

1223

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



А. Ю. Кузин

«16» 01 2006 г.

ИНСТРУКЦИЯ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ E9300B
ФИРМЫ «AGILENT TECHNOLOGIES», США
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи,
2006 г.

1 Общие сведения

1.1 Данная методика распространяется на единичные экземпляры преобразователей измерительных E9300B (далее преобразователи), зав. №№ МУ41495526, МУ41495523 фирмы «Agilent Technologies Inc.», США, и устанавливает порядок проведения первичной и периодических поверок.

1.2 Межповерочный интервал - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 Перед проведением поверки преобразователь должен быть выдержан при комнатной температуре не менее 2 часов.

2.2 При поверке выполняют операции, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Операции поверки	Номер пункта методики	Обязательность поверки параметров	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	8.3	да	да
3.1 Проверка присоединительных размеров коаксиального соединителя	8.3.1	да	да
3.2 Измерение КСВН входа преобразователей	8.3.2	да	да
3.3 Определение абсолютной погрешности установки нуля, нестабильности показаний во времени в установившемся режиме и уровня собственных шумов.	8.3.3	да	да
3.4 Определение относительной погрешности измерений мощности	8.3.4	да	да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в табл. 2.

3.2 Все средства измерений применяемые при поверке должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма на приборе или технической документации.

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.3.1	Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7
8.3.2	Измеритель комплексных коэффициентов передачи P2-73 и P2-83 диапазон частот 10МГц÷18 ГГц, диапазон измерения КСВН 1,05÷2, погрешность измерения КСВН не более $\pm 3 K_{ст}$ %
8.3.3, 8.3.4	Синтезатор частот Г7-14, диапазон частот от 0,02 до 18 ГГц, выходная мощность до 20 мВт.
8.3.4	Преобразователь падающей мощности ВПО - 1, диапазон частот от 0,15 до 1 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-2} Вт, погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$.

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.3.4	Преобразователь падающей мощности ВПО - 2, диапазон частот от 1 до 3 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-2} Вт, погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$.
8.3.4	Преобразователь падающей мощности ВПО - 3, диапазон частот от 3 до 5,5 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-2} Вт, погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$.
8.3.4	Преобразователь падающей мощности ВПО - 4, диапазон частот от 5,5 до 10 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-2} Вт, погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$.
8.3.4	Ваттметр образцовый проходной падающей мощности М1 - 8Б, диапазон частот от 8,24 до 12 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-1} Вт, погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$ в диапазоне измерений от 1 до 30 мВт, $\pm 2,5\%$ - в диапазоне измерений от 0,1 до 1 мВт и от 30 до 100 мВт.
8.3.4	Ваттметр образцовый проходной падающей мощности М1 - 9Б, диапазон частот от 12 до 18 ГГц, диапазон измерений от 10^{-4} до 10^{-1} , погрешность измерений не более $\pm 1,5\%$ в диапазоне измерений от 1 до 30 мВт, $\pm 2,5\%$ - в диапазоне измерений от 0,1 до 1 мВт и от 30 до 100 мВт.
8.3.4	Анализатор цепей скалярный Agilent 8757D. Диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц. Диапазон измерения коэффициента передачи от 16 до -50 дБм. Погрешность в зависимости от диапазона частот от $\pm 0,4$ до $\pm 2,1$ дБ.
8.3.4	Преобразователь детекторный измерительный HP85025A. Диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц.
8.3.4	Термисторный мост (измерительный блок) из к-та МЗ-22А
8.3.4	Вольтметр универсальный цифровой В7-39, диапазон измерений активного сопротивления от 0.1 МОм до 100 МОм, погрешность измерения $\pm(0,006/0,001)\%$.
8.3.3, 8.3.4	Бесшайбовый переход с сечения типа III (В) на сечение типа N (В).

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в табл. 2.

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки преобразователя измерительного допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации и документацией по поверке и имеющий право на поверку.

5 Требования безопасности

5.1 К работе с преобразователем измерительным допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ Р 51350-99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.2 Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры.

6 Условия поверки

6.1 Поверку проводить при следующих условиях.

Температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5.
Относительная влажность воздуха, %	65 ± 15.
Атмосферное давление, кПа	100 ± 4 (750 ± 30 мм рт ст.).
Напряжение питания от сети переменного тока частотой (50 ± 0,5) Гц, В	220 ± 5.

7 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

провести (если необходимо) расконсервацию и техническое обслуживание преобразователя измерительного, проверить исправность кабелей, провести внешний осмотр обслуживания преобразователя измерительного, убедиться в отсутствии механических повреждений и неисправностей;

проверить комплектность поверяемого преобразователя измерительного для проведения поверки (СВЧ кабеля и пр.);

проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии с временем установления рабочего режима, указанным в технической документации).

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

Внешним осмотром установить соответствие преобразователей требованиям эксплуатационной документации. Проверить отсутствие механических повреждений и ослабления элементов конструкции, четкость обозначений, чистоту и исправность разъемов, наличие и целостность печатей и пломб.

Преобразователи, имеющие дефекты (механические повреждения), дальнейшей поверке не подвергаются, бракуются и направляются в ремонт.

8.2 Опробование

При опробовании убедиться в положительных результатах установки нуля, калибровки, установки калибровочных коэффициентов, а также отображение на индикаторе блока измерительного результатов измерений при подаче мощности СВЧ. Проверку работоспособности проводить на всех возможных пределах измерений.

Результаты поверки считаются положительными, если проверка на работоспособность прошла успешно, в противном случае преобразователи бракуются и отправляются в ремонт.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Проверка присоединительных размеров коаксиального соединителя

Соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя определить сличением основных размеров с указанными в ГОСТ РВ 51914-2002, с использованием комплекта КИСК - 7 (согласно его эксплуатационной документации). Присоединительные размеры должны соответствовать типу N.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если присоединительные размеры коаксиального соединителя соответствуют типу N по ГОСТ РВ 51914-2002.

8.3.2 Проверка КСВН входа преобразователей.

Проверку КСВН входа преобразователей проводить в диапазоне частот от 1×10^{-2} до 18 ГГц, в следующей последовательности:

собрать схему, представленную на рис.1;

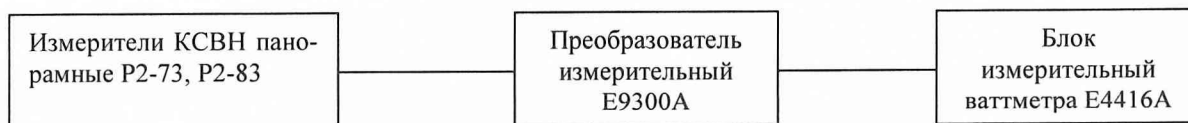


Рис.1

провести измерения согласно Руководству по эксплуатации измерителей КСВН панорамных P2-73, P2-83.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения КСВН соответствуют значениям, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Диапазон частот	Максимально допустимое значение КСВН
от 10 МГц до 30 МГц	1,21
от 30 МГц до 2 ГГц	1,15
от 2 ГГц до 14 ГГц	1,20
от 14 ГГц до 16 ГГц	1,23
от 16 ГГц до 18 ГГц	1,27

8.3.3 Определение абсолютной погрешности установки нуля, нестабильности показаний во времени в установившемся режиме и уровня собственных шумов.

Определение погрешности установки нуля, нестабильности показаний во времени в установившемся режиме и уровня собственных шумов проводят по схеме представленной на рис. 2 после 24-х часового прогрева преобразователя с подключенным блоком измерительным ваттметра E4416A в экранированном помещении при постоянной температуре ($\pm 1^\circ\text{C}$) в следующей последовательности:

На синтезаторе частот Г7-14 установить:

- любую частоту в диапазоне частот синтезатора;
- максимальное значение ослабления выходной мощности.

Присоединить преобразователь к выходу синтезатора. Подождать пока показания прибора стабилизируются.

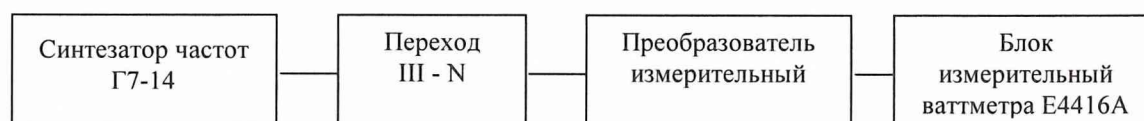


Рис. 2.

8.3.3.1 Определение абсолютной погрешности установки нуля

Провести установку нуля прибора в соответствии с руководством по эксплуатации.

Убедиться, что погрешность установки нуля прибора соответствует требованиям табл. 4 для каждого режима работы преобразователя.

8.3.3.2 Определение нестабильности показаний прибора во времени в установившемся режиме проводят в течение одного часа, через каждые 10 минут записывая показания блока измерительного ваттметра E4416A. Для каждого интервала времени вычисляют нестабильность по формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta P}{T}, \quad (1)$$

где, ΔP – абсолютное значение разности между соседними показаниями ваттметра в начале и в конце каждого интервала;

T – интервал времени, мин.

Убедиться, что нестабильности показаний во времени в установившемся режиме как за каждый из 10-ти минутных интервалов, так и за 1 час не превышают значений, указанных в табл. 4 для каждого режима работы преобразователя.

8.3.3.3 Определение уровня собственных шумов

Для измерения уровня собственного шума прибора установить на блоке измерительном ваттметра Е4416А для режима «Normal» количество усреднений 16, для режима «×2» количество усреднений 32. В течение интервала времени равного одной минуте, через каждые 10 секунд, провести измерения. Рассчитать уровень собственных шумов по формуле:

$$P_{ш} = 2 \times (P_{max} - P_{min}), \quad (2)$$

где: P_{max} – максимальное значение из ряда измерений;

P_{min} – минимальное значение из ряда измерений;

Убедиться, уровень собственных шумов соответствует требованиям табл. 4 для каждого режима работы преобразователя.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности установки нуля, нестабильности показаний ваттметра во времени в установившемся режиме и уровня собственных шумов не превышают значений, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Режим работы преобразователя	Предел допускаемой абсолютной погрешности установки нуля	Предел нестабильности показаний ваттметра во времени в установившемся режиме	Предел уровня собственных шумов
Высокоуровневая часть (от 1×10^{-6} до 10) мВт	± 500 нВт	± 150 нВт	± 500 нВт
Низкоуровневая часть (от 10 до 100) мВт	± 500 нВт	± 150 нВт	± 700 нВт

8.3.4 Определение относительной погрешности измерения мощности

Определение относительной погрешности измерения мощности преобразователя проводится в следующем порядке.

Собрать схему в соответствии с рис. 3.



Рис. 3

установить частоту $f_{on} = 1$ ГГц и уровень мощности синтезатора СВЧ $P_{on} = 5$ мВт; установить нулевые показания поверяемого измерителя мощности и рабочего эталона; включить мощность СВЧ и после установления показаний одновременно отсчитать по-

казания блока измерительного ваттметра E4416A и рабочего эталона (ваттметра);

выключить мощность СВЧ и определить отношение результатов измерений мощности блоком измерительным ваттметра E4416A P_n и рабочим эталоном P_o .

Выключить мощность СВЧ и определить отношение значений мощностей, измеренных блоком измерительным ваттметра E4416A P_n и рабочим эталоном P_o .

Повторить определение отношения P_n/P_o несколько раз (не менее четырех) и рассчитать среднее арифметическое значение $(P_n/P_o)_{cp}$.

Рассчитать случайную погрешность $\delta_{сл}$ по формуле:

$$\delta_{сл} = \frac{(P_n / P_o)_{\max} - (P_n / P_o)_{\min}}{(P_n / P_o)_{cp}} * \mu_n, \quad (4)$$

где μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n и определяемый по табл. 5.

Таблица 5

Число наблюдений n	3	4	5	6	8	10	15	25
Значение коэффициента μ_n	1,0	0,73	0,58	0,48	0,37	0,31	0,22	0,18

Погрешность $\delta_{сл}$ не должна превышать 0,2 от класса точности ваттметра (кл.т.6).

Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{i1} , зависящую от уровня мощности, на уровнях мощности (0,05; 0,09; 0,1; 0,5; 0,9; 1; 5; 20) мВт, по формуле:

$$\delta_{i1} = [(P_n / P_o)_{срi} - 1] \times 100, \%, \quad (5)$$

где $(P_n/P_o)_{срi}$ - среднее арифметическое значение отношения результатов измерений мощности ваттметром и рабочим эталоном (P_n/P_o) .

Измерения на всех пределах проводят на опорной частоте $f_{on} = 1$ ГГц.

Погрешность рассогласования δ_p , рассчитать по формуле:

$$\delta_p = 2 \times |\Gamma_o| \times |\Gamma_n| \times 100, \%, \quad (6)$$

где $|\Gamma_o|$ - модуль эффективного коэффициента отражения выхода рабочего эталона (ваттметра проходящей мощности);

$|\Gamma_n|$ - модуль коэффициента отражения испытываемого ваттметра;

$$|\Gamma_n| = \frac{K - 1}{K + 1} \quad (7)$$

где K – КСВН входа испытываемых преобразователей.

Полученные значения составляющей погрешности измерений мощности δ_{i1} , зависящей от уровня мощности должны находиться в пределах, указанных в табл. 6.

Таблица 6

Диапазон измерений мощности, мВт	δ_{i1} , %
от 1×10^{-6} до 1×10^{-1}	$\pm 3,5$
от 1×10^{-1} до 1	± 3
от 1 до 100	$\pm 2,5$

Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{ij} , зависящую от частоты, на опорных значениях мощности P_{on} (0,05; 0,5; 5; 20) мВт и частотах f_i (0,03; 0,1; 0,15;

0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,5; 13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18) ГГц по формуле:

$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{срi} - 1] \times 100, \% \quad (8)$$

где $(P_n/P_o)_{срi}$ - среднее арифметическое значение отношения (P_n/P_o) для m частот f_i (m значений).

Для измерений на частотах 0,01 ГГц необходимо сначала измерить значение сопротивления по постоянному току испытуемого преобразователя измерительным прибором В7-39 согласно его руководству по эксплуатации, затем вместо ваттметра проходного образцового ВПО-... с МЗ-22А подключить в качестве рабочего эталона вольтметр ВЗ-63, и устанавливая по нему напряжение на выходе генератора, соответствующее уровню мощности (0,01; 0,5; 20) мВт, на измеренном сопротивлении нагрузки определить составляющую погрешности измерений мощности преобразователя измерительного δ_{1j} для частоты 0,01 ГГц.

Полученные значения составляющей погрешности измерений мощности δ_{1j} , зависящей от частоты должны находиться в пределах, указанных в табл. 7.

Таблица 7

Диапазон частот, ГГц	$\delta_{1j}, \%$	
	мощность (0,05; 0,5; 5) мВт	мощность 20 мВт
от 1×10^{-2} до 3×10^{-2}	$\pm 2,2$	$\pm 4,0$
от 3×10^{-2} до 5×10^{-1}	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$
от 5×10^{-1} до 1,2	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$
от 1,2 до 6	$\pm 2,0$	$\pm 2,1$
от 6 до 14		$\pm 2,3$
от 14 до 18	$\pm 2,2$	$\pm 3,3$

Ни одно из значений δ_{1i} и δ_{1j} не должны превышать значения погрешности измерений ($\delta_{из}$), определяемого по формуле:

$$\delta_{из} = \pm(\sqrt{\delta_{сл}^2 + \delta_1^2} + \gamma\delta_p), \% \quad (9)$$

где $\delta_{сл}$ - случайная погрешность;

δ_1 - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

γ - коэффициент, зависящий от соотношения

$$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}} \quad (10)$$

и определяемый по табл. 8.

Таблица 8

Значение параметра $\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}}$	0	1	2	4	6	8	10	∞
Значение коэффициента γ	0	0,53	0,70	0,85	0,93	0,97	0,98	1

Расчетное значение погрешности измерений ($\delta_{из}$) не должно превышать 0,8 класса точ-

Расчетное значение погрешности измерений ($\delta_{из}$) не должно превышать 0,8 класса точности испытуемого ваттметра.

Определить составляющую погрешности измерений мощности за счет неравномерности ослабления аттенюатора

Отключить аттенюатор от преобразователя.

Собрать схему представленную на рис. 4.

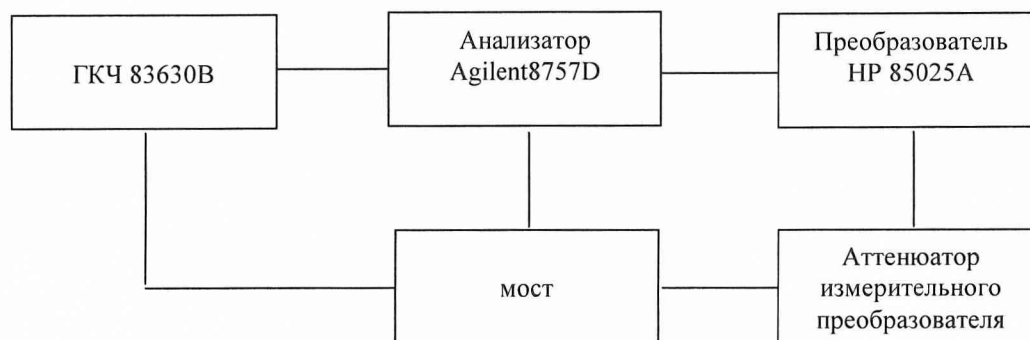


Рис.4

При помощи анализатора НР8757Е, согласно его Руководству по эксплуатации, измерить ослабление аттенюатора на частотах, указанных в ГОСТ 8.569-2000.

Расчитать неравномерность ослабления аттенюатора измерительного преобразователя в полосе частот Δ_A по формуле.

$$\Delta_A = A_{\max} - A_{\min}, \quad (11)$$

где: A_{\max} – максимальное в полосе частот прибора значение ослабления аттенюатора;
 A_{\min} – минимальное в полосе частот прибора значение ослабления аттенюатора.

Расчитать составляющую погрешности за счет неравномерности ослабления аттенюатора:

$$\delta_A = \left(10^{\frac{\Delta_A}{10}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (12)$$

Относительную погрешность измерений мощности преобразователей рассчитать по формуле:

$$\delta_{ij} = \pm (\sqrt{\delta_{i1}^2 + \delta_{ij}^2 + \delta_A^2}), \quad (13)$$

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если значение $|\delta_{ij}|$ не превышает 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по эксплуатационно-технической документации ($\pm 7\%$).

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик, которое выдается владельцу преобразователей.

9.2 При отрицательных результатах поверки применение преобразователей запрещается, на них выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин.

Начальник отдела ГЦИ СИ
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



В.Л. Воронов

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



Д.Н. Голуб