

1228  
УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИ МО РФ

  
А. Ю. Кузин

«16» 01 2006 г.

**ИНСТРУКЦИЯ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ E9300A  
ФИРМЫ «AGILENT TECHNOLOGIES», США**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

г. Мытищи,  
2006 г.

## 1 Общие сведения

1.1 Данная методика распространяется на единичные экземпляры преобразователей измерительных Е9300А (далее преобразователи), зав. №№ МУ41496931, МУ41496914 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                     | 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 сравнением 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  $1 \times 10^{-2}$  до 18 ГГц, в следующей последовательности:

собрать схему, представленную на рис.1;

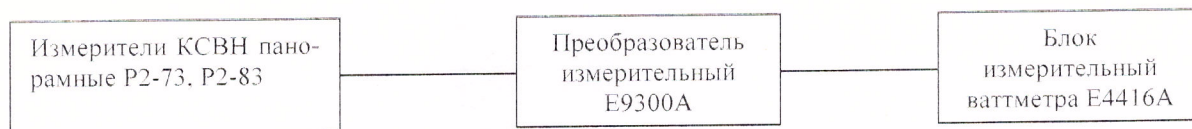


Рис.1

провести измерения согласно Руководству по эксплуатации измерителей КСВН панорамных Р2-73, Р2-83.

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 Е4416А 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.

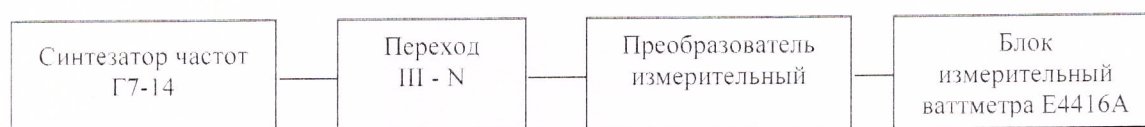


Рис. 2.

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 Е4416А. Для каждого интервала времени вычисляют нестабильность по формуле:

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

где,  $\Delta P$  – 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<br>(от $1 \times 10^{-6}$ до 10) мВт | $\pm 500$ нВт                                            | $\pm 150$ нВт                                                                | $\pm 500$ нВт                   |
| Низкоуровневая часть<br>(от 10 до 100) мВт                 | $\pm 500$ нВт                                            | $\pm 150$ нВт                                                                | $\pm 700$ 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 показания блока измерительного ваттметра Е4416А и рабочего эталона (ваттметра);  
выключить мощность СВЧ и определить отношение результатов измерений мощности блоком измерительным ваттметра Е4416А  $P_n$  и рабочим эталоном  $P_o$ .  
Выключить мощность СВЧ и определить отношение значений мощностей, измеренных блоком измерительным ваттметра Е4416А  $P_n$  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  $\delta_{cl}$  по формуле:

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

где  $\mu_n$  – 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 $\mu_n$ | 1,0 | 0,73 | 0,58 | 0,48 | 0,37 | 0,31 | 0,22 | 0,18 |

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

Определить составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{п1}$ , зависящую от уровня мощности, на уровнях мощности (0,05; 0,09; 0,1; 0,5; 0,9; 1; 5; 20) мВт, по формуле:

$$\delta_{п1} = [(P_n / P_o)_{cpi} - 1] \times 100, \%, \quad (5)$$

где  $(P_n/P_o)_{cpi}$  – 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  $\delta_p$ , 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  $\delta_{п1}$ , зависящей от уровня мощности должны находиться в пределах, указанных в табл. 6.

Таблица 6

| Диапазон измерений мощности, мВт            | $\delta_{I1}$ , % |
|---------------------------------------------|-------------------|
| от $1 \times 10^{-6}$ до $1 \times 10^{-1}$ | $\pm 3,5$         |
| от $1 \times 10^{-1}$ до 1                  | $\pm 3$           |
| от 1 до 100                                 | $\pm 2,5$         |

Определить составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{Ij}$ , 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:

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

где  $(P_n/P_o)_{cpi}$  - 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  $\delta_{Ij}$  для частоты 0,01 ГГц.

Полученные значения составляющей погрешности измерений мощности  $\delta_{Ij}$ , зависящей от частоты должны находиться в пределах, указанных в табл. 7.

Таблица 7

| Диапазон частот, ГГц                        | $\delta_{Ij}$ , %           |                 |
|---------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
|                                             | мощность (0,05; 0,5; 5) мВт | мощность 20 мВт |
| от $1 \times 10^{-2}$ до $3 \times 10^{-2}$ | $\pm 2,2$                   | $\pm 4,0$       |
| от $3 \times 10^{-2}$ до $5 \times 10^{-1}$ | $\pm 2,0$                   | $\pm 3,0$       |
| от $5 \times 10^{-1}$ 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  $\delta_{I1}$  и  $\delta_{Ij}$  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;

$\delta_1$  - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

$\gamma$  - 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<br>$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{ст}^2 + \Delta_1^2}}$ | 0 | 1    | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | $\infty$ |
|-----------------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|----------|
| Значение коэффициента $\gamma$                                              | 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 точности испытуемого ваттметра.

## 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