

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ



С. И. Донченко

06 2010 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Анализаторы электрических цепей векторные Agilent E5071C
с опциями 2K5, 4K5, 260, 460, 465, 2D5, 4D5
фирмы «Agilent Technologies», Малайзия

Методика поверки

2010 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы электрических цепей векторные E5071C фирмы «Agilent Technologies», Малайзия, (далее – анализаторы) и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		ввозе импорта (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр.	8.1	да	да
2 Опробование.	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик:	8.3		
3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей.	8.3.1	да	да
3.2 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности по частоте опорного кварцевого генератора.	8.3.2	да	да
3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала.	8.3.3	да	да
3.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи S_{21} и S_{12} .	8.3.4	да	да
3.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения S_{11} и S_{22} .	8.3.5	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
1	2
8.3.1	Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-3,5 (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины $\pm 0,02$ мм). Комплект измерительный соединителей коаксиальных КИСК-7 (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины $\pm 0,02$ мм).
8.3.2	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 (диапазон измерений частоты от 10 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 5 \cdot 10^{-7}$).

1	2
	<p>Стандарт частоты и времени СЧВ-74 (номинальные значения частот выходного сигнала 1; $1 \cdot 10^5$; $1 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^6$ Гц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте в межповерочный интервал времени 1 год $\pm 3,65 \cdot 10^{-10}$).</p> <p>Компаратор частотный Ч7-308А/1 (номинальные значения частот измеряемых сигналов 5; 10; 100 МГц, предел допускаемого среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты, вносимого компаратором на интервале времени измерений 1 с при полосе пропускания 3 Гц $7,0 \cdot 10^{-14}$).</p>
8.3.3	<p>Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-93 (диапазон рабочих частот от 0,02 до 18 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1 Вт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm (4 \div 6) \%$).</p> <p>Анализатор спектра ВЧ и СВЧ диапазонов Е4411В (диапазон частот от 9 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm 1,5$ дБ).</p>
8.3.4	<p>Установка для измерения ослаблений и фазового сдвига образцовая ДК1-16 (диапазон рабочих частот от 100 кГц до 18 ГГц, диапазон измеряемых ослаблений от 0 до 140 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления $\pm 0,25$ дБ).</p> <p>Прибор для поверки аттенуаторов Д1-13А (рабочий диапазон частот от 0 до 30 МГц, диапазон устанавливаемых значений ослабления от 0 до 110 дБ с шагом 10 дБ, пределы допускаемой погрешности установки ослабления от 0,003 до 0,025 дБ).</p> <p>Рабочий эталон (установка высшей точности) единиц комплексного коэффициента передачи и отражения (диапазон частот от 45 МГц до 26,5 ГГц и от 45 МГц до 50 ГГц).</p>
8.3.5	<p>Набор мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140 (номинальные значения КСВН: 1,0; 1,2; 1,4; 2,0; пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН: $\pm 1 \%$ для КСВН $\leq 1,4$; $\pm 1,5 \%$ для КСВН = 2,0; $\pm 2 \%$ для КСВН = 3,0; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения: $\pm 1^\circ$ для КСВН $\geq 2,0$; $\pm 1,5^\circ$ для КСВН = 1,4; $\pm 2^\circ$ для КСВН = 1,2).</p> <p>Набор мер полного и волнового сопротивления 1-го разряда ЭК9-145 (номинальные значения КСВН: 1,0; 1,2; 1,4; 2,0; пределы относительной погрешности измерений КСВН $\pm 1 \%$; пределы абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения $\pm 1^\circ$).</p> <p>Рабочий эталон единиц комплексного коэффициента передачи и отражения.</p>

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

3.3 Все средства поверки должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки анализатора допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы

с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей по ГОСТ 20.2.012-94).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5.2 К работе на анализаторе 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.

5.3 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, мм рт. ст. | 750 ± 30; |
| - параметры питания от сети переменного тока: | |
| - напряжение, В | 220 ± 5; |
| - частота, Гц | 50 ± 0,5. |

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в РЭ на поверяемый анализатор по его подготовке к поверке;
- выполнить операции, оговоренные в РЭ на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- наличие товарного знака фирмы-изготовителя, серийного номера, года изготовления;
- соответствие комплектности требованиям нормативно-технической документации на конкретную модификацию;
- состояние лакокрасочного покрытия;
- чистоту гнезд, разъемов, клемм;
- отсутствие механических, электрических, химических и тепловых повреждений.
- комплектность анализатора должна соответствовать технической документации фирмы «Agilent Technologies, Inc.», США (ТД).

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются все перечисленные требования.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить анализатор к сети, на задней панели нажать тумблер включения питания, на передней панели нажать кнопку включения. На экране анализатора должна появиться информация о загрузке операционной системы и программного обеспечения (ПО) фирмы-изготовителя. После загрузки операционной системы и ПО на экране анализатора должно появиться меню управления анализатором.

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если не отображается информация об ошибках.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

8.3.1.1 Соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя входов анализатора определить сличением основных размеров с размерами, указанными в ГОСТ РВ 51914-2002 (с использованием комплектов для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7, КИСК-3,5).

8.3.1.2 Результаты поверки считать положительными, если присоединительные размеры коаксиального соединителя соответствуют типу N - для E5071C (260, 460, 465, 2D5, 4D5), типу 3,5 - - для E5071C (2K5, 4K5) (по ГОСТ РВ 51914-2002).

8.3.2 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности по частоте опорного кварцевого генератора

8.3.2.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу «PRESET» на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей «ENTER». Подсоединить частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 (далее – ЧЗ-66) к измерительному входу «1» (Port 1) анализатора.

8.3.2.2 Установить анализатор в режим генерации непрерывного сигнала. Для этого в меню «Channel» анализатора выбрать «CW Frequency» и установить частоту сигнала 0,009 МГц (0,1 МГц - в случае укомплектования тройниками подачи напряжения смещения).

8.3.2.3 Провести отсчет значения частоты по индикатору ЧЗ-66. Результат измерений частоты $f_{изм}$ должен находиться в пределах:

$$\pm f_{изм} = f_{уст} \cdot (\pm 5 \cdot 10^{-6}) + 1/2 \cdot N,$$

где $f_{уст}$ – установленное значение частоты;

N – последняя единица счёта.

Повторить указанные измерения для частот выходного сигнала 10 МГц, 5; 6,5; 14; 20 ГГц. Результаты занести в протокол.

8.3.2.4 Определение относительной погрешности по частоте опорного кварцевого генератора провести методом сравнения частоты проверяемого опорного кварцевого генератора с частотой меры (стандарт частоты и времени СЧВ-74 (далее – СЧВ-74)) с помощью компаратора частотного Ч7-308А/1 (далее – Ч7-308А/1) по схеме, приведенной на рисунке 1

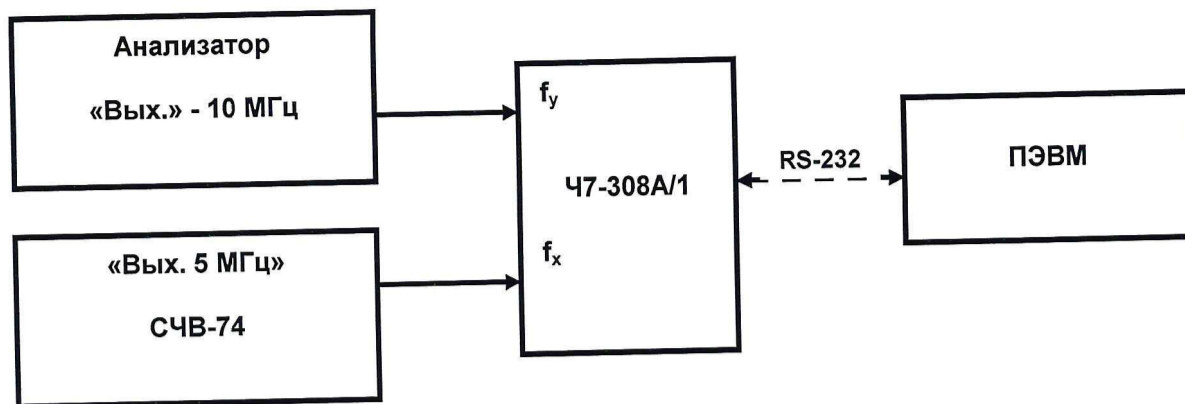


Рисунок 1

8.3.2.5 Установить органы управления Ч7-308А/1 в соответствии с Инструкцией по программированию ЯКУР.411146.011 ИП:

- показатель коэффициента умножение 1.e3;
- полоса 10 Гц;
- максимальное время усреднения 3600 с;
- число усреднений 24;
- входная частота 10 МГц.

8.3.2.6 Провести измерения относительной разности частот при интервале времени измерения 1 ч, интервале времени наблюдения 24 ч с определением среднего значения.

8.3.2.7 Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот, ГГц:

- E5071C (260, 460) – от 0,009 до 6500;
- E5071C (265, 465) – от 0,1 до 6500;
- E5071C (2D5, 4D5) – от 0,3 до 14000;
- E5071C (2K5, 4K5) – от 0,3 до 20000

и значения относительной погрешности установки частоты опорного кварцевого генератора находятся в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

8.3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала

8.3.3.1 Определение выходной мощности произвести с использованием ваттметра поглощаемой мощности M3-93 (далее – M3-93) - для значений мощности от минус 10 до 10 дБ/мВт (в диапазоне частот до 18 ГГц) и E4411B - для значений мощности от минус 55 до минус 10 дБ/мВт, а также от минус 10 до 10 дБ/мВт в диапазоне частот свыше 18 ГГц. Подключить M3-93 (E4411B) к измерительному порту «1» проверяемого анализатора. Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу «PRESET» на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей «ENTER».

8.3.3.2 Установить анализатор в режим измерений S_{12} .

8.3.3.3 Установить анализатор в режим генерации непрерывного сигнала. Для этого в меню «Channel» анализатора выбрать «CW Frequency».

8.3.3.4 Последовательно устанавливая следующие значения мощности выходного сигнала: минус 55; минус 30; минус 20; минус 10; 0; 5; 7; 8; 9; 10 дБ/мВт, провести измерения мощности для следующих значений частот: 0,009 10; 1000; 2000; 3000; 4500; 6500; 14000; 20000 МГц.

8.3.3.5 Повторить проделанные операции для измерительного порта «2», предварительно установив режим измерений S_{21} .

8.3.3.6 Определить абсолютную погрешность установки мощности выходного сигнала как разность между установленным и измеренным значениями мощности.

8.3.3.7 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки мощности выходного сигнала (в диапазоне частот, ГГц), дБ:

- для E5071C (260, 460, 465, 2D5, 4D5):

- от 9 кГц до 5 - от минус 55 до 10;

- свыше 5 до 6 - от минус 55 до 9;

- свыше 6 до 7 - от минус 55 до 8;

- свыше 7 до 8,5 - от минус 55 до 7;

- для E5071C (2K5, 4K5):

- от $3 \cdot 10^{-4}$ до 20 - от минус 55 до 10

и значения абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала находятся в пределах $\pm 2,5$ дБ.

8.3.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи S_{21} и S_{12}

Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи провести методом прямых измерений значений модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов).

8.3.4.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу «PRESET» на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей «ENTER».

8.3.4.2 Установить анализатор в режим измерений S_{12} .

8.3.4.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с РЭ.

8.3.4.4 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов) на установке для измерения ослаблений и фазового сдвига образцовой ДК1-16 (далее - ДК1-16) в диапазоне частот от 100 кГц до 14 ГГц. В диапазоне частот свыше 18 ГГц использовать аттенюаторы из комплекта поверочных мер 85053В, входящих в состав рабочего эталона (установки высшей точности) единиц комплексного коэффициента передачи и отражения (далее - рабочий эталон). В частотном диапазоне от 9 кГц до 100 кГц использовать прибор для поверки аттенюаторов Д1-13А (далее - Д1-13А).

8.3.4.5 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов) из комплекта ДК1-16 и из комплекта 85053В анализатором (для номинальных значений модуля коэффициента передачи 10, 20, 50, 90 дБ) на следующих частотах: 0,009; 0,1; 10; 100; 1000; 2000; 3000; 4500; 6000; 8500; 14000; 20000 МГц.

8.3.4.6 Определить абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента передачи, как разность измеренного анализатором и действительного значения (измерено на ДК1-16).

8.3.4.7 Результаты поверки считать положительными, если:

значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи (в диапазоне частот) находятся в пределах, дБ:

- от 9 до 300 кГц; - от 10 до 0 дБ	$\pm (0,13+0,002 A)$
---------------------------------------	-----------------------

- от 0 до минус 60 дБ	$\pm (0,13+0,003 A)$
- от минус 60 до минус 80 дБ	$\pm (0,05 A -2,7)$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,18 A -13,1)$
- свыше 300 кГц до 10 МГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,05+0,001 A)$
- от 0 до минус 50 дБ	$\pm (0,05+0,003 A)$
- от минус 50 до минус 70 дБ	$\pm (0,055 A -2,55)$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,18 A -11,3)$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,49 A -36,1)$
- свыше 10 МГц до 3 ГГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,05+0,001 A)$
- от 0 до минус 60 дБ	$\pm (0,05+0,0025 A)$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (0,02 A -1)$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,04 A -2,4)$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,12 A -8,8)$
- свыше 3 до 6 ГГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,09+0,001 A)$
- от 0 до минус 60 дБ	$\pm (0,09+0,0027 A)$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (0,015 A -0,65)$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,05 A -3,1)$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,11 A -7,9)$
- свыше 6 до 20 ГГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,25+0,005 A)$
- от 0 до минус 60 дБ	$\pm (0,3+0,005 A)$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (0,045 A -2,1)$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,195 A -12,6)$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,6 A -45),$
	где $ A $ - измеряемый модуль коэффициента передачи

и значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи (в диапазоне частот) находятся в пределах:

- от 9 до 300 кГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,4+0,01 A)^\circ$
- от 0 до минус 40 дБ	$\pm (0,4+0,0225 A)^\circ$
- от минус 40 до минус 60 дБ	$\pm (0,335 A - 12,1)^\circ$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (2,2 A - 124)^\circ$
свыше 300 кГц до 10 МГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,3+0,01 A)^\circ$
- от 0 до минус 40 дБ	$\pm (0,3+0,0125 A)^\circ$
- от минус 40 до минус 60 дБ	$\pm (0,11 A - 3,6)^\circ$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (0,5 A - 27)^\circ$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (2,2 A - 146)^\circ$
свыше 10 МГц до 3 ГГц:	
- от 10 до 0 дБ	$\pm (0,7+0,01 A)^\circ$
- от 0 до минус 60 дБ	$\pm (0,7+0,0133 A)^\circ$
- от минус 60 до минус 70 дБ	$\pm (0,1 A - 4,5)^\circ$
- от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,35 A - 22)^\circ$
- от минус 80 до минус 90 дБ	$\pm (0,9 A - 66)^\circ$

свыше 3 до 6 ГГц: - от 10 до 0 дБ - от 0 до минус 60 дБ - от минус 60 до минус 80 дБ - от минус 80 до минус 90 дБ свыше 6 до 20 ГГц: - от 10 до 0 дБ - от 0 до минус 50 дБ - от минус 50 до минус 70 дБ - от минус 70 до минус 80 дБ - от минус 70 до минус 80 дБ	$\pm (0,7+0,01 A)^\circ$ $\pm (0,7+0,0167 A)^\circ$ $\pm (0,215 A - 11,2)^\circ$ $\pm (0,9 A - 66)^\circ$ $\pm (0,9+0,01 A)^\circ$ $\pm (0,9+0,016 A)^\circ$ $\pm (0,115 A - 4,05)^\circ$ $\pm (0,5 A - 31)^\circ$ $\pm (1,9 A - 66)^\circ$
---	--

8.3.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения S_{11} и S_{22}

8.3.5.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу «PRESET» на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей «ENTER».

8.3.5.2 Установить анализатор в режим измерений S_{11} .

8.3.5.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с РЭ.

8.3.5.4 Провести измерения модуля и фазы коэффициента отражения нагрузок из комплекта набора мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140 (далее – ЭК9-140) и из комплекта набора мер полного и волнового сопротивления 1-го разряда ЭК9-145 (далее – ЭК9-145) для номинальных значений КСВН: 1,0; 1,2; 1,4; 2,0; 3,0 на следующих частотных точках: 0,009; 0,1; 10; 100; 1000; 2000; 3000; 4000; 4500; 6000; 8500; 14000 МГц. Для проверки абсолютной погрешности измерений комплексного коэффициента отражений анализаторов E5071C-2K5/4K5 использовать поверочный набор мер 85053В из состава рабочего эталона.

8.3.5.5 Определить абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента отражения, как разность измеренного и действительного значений.

8.3.5.6 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения находятся в пределах, дБ:

- от 9 кГц до 10 МГц - свыше 10 МГц до 3 ГГц - свыше 3 до 6 ГГц - свыше 6 до 8,5 ГГц - для 2K5/4K5: - от 300 кГц до 100 МГц - свыше 100 МГц до 2 ГГц - свыше 2 до 6 ГГц - свыше 6 до 20 ГГц	$\pm (0,004+0,015 \Gamma)$ $\pm (0,006+0,016 \Gamma)$ $\pm (0,010+0,025 \Gamma)$ $\pm (0,014+0,03 \Gamma)$ $\pm (0,008+0,018 \Gamma)$ $\pm (0,008+0,018 \Gamma)$ $\pm (0,013+0,032 \Gamma)$ $\pm (0,017+0,613 \Gamma)$
---	---

где $|\Gamma|$ - измеряемый модуль коэффициента отражения

и значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения находятся в пределах:

$$\pm \arcsin\left(\frac{\Delta\Gamma}{\Gamma}\right),$$

где $\Delta\Gamma$ – абсолютная погрешность измерений модуля коэффициента отражения.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки на анализатор выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый анализатор к дальнейшему применению не допускается. На такой анализатор выдается извещение об его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин.

Начальник отдела
ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ

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

В.Л. Воронов

А.С. Бондаренко