первичной линии ответвителя;

Δl не превышает 0,6 мм.

Γ_9 — модуль собственного коэффициента отражения ответвителя

$$\Gamma_9 = 0,05; \quad \text{для } \Gamma_n = 0,33 \quad \delta K_r = 0,04\% ;$$

δK_n — погрешность индикации,

$$\delta K_n = 0,23 \cdot \Delta N \cdot \Gamma_n, \quad (13)$$

где ΔN — погрешность измерения разности уровней падающей и отраженной мощности в дБ.

$$\Delta N = 0,1 \text{ дБ}, \quad \text{для } \Gamma_n = 0,33 \quad \delta K_n = 0,76\% .$$

δK_c — случайная погрешность

$$\delta K_c = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(K_j - K)^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (14)$$

где K — среднее значение КСВ из n измерений,

K_j — значение КСВ при j -ом измерении,

δK_c не превышает 0,3% при проведении трех-четырёх измерений КСВ.

Общая погрешность измерения δK не превышает 2,33%.

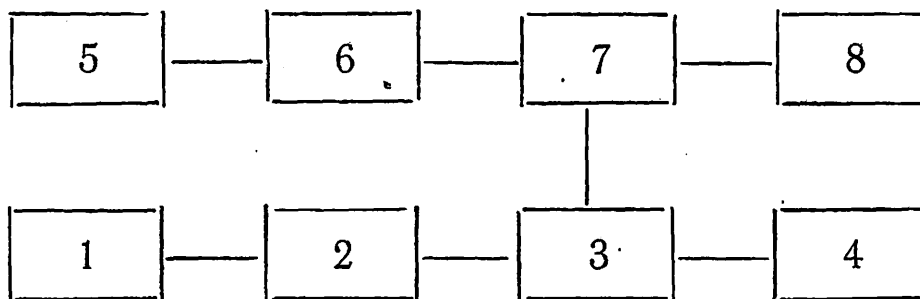


Рис. 4. Схема измерения КСВ нагрузок с помощью ответвителя на установке Д1-9

1, 5 — генераторы сигналов;

2, 6 — аттенюаторы, развязывающие с ослаблением 20 дБ и КСВ 1,3 из комплекта установки для калибровки аттенюаторов;

3 — ответвитель направленный;

4 — нагрузка измеряемая;

7 — смеситель из комплекта установки для калибровки аттенюаторов;

8 — установка для калибровки аттенюаторов.

Измерение КСВ нагрузок Э9-13А/1, Э9-13А/2, Э9-14А/1, Э9-14А/2 по схеме рис. 5 проводится с помощью измерительной линии, в качестве индикатора используется измеритель отношения напряжений В8-6 с М-244. Линия подключается к генератору через ферритовый вентиль, к выходу линии подключается измеряемая нагрузка. При перемещении зонда линии отмечаются наибольшее и наименьшее показания индикаторного прибора. КСВ определяется по формуле

$$КСВ = \sqrt{\frac{\alpha_{\text{макс}}}{\alpha_{\text{мин}}}} \quad (15)$$

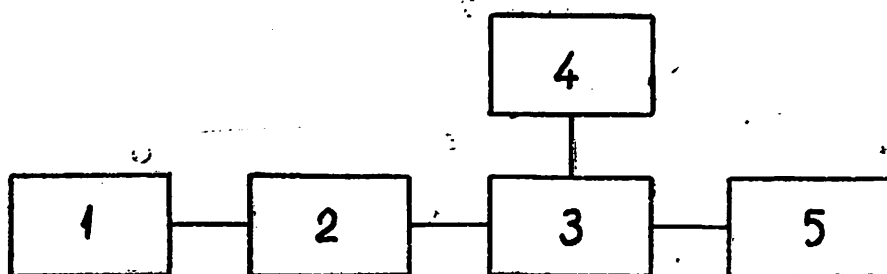


Рис. 5. Схема измерения КСВ нагрузок на измерительной линии с использованием измерителя отношения напряжений

- 1 — генератор сигналов,
- 2 — вентиль развязывающий,
- 3 — линия измерительная,
- 4 — измеритель отношения напряжений (с М-244),
- 5 — нагрузка измеряемая.

За конечный результат принимается среднее арифметическое значение трех-четырех измерений.

Погрешность аттестации рассчитывается по формуле

$$\delta K = 1,7 \sigma_{\Sigma K}, \quad (16)$$

где
$$\sigma_{\Sigma K} = \sqrt{\sigma_{1K}^2 + \sigma_{2K}^2 + \sigma_{3K}^2 + \sigma_{4K}^2}, \quad (17)$$

где σ_{1K} — погрешность за счет собственного КСВ линии

$$\sigma_{1K} = 0,7 \cdot (K_0 - 1) \cdot 100 \quad (18)$$

K_0 — собственный КСВ линии $K_0 = 1,02$

$$\sigma_{1K} = 1,4\%;$$

σ_{2K} — погрешность за счет непостоянства связи зонда с полем линии,

$$\sigma_{2K} = 0,4 \cdot \delta U, \quad (19)$$

где δU — непостоянство связи зонда с полем линии

$$\sigma_{2к} = 0,45\% \quad \delta U = 1,2\% ;$$

$\delta_{3к}$ — погрешность за счет индикаторного прибора

$$\sigma_{3к} = \frac{1}{5} \cdot \eta \cdot \sqrt{1 + K^2}, \quad (20)$$

где η — класс точности стрелочного прибора

K — КСВ измеряемой нагрузки

для $КСВ = 1,05$ $\sigma_{3к} = 0,3\%$ (при $\eta = 1\%$);

$\sigma_{4к}$ — случайная погрешность

$$\sigma_{4к} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (K_j - K)^2}{n(n-1)}}, \quad (21)$$

где K — среднее значение КСВ из n измерений;

K_j — значение КСВ при j -м измерении;

$\sigma_{4к}$ — не превышает $0,3\%$ при проведении трех-четырех измерений КСВ;

для $КСВ = 1,05$ δK не превышает $2,6\%$.

Измерение КСВ нагрузок Э9-15 по схеме рис. 5 производится при неподвижном зонде измерительной линии, индикатором для которой является измеритель отношения напряжения В8-6 с М-244. Линия подключается к генератору через ферритовый вентиль, к выходу линии подключается измеряемая нагрузка, КСВ определяется методом «подвижной нагрузки». При перемещении поглотителя нагрузки отмечаются наибольшее и наименьшее показания индикатора.

КСВ поглотителя нагрузки определяется по формуле

$$КСВ = \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}}}. \quad (22)$$

За конечный результат принимается среднее арифметическое значение трех-четырех измерений.

Полученное значение КСВ поглотителя записывается в паспорт как КСВ нагрузки.

Погрешность аттестации рассчитывается по формуле

$$\delta K = 1,7 \cdot \sigma_{\Sigma}, \quad (23)$$

где
$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{1к}^2 + \sigma_{2к}^2 + \sigma_{3к}^2 + \sigma_{4к}^2}, \quad (24)$$

где $\sigma_{1к}$ — погрешность рассогласования.

$$\sigma_{1к} = \frac{2 \cdot \Gamma_a \cdot \Gamma_n}{\sqrt{2}} \cdot 100, \quad (25)$$

Γ_a — модуль коэффициента отражения тракта со стороны входа нагрузки $\Gamma_a \leq 0,13$,

Γ_n — модуль коэффициента отражения подвижного элемента, для $\Gamma_n = 0,025$ $\sigma_{1к}$ не превышает 0,46%,

$\sigma_{2к}$ — погрешность за счет собственного КСВ тракта

$$\sigma_{2к} = \frac{60}{W} \left(\frac{\Delta D}{D} - \frac{\Delta d}{d} \right) \quad (26)$$

$$\Delta D = D_{изм} - D_0; \quad \Delta d = d_{изм} - d_0,$$

где D_0, d_0 — номинальные значения диаметра внешнего и внутреннего проводников коаксиальной линии;

$D_{изм}, d_{изм}$ — измеренные значения диаметров проводников коаксиальной линии;

W — номинальное волновое сопротивление однородного тракта нагрузки;

$\sigma_{2к}$ — не превышает 0,76% при соответствии ΔD и Δd требованиям ГОСТ 13317-73;

$\sigma_{3к}$ — погрешность индикации.

$$\sigma_{3к} = \frac{1}{5} \cdot \eta \cdot \sqrt{1 + K^4} \quad (27)$$

при $K = 1,05$ и $\eta = 1$ $\sigma_{3к}$ не превышает 0,3%,

$\sigma_{4к}$ — в соответствии с формулой (19).

Общая погрешность не превышает 1,3%.

Измерение КСВ по схеме рис. 6 производится с помощью измерительной линии, отсчетным устройством является предельный аттенюатор (4).

Перед началом измерений зонд линии устанавливается в минимум поля в линии по индикатору (9), показание записывается, а показание предельного аттенюатора (α_1) устанавливается на линейном участке шкалы. Показание индикатора (6)

устанавливается в любой удобной для отсчета точке шкалы с помощью переменного аттенюатора (2). Зонд линии перемещается до положения максимума по индикатору (9).

Переменным аттенюатором (2) индикатор (9) устанавливается в положение минимума, отмеченное перед началом измерений. Затем предельным аттенюатором устанавливается первоначальное показание индикатора (6). По механическому индикатору предельного аттенюатора определяется показание α_2 .

КСВ определяется по формуле

$$\Delta A \text{ (дБ)} = (\alpha_1 - \alpha_2) = 20 \lg K, \quad (28)$$

$$\lg K = \frac{1}{20} (\alpha_1 - \alpha_2). \quad (29)$$

Для исключения случайной ошибки определение ΔA производится не менее четырех раз.

Погрешность аттестации определяется по формуле

$$\delta K = 1,7 \cdot \sigma_{\Sigma K}, \quad (30)$$

где
$$\sigma_{\Sigma K} = \sqrt{\sigma_{1K}^2 + \sigma_{2K}^2 + \sigma_{3K}^2 + \sigma_{4K}^2}, \quad (31)$$

где σ_{1K} , σ_{2K} — в соответствии с формулами (16), (17);
 σ_{3K} — погрешность за счет индикаторного прибора

$$\sigma_{3K} = 0,115 \cdot \Delta N, \quad (32)$$

где ΔN — погрешность измерения ослабления индикатора в дБ,

$$\Delta N = 0,1 \text{ дБ};$$

σ_{4K} — в соответствии с формулой (19)

Для $\Gamma_n = 0,33$ δK не превышает 2,73%.

3.4. Оформление результатов поверки

3.4.1. Поверяемая нагрузка считается годной к применению, если выполняется условие:

$$\frac{(K_{\text{атт}} - K_{\text{пов}})}{K_{\text{атт}}} \cdot 100 < \sqrt{\delta_{\text{атт}}^2 + \delta_{\text{пов}}^2}, \quad (33)$$

где $K_{\text{атт}}$ — значение КСВ нагрузки, записанное в паспорте,
 $K_{\text{пов}}$ — значение КСВ нагрузки, полученное при поверке,
 $\delta_{\text{атт}}$ — погрешность первичной аттестации нагрузки,
 $\delta_{\text{пов}}$ — погрешность определения КСВ при поверке.