



СОГЛАСОВАНО

Начальник ФГБУ «ГНМЦ»
Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев



« 24 » июля 2026 г.

М.п.

Государственная система обеспечения единства измерений
**Анализаторы электрических цепей и сигналов комбинированные
портативные AkmeTech AT4957**
Методика поверки
с изменением № 1

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки анализаторов электрических цепей и сигналов комбинированных портативных AkmeTech AT4957 производства АО «Акметрон» г. Москва (далее - анализаторы). Сокращённая поверка комплектов мер невозможна.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 –Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение характеристики
Метрологические характеристики в режиме анализатора спектра	
Диапазон рабочих частот, Гц: AkmeTech AT4957B AkmeTech AT4957D AkmeTech AT4957E AkmeTech AT4957F	от $9 \cdot 10^3$ до $6,5 \cdot 10^9$ от $1 \cdot 10^5$ до $18 \cdot 10^9$ от $1 \cdot 10^5$ до $26,5 \cdot 10^9$ от $1 \cdot 10^5$ до $40 \cdot 10^9$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты опорного генератора, не более	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$
Спектральная плотность мощности фазового шума на частоте 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц относительно уровня несущей, дБн/Гц, не более: для AkmeTech AT4957B при отстройке от несущей 100 кГц при отстройке от несущей 1 МГц при отстройке от несущей 10 МГц для AkmeTech AT4957D, AT4957E, AT4957F при отстройке от несущей 100 Гц при отстройке от несущей 1 кГц при отстройке от несущей 30 кГц при отстройке от несущей 100 кГц при отстройке от несущей 1 МГц при отстройке от несущей 10 МГц	-108 -112 -118 -86 -89 -99 -97 -115 -125
Спектральная плотность мощности фазового шума на частоте 10 ГГц в полосе пропускания 1 Гц относительно уровня несущей, дБн/Гц, не более: для AkmeTech AT4957D, AT4957E, AT4957F при отстройке от несущей 100 Гц при отстройке от несущей 1 кГц при отстройке от несущей 30 кГц при отстройке от несущей 100 кГц при отстройке от несущей 1 МГц при отстройке от несущей 10 МГц	-75 -92 -95 -90 -108 -125
Номинальные значения полос пропускания узкополосного фильтра по уровню минус 3 дБ с шагом кратностью 1-3-10, Гц	от 10 до $5 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки ширины полос пропускания по уровню минус 3 дБ, %: при ширине полосы пропускания от 3 кГц до 3 МГц при ширине полосы пропускания 5 МГц	± 10 ± 15
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ, не более: для AkmeTech AT4957B в диапазоне частот от 0,05 до 6,5 ГГц для AkmeTech AT4957D в диапазоне частот от 0,05 до 6,5 ГГц включ. в диапазоне частот св. 6,5 до 18 ГГц для AkmeTech AT4957E в диапазоне частот от 0,05 до 6,5 ГГц включ.	$\pm 1,8$ $\pm 2,0$ $\pm 2,0$ $\pm 2,0$

Наименование характеристики	Значение характеристики
в диапазоне частот св. 6,5 до 18,0 ГГц включ.	±2,0
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц	±2,3
для AkmeTech AT4957F	
в диапазоне частот от 0,05 до 6,5 ГГц включ.	±2,0
в диапазоне частот св. 6,5 до 18,0 ГГц включ.	±2,0
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	±2,3
в диапазоне частот св. 26,5 до 40,0 ГГц	±2,7
Средний уровень собственных шумов с выключенным предусилителем, дБмВт/Гц, не более:	
для AkmeTech AT4957B	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-135
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-140
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-138
для AkmeTech AT4957D	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-136
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-133
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-128
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-118
для AkmeTech AT4957E	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-136
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-133
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-128
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-118
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	-116
для AkmeTech AT4957F	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-136
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-133
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-128
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-118
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	-116
в диапазоне частот св. 26,5 до 40,0 ГГц включ.	-114
Средний уровень собственных шумов с включенным предусилителем, дБмВт/Гц, не более:	
для AkmeTech AT4957B	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-150
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-160
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-157
для AkmeTech AT4957D	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-151
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-148
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-145
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-139
для AkmeTech AT4957E	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-151
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-148
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-145
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-139
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	-140
для AkmeTech AT4957F	
в диапазоне частот от 0,002 до 4,5 ГГц включ.	-151
в диапазоне частот св. 4,5 до 7,0 ГГц включ.	-148
в диапазоне частот св. 7 до 13 ГГц включ.	-145
в диапазоне частот св. 13 до 18 ГГц включ.	-139
в диапазоне частот св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	-140
в диапазоне частот св. 26,5 до 40,0 ГГц включ.	-136
Максимальное значение уровня мощности входного сигнала, дБм	27

Наименование характеристики	Значение характеристики
Метрологические характеристики в режиме векторного анализатора цепей	
Диапазон рабочих частот, Гц AT4957B AT4957D AT4957E AT4957F	от $30 \cdot 10^3$ до $6,5 \cdot 10^9$ от $30 \cdot 10^3$ до $18 \cdot 10^9$ от $30 \cdot 10^3$ до $26,5 \cdot 10^9$ от $50 \cdot 10^6$ до $40 \cdot 10^9$
Диапазон измерений модуля комплексного коэффициента отражения AT4957B AT4957D AT4957E AT4957F	от 0,01 до 1 от 0,024 до 1 от 0,03 до 1 от 0,035 до 1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента отражения ($ \Delta\Gamma $), в диапазоне частот AT4957B ¹⁾ - от 0,05 до 6,5 ГГц AT4957D ¹⁾ - от 0,05 до 6,5 ГГц - свыше 6,5 до 18 ГГц AT4957E ²⁾ - от 0,05 до 6,5 ГГц - свыше 6,5 до 18 ГГц - свыше 18 до 26,5 ГГц AT4957F ³⁾ - от 0,05 до 6,5 ГГц - свыше 6,5 до 18 ГГц - свыше 18 до 26,5 ГГц - свыше 26,5 до 40 ГГц	$\pm (0,01 + 0,007 \cdot \Gamma + 0,022 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,016 + 0,015 \cdot \Gamma + 0,032 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,025 + 0,016 \cdot \Gamma + 0,040 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,016 + 0,015 \cdot \Gamma + 0,032 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,025 + 0,016 \cdot \Gamma + 0,040 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,032 + 0,024 \cdot \Gamma + 0,056 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,025 + 0,015 \cdot \Gamma + 0,056 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,025 + 0,016 \cdot \Gamma + 0,056 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,032 + 0,024 \cdot \Gamma + 0,079 \cdot \Gamma ^2)$ $\pm (0,04 + 0,034 \cdot \Gamma + 0,126 \cdot \Gamma ^2)$
Диапазон измерений фазы комплексного коэффициента отражения, градус	от 0 до 360
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента отражения	$\pm [1 + 60 \cdot \arcsin(\Delta\Gamma / \Gamma)]$
Диапазон измерений модуля комплексного коэффициента передачи, дБ, в диапазоне частот - AkmeTech AT4957B от 0,05 до 6,5 ГГц - AkmeTech AT4957D от 0,05 до 6,5 ГГц от 6,5 до 18 ГГц - AkmeTech AT4957E от 0,05 до 6,5 ГГц от 6,5 до 18 ГГц от 18 до 26,5 ГГц - AkmeTech AT4957F от 0,05 до 6,5 ГГц от 6,5 до 18 ГГц от 18 до 26,5 ГГц от 26,5 до 33 ГГц от 33 до 40 ГГц	от минус 95 до 0 от минус 85 до 0 от минус 85 до 0 от минус 85 до 0 от минус 85 до 0 от минус 85 до 0 от минус 80 до 0 от минус 85 до 0 от минус 85 до 0 от минус 80 до 0 от минус 75 до 0 от минус 65 до 0
Диапазон измерений фазы комплексного коэффициента передачи, градус	от 0 до 360
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений	

Наименование характеристики	Значение характеристики
модуля комплексного коэффициента передачи, дБ: АТ4957В ¹⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 0,16
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 0,28
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 0,42
АТ4957D ¹⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 0,20
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 0,38
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 0,56
АТ4957Е ²⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 0,25
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 0,40
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 0,87
АТ4957F ³⁾	
до 32 ГГц включ.	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 0,25
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 0,40
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 0,87
свыше 32 ГГц включ.	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 0,30
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 0,55
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 1,00
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи, градус: АТ4957В ¹⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 2,0
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 3,6
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 5,2
АТ4957D ¹⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 3,0
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 5,8
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 8,4
АТ4957Е ²⁾	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 3,0
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 5,8
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 8,4
АТ4957F ³⁾	
до 32 ГГц включ.	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 3,0
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 5,8
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 8,4
свыше 32 ГГц включ.	
- от 0 до минус 30 дБ включ.	± 5,0
- свыше минус 30 до минус 50 дБ включ.	± 9,0
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	± 13,0
Примечания:	
1) Метрологические характеристики гарантируются при совместном использовании с калибровочным комплектом 31101А, 31101В (опция Н04, Н05);	
2) Метрологические характеристики гарантируются при совместном использовании с калибровочным комплектом 31121 (опция Н06);	
3) Метрологические характеристики гарантируются при совместном использовании с калибровочным комплектом 31123 (опция Н07)	

1.3 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость поверяемых комплектов мер к государственным первичным эталонам единиц величин:

- ГЭТ 75-2023 «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678.

- ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в коаксиальных трактах в диапазоне частот 0,03 – 37,5 ГГц», в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461.

1.4 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: непосредственное сличение поверяемого средства измерений с эталоном той же величины.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик	Да	Да	9
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Да	Да	9.1
Определение уровня спектральной плотности мощности фазового шума	Да	Нет	9.2
Определение абсолютной погрешности измерений мощности	Да	Да	9.3
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента отражения	Да	Да	9.4
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи	Да	Да	9.5
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от + 15 до + 25;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7;
- напряжение питания, В 230 ± 23 ;
- частота, Гц 50 ± 1 .

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, и допущенные к проведению поверки установленным порядком.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемый комплект мер и используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 3.1 Контроль условия поверки (при подготовке и проведении поверки средства измерений)	Средства измерений: температуры окружающей среды в диапазоне от 10 до 30°C с абсолютной погрешностью не более 1°C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; атмосферного давления в диапазоне от 86,6 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Приборы комбинированные Testo 622, (рег. № 44744-10)
п. 8.2.1 Проверка присоединительных размеров коаксиальных соединителей	Средства измерений для измерений основных присоединительных размеров коаксиальных соединителей СВЧ трактов с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,02$ мм	Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7 (рег. № 9864-85); Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-3,5

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
		(рег. № 9865-85); Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-05Р-05 (рег. № 68805-17)
9.1	Средства измерений времени и частоты, номинальное значение выходного сигнала 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-10}$; Средства измерений времени и частоты, диапазон измерений частоты сигнала от 0,001 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте $\pm 2 \cdot 10^{-8}$ Гц	Генератор рубидиевый опорный LPFRS-01 (рег. № 28435-04) Частотомер универсальный ЧЗ-89 (рег. № 47058-11)
9.2	Генератор сигналов с диапазоном частот от 250 кГц до 40 ГГц; пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$, пределы изменения уровня выходной мощности на выходе прибора в режиме НК от минус 110 до 11 дБм, уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 130 дБн/Гц, на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц не более минус 110 дБн/Гц	Генератор сигналов E8257D (рег. № 36419-07)
9.3	Средства измерений мощности в диапазоне частот от 0 до 40 ГГц, диапазон измерений мощности от 100 мкВт до 100 мВт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности не более $\pm 5\%$	Калибратор мощности СВЧ NRPC18 (NRPC50) (рег. № 54535-13) Ваттметр поглощаемой мощности NRP50T (рег. № 69958-17)
9.4	Средства измерений комплексных коэффициентов отражения в коаксиальных трактах в диапазоне частот 0,02 до 50 ГГц, диапазон измерений комплексного коэффициента отражения от 0,01 до 0,33, погрешность измерений модуля комплексного коэффициента отражения от 0,01 до 0,014, погрешность измерений фазы комплексного коэффициента отражения от 1,5 до 5 градусов	Вторичный эталон единицы волнового сопротивления (2.1.BXH.0102.2023) Наборы мер НЗМ (рег. № 70750-18)
9.5	Набор мер комплексных коэффициентов передачи в диапазоне частот от 20 МГц до 40 ГГц, диапазон воспроизведения (измерений) модуля коэффициента передачи (ослабления) от 0 до минус 70 дБ, пределы допускаемой	Прибор для измерений ослабления ДК1-26 (рег. № 38361-08); Вторичный эталон

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
	абсолютной погрешности определения действительных значений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот от 20 МГц до 18 ГГц не более $\pm 0,124$ дБ; в диапазоне частот свыше 18 до 32 ГГц не более $\pm 0,162$ дБ; в диапазоне частот свыше 32 до 37,5 ГГц не более $\pm 0,21$ дБ; погрешность измерений фазы коэффициента передачи в диапазоне частот от 20 МГц до 18 ГГц не более $\pm 1,54$ градуса; в диапазоне частот свыше 18 до 32 ГГц не более $\pm 4,2$ градуса; в диапазоне частот свыше 32 до 37,5 ГГц не более $\pm 6,5$ градусов	единицы комплексного коэффициента отражения (2.1ВХН.0002.2021); Наборы мер НЗМ (рег. № 70750-18)
Примечание – допускается использовать при поверке аналогичные поверенные средства измерения утвержденного типа, утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, обеспечивающие необходимое соотношение погрешностей поверяемого и эталонного средства измерений.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.3.019, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 К выполнению операций поверки и обработке результатов наблюдений могут быть допущены только лица, аттестованные в качестве поверителя в установленном порядке.

6.3 Все блоки и узлы, а также используемые средства измерений должны быть надежно заземлены. Коммутации и сборки электрических схем для проведения измерений должны проводиться только на выключенной и полностью обесточенной аппаратуре.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Внешний вид и комплектность проверить на соответствие данным, приведенным в руководстве по эксплуатации (РЭ) на анализатор.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации, наличие маркировок с указанием типа и заводского номера;
- соответствие внешнего вида и опломбирования описанию типа;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на функциональность средства измерений;
- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов;
- состояние лакокрасочного покрытия (царапины, локальные изменения цвета и потертости не приводящие к потере читаемости информационных надписей и маркировки допускаются).

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными при отсутствии дефектов, нарушающих функциональность, и соответствии описанию типа. В противном случае, анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется для проведения ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 На поверку представляют анализатор, полностью укомплектованный в соответствии с паспортом на него.

8.1.2 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с документацией на анализатор и подготавливает все материалы и средства поверки, необходимые для проведения поверки.

8.1.3 Контроль условий проведения поверки по пункту 3.1 провести перед началом поверки, а затем периодически, но не реже одного раза в час.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 Произвести проверку присоединительных размеров всех коаксиальных соединителей анализатора, кабелей и мер калибровки. Проверке подлежит присоединительный размер «А» (рисунки 1 и 2).

8.2.2 Проверку присоединительных размеров коаксиальных соединителей проводить с применением комплектов для измерения присоединительных размеров КИСК-7, КИСК-3,5, КИПР-05Р-05 для используемых типов коаксиальных соединителей тип III (вариант 3), тип IX (вариант 2), тип I, в соответствии с ГОСТ 13317-89.

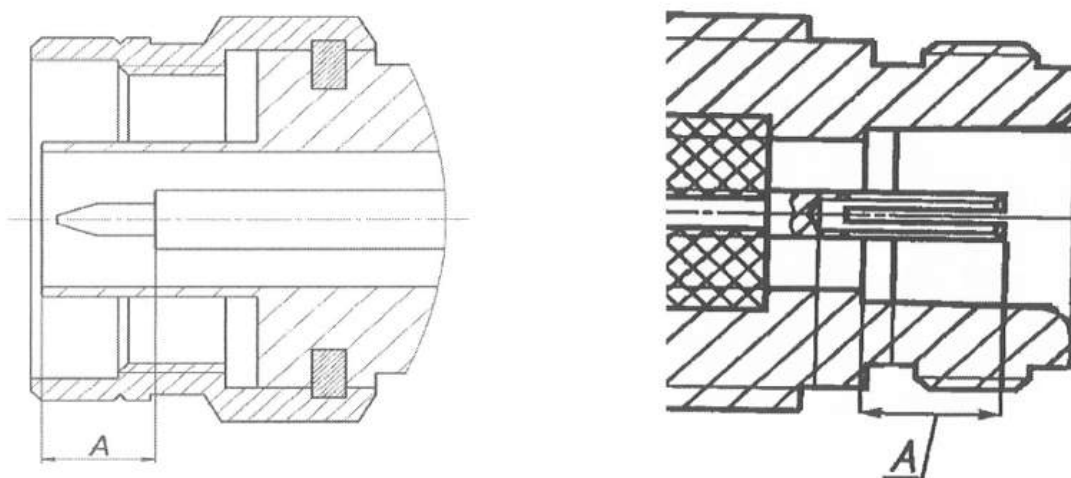


Рисунок 1 – Соединители тип III (вариант 3)

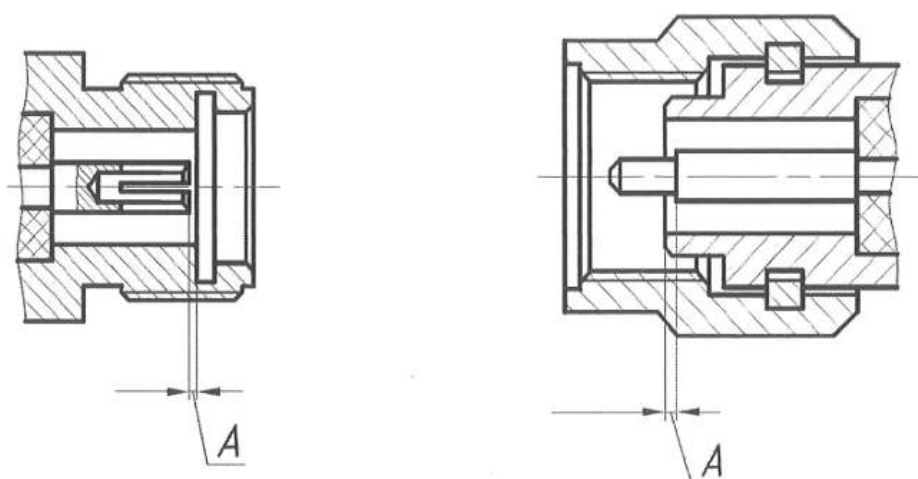


Рисунок 2 – Соединители тип I и IX (вариант 2)

8.2.3 Присоединительный размер «А» должен соответствовать следующим требованиям:

- для соединителей типа III (розетка) должен находиться в пределах $5,26_{-0,05}$ мм;
- для соединителей типа III (вилка) должен находиться в пределах $5,26^{+0,05}$ мм.
- для соединителей тип IX вариант 2 (вилка), тип IX вариант 2 (розетка), тип I (вилка), тип I (розетка) находится в пределах $0,00_{-0,05}$ мм.

8.2.4 Включить анализатор, после загрузки встроенной операционной системы нажать кнопку «System», далее кнопку «Info».

8.2.5 Зафиксировать в рабочем журнале версию программного обеспечения.

8.2.6 Подготовить анализатор к работе (в режиме анализатора цепей) в соответствии с РЭ, выполнив необходимые подготовительные операции для измерений коэффициента передачи (с учетом калибровки по мерам комплексного коэффициента отражения и передачи).

8.2.7 Установить следующие параметры настройки:

диапазон частот в соответствии с таблицей 4;

полоса фильтра ПЧ: 10 Гц.

Таблица 4 – Диапазон частот

Модель анализатора	Диапазон рабочих частот, Гц
AT4957B	от $1 \cdot 10^7$ до $6,5 \cdot 10^9$
AT4957D	от $1 \cdot 10^7$ до $18 \cdot 10^9$
AT4957E	от $1 \cdot 10^7$ до $26,5 \cdot 10^9$
AT4957F	от $1 \cdot 10^7$ до $40 \cdot 10^9$

8.2.8 Подключить выход 1 «Port 1» к выходу 2 «Port 2» с помощью кабеля из состава анализатора.

8.2.9 Выполнить измерение модуля комплексного коэффициента передачи S_{21} ;

8.2.10 Модуль коэффициента передачи находится в границах от минус 0,2 дБ до 0,2 дБ.

8.2.11 Результат опробования считать положительным, если выполняются требования п. 8.2.3 и 8.2.10, версия программного обеспечения имеет номер не ниже 2.6.3, и на всех этапах проверки отсутствовали ошибки и предупреждающие сообщения программного обеспечения.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

9.1.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводить в следующей последовательности.

9.1.2 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 3.

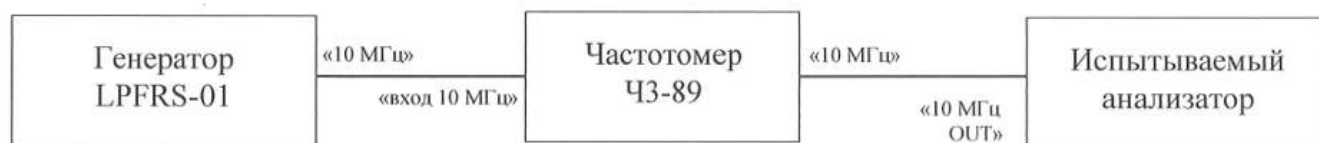


Рисунок 3 – Схема подключения для определения относительной погрешности частоты опорного генератора

9.1.3 Подготовить анализатор и частотомер универсальный (далее – частотомер) к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

9.1.4 Через 30 минут измерить частоту опорного генератора $f_{НОМ}$, в МГц. Результат измерений зафиксировать в протоколе измерений.

9.1.5 Вычислить значение относительной погрешности частоты опорного генератора по формуле (1):

$$\delta_{ог} = \frac{f_{НОМ} - f_{ИЗМ}}{f_{НОМ}}, \quad (1)$$

где $f_{НОМ}$ – номинальное значение частоты опорного генератора;

$f_{ИЗМ}$ – значение частоты, измеренное частотомером.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.1.6 Результаты считать положительными, если значение $\delta_{ог}$ не более $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

9.2 Определение уровня спектральной плотности мощности фазового шума

9.2.1 Определение уровня спектральной плотности мощности фазового шума в одной боковой полосе проводят методом прямых измерений на несущих частотах 1 и 10 ГГц (для анализаторов АТ4957D, АТ4957Е, АТ4957F) при подаче на вход анализатора синусоидального сигнала.

9.2.2 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема подключения для определения собственного фазового шума анализатора

Выполнить следующие установки генератора сигналов:

- установить частоту сигнала 1 000 МГц;
- установить мощность сигнала 0 дБмВт.

9.2.3 Выполнить следующие установки анализатора:

- выполнить сброс к заводским настройкам;
- выбрать режим измерений – («SA») анализатор спектра;
- установить центральную частоту 1 000 МГц;
- установить усреднение трассы по 100 разверткам;
- ослабление входного аттенюатора – «auto»;
- соотношение полос пропускания «RBW/VBW» – 0,1;
- значение опорного уровня – 5дБ (относительно 1 мВт);

- значения отстройки от несущей, полосы обзора в соответствии с таблицей 5.
Таблица 5 – Настройки анализатора в режиме измерений СПМ фазового шума

№ п/п	Отстройка от несущей ($f_{отс}$), Гц	Полоса обзора (Span), Гц	Полоса пропускания (RBW), Гц
1	100	250	3
2	1 000	2 500	30
3	30 000	65 000	300
4	100 000	250 000	3 000
5	1 000 000	2 500 000	30 000
6	10 000 000	25 000 000	300 000

9.2.4 Установить первый маркер M_1 анализатора на максимальное значение уровня мощности сигнала (детектор пиковый). Зафиксировать показания маркера $P_{сигн}$ после выполнения усреднений.

9.2.5 Активировать дельта-маркер ΔM_1 . Сместить значение центральной частоты анализатора таким образом, чтобы второй дельта-маркер ΔM_1 анализатора установить на частоту отстройки $f_{отс}$ 100 Гц относительно маркера M_1 и зафиксировать показания маркера $P_{шум.изм}$ после выполнения усреднений (детектор СКЗ).

9.2.6 Повторить измерения для других частот отстройки от несущей в соответствии с настройками анализатора по таблице 5.

9.2.7 Вычислить спектральную плотность мощности фазового шума анализатора на частоте сигнала 1 ГГц для каждой отстройки частоты по формуле:

$$L_{изм}(f_{отс}) = P_{ш.изм}(f_{отс}) - 10 \cdot \log_{10}(RBW) - P_{сигн}, \text{ дБн/Гц} \quad (2)$$

9.2.8 Повторить измерения для частоты сигнала 10 ГГц (для анализаторов АТ4957D, АТ4957Е, АТ4957F).

9.2.9 Результаты испытаний считать положительными, если спектральная плотность мощности фазового шума анализатора не превышает указанных значений:

Наименование характеристики	Значение	
	Akmetech АТ4957В	Akmetech АТ4957D, АТ4957Е, АТ4957F
Спектральная плотность мощности фазового шума на частоте 1 ГГц, дБн/Гц, не более:		
при отстройке 100 Гц		-86
при отстройке 1 кГц	-	-89
при отстройке 30 кГц	-	-99
при отстройке 100 кГц	-108	-97
при отстройке 1 МГц	-112	-115
при отстройке 10 МГц	-118	-125
Спектральная плотность мощности фазового шума на частоте 10 ГГц, дБн/Гц, не более:		
при отстройке 100 Гц		-75
при отстройке 1 кГц	-	-92
при отстройке 10 кГц	-	-95
при отстройке 100 кГц	-	-90
при отстройке 1 МГц	-	-108
при отстройке 10 МГц	-	-125

9.3 Определение абсолютной погрешности измерений мощности

9.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений мощности выполнить методом прямых измерений с применением ваттметра проходящей или поглощаемой мощности.

9.3.2 Для поверки анализаторов АТ4957 в диапазоне частот от 50 МГц до 18 ГГц (для модели АТ4957В до 6,5 ГГц) собрать схему, представленную на рисунке 5.

9.3.3 Последовательно устанавливать на генераторе 8257D частоты, указанные в таблице 6, зафиксировать показания испытываемого анализатора (P_A) и ваттметра проходящей мощности (P_3).



Рисунок 5 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений мощности

9.3.4 Погрешность измерений мощности рассчитать по формуле:

$$\delta P = P_A - P_3 \quad (3)$$

9.3.5 Для испытаний анализаторов АТ4957Е и АТ4957F в диапазоне частот от 18 ГГц до 40 ГГц собрать схему, представленную на рисунке 6.

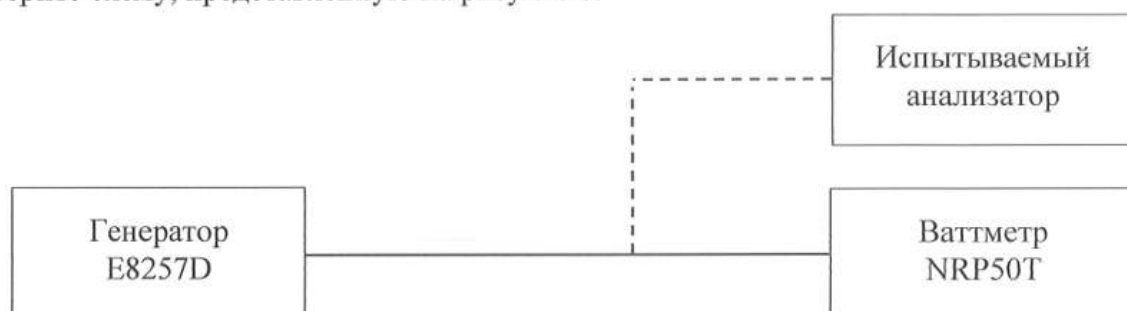


Рисунок 6 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений мощности в диапазоне частот от 18 ГГц до 40 ГГц

9.3.6 Установить на генераторе E8257D частоту сигнала 24 ГГц, уровень выходной мощности 0 дБ (относительно 1 мВт), и выполнить прямые измерения выходного сигнала с использованием ваттметра NRP50T (P_3). Зафиксировать результат в рабочем журнале.

9.3.7 Отключить ваттметр NRP50T и вместо него подключить поверяемый анализатор. Выполнить прямые измерения выходного сигнала с использованием анализатора (P_A) и зафиксировать их в рабочем журнале.

9.3.8 Повторить операции по п. 9.5.5 – 9.5.7 для всех частот, указанных в таблице 6.

9.3.9 Погрешность измерений мощности рассчитать по формуле (3):

9.3.10 Результаты поверки считать положительными если расчётные значения абсолютной погрешности измерений мощности не превышают значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 – Контролируемые частоты

Наименование характеристики	Контролируемые частоты, ГГц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ,
1	2	3
АТ4957В - от 0,01 до 6,5 ГГц	0,05; 2; 4; 6,5	±1,8
АТ4957D - от 0,01 до 18 ГГц	0,05; 4; 8; 12; 18	±2,0
АТ4957Е - от 0,01 до 18 ГГц включ.	0,05; 4; 8; 12; 18;	±2,0
- свыше 18 до 26,5 ГГц	22; 26,5	±2,3
АТ4957F - от 0,01 до 18 ГГц включ.	0,05; 4; 8; 12; 18;	±2,0
- свыше 18 до 26,5 ГГц включ.	22; 26,5;	±2,3
- свыше 26,5 до 40 ГГц	30; 34; 37,5; 40	±2,7

9.4 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента отражения

9.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента отражения (ККО) выполняется (после выполнения калибровки анализатора) методом прямых измерений ККО эталонных мер (нагрузок с различными номинальными значениями ККО). Измерения выполнить в следующей последовательности.

9.4.2 Подготовить анализатор к работе в соответствии с РЭ (с учетом градуировки по мерам ККО из состава анализатора), для чего выбрать режим перестройки частоты по частотным точкам, указанным в таблице 7.

Таблица 7 – Настройки анализатора при определении абсолютной погрешности измерений модуля и фазы ККО

Модель анализатора	Значение параметра
АТ4957В	20 МГц; от 250 до 1 ГГц с шагом 250 МГц; свыше 1 до 6 ГГц с шагом 1 ГГц 6,5 ГГц
АТ4957D	20 МГц; от 250 до 1 ГГц с шагом 250 МГц; свыше 1 до 18 ГГц с шагом 1 ГГц
АТ4957Е	20 МГц; от 250 до 1 ГГц с шагом 250 МГц; свыше 1 до 26 ГГц с шагом 1 ГГц 26,5 ГГц
АТ4957F	20 МГц; от 250 до 1 ГГц с шагом 250 МГц; свыше 1 до 40 ГГц с шагом 1 ГГц

9.4.3 Подключить меру ККО «согласованная нагрузка» ($|\Gamma|=0$) к выходу №1 анализатора.

9.4.4 Зафиксировать результаты измерений модуля ККО ($|\Gamma|$) в линейном масштабе в рабочем журнале, на частотных точках, указанных в таблице 7 (сохранить трассу измерений).

9.4.5 Рассчитать абсолютную погрешность измерения модуля КО $\Delta|S_{xx}^{ИЗМ}|$ (т.е. $\Delta|S_{11}|$ или $\Delta|S_{22}|$, отн. ед.), по формуле (4):

$$\Delta|S_{xx}^{ИЗМ}| = |S_{xx}^{ИЗМ}| - |S_{xx}^{ЭТ}| \quad (4)$$

где $\Delta|S_{xx}^{ИЗМ}|$ – погрешность измерений модуля коэффициента отражения;
 $|S_{xx}^{ИЗМ}|$ – измеренное значение модуля коэффициента отражения нагрузки;
 $|S_{xx}^{ЭТ}|$ – действительное значение модуля коэффициента отражения нагрузки;

9.4.6 Повторить операции по п. 9.4.3 - 9.4.5 для мер с номинальным значением модуля ККО $|\Gamma|=0,33$.

9.4.7 Повторить операции по п. 9.4.3 - 9.4.6 для выхода №2 анализатора.

9.4.8 Выбрать формат отображения «Phase» и зафиксировать результаты измерений фазы ККО ($\Phi_{xx}^{ИЗМ}$) в рабочем журнале, на частотных точках, указанных в таблице 7 (сохранить трассу измерений).

9.4.9 Рассчитать абсолютную погрешность измерения фазы КО $\Delta\Phi_{xx}^{ИЗМ}$, градус, по формуле (5).

$$\Delta\Phi_{xx}^{ИЗМ} = \Phi_{xx}^{ИЗМ} - \Phi_{xx}^0 \quad (5)$$

где $\Delta\Phi_{xx}^{ИЗМ}$ – погрешность измерений фазы коэффициента отражения, градус;

$\Phi_{xx}^{ИЗМ}$ – измеренное значение фазы коэффициента отражения нагрузки, градус;

Φ_{xx}^0 – действительное значение фазы коэффициента отражения нагрузки, градус.

9.4.10 Повторить п. 9.4.8 - 9.4.9 используя нагрузку с номинальным значением модуля ККО $|\Gamma|=0,33$. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.11 Результаты поверки считать положительными, если $\Delta|S_{xx}^{ИЗМ}|$ для всех использованных нагрузок, не превышают значений $\Delta|S_{xx}|$, приведенных в таблице 8, а $\Delta\Phi_{xx}^{ИЗМ}$ не превышает значений, рассчитанных по формуле (6)

$$\Delta\Phi_{xx}^{\max} = 1 + 60 \cdot \arcsin(|\Delta\Gamma|/|\Gamma|) \quad (6)$$

Таблица 8 – Метрологические характеристики анализатора в режиме измерения ККО

Параметр	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента отражения ($ \Delta\Gamma $), в диапазоне частот	
АТ4957В	
- от 0,05 до 6,5 ГГц	$\pm (0,01+0,007 \cdot \Gamma +0,022 \cdot \Gamma ^2)$
АТ4957D	
- от 0,05 до 6,5 ГГц	$\pm (0,016+0,015 \cdot \Gamma +0,032 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 6,5 до 18 ГГц	$\pm (0,025+0,016 \cdot \Gamma +0,040 \cdot \Gamma ^2)$
АТ4957Е	
- от 0,05 до 6,5 ГГц	$\pm (0,016+0,015 \cdot \Gamma +0,032 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 6,5 до 18 ГГц	$\pm (0,025+0,016 \cdot \Gamma +0,040 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 18 до 26,5 ГГц	$\pm (0,032+0,024 \cdot \Gamma +0,056 \cdot \Gamma ^2)$
АТ4957F	
- от 0,05 до 6,5 ГГц	$\pm (0,025+0,015 \cdot \Gamma +0,056 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 6,5 до 18 ГГц	$\pm (0,025+0,016 \cdot \Gamma +0,056 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 18 до 26,5 ГГц	$\pm (0,032+0,024 \cdot \Gamma +0,079 \cdot \Gamma ^2)$
- свыше 26,5 до 40 ГГц	$\pm (0,04 +0,034 \cdot \Gamma +0,126 \cdot \Gamma ^2)$

9.5 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи

9.5.1 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи возможно двумя методами. Последовательность проверки с

использованием эталонных измерителей ККО приведена в методе 1 (п. 9.5.2 - 9.5.9); мер ослабления (аттенюаторов) – в методе 2 (п. 9.5.10 - 9.5.12).

9.5.2 Определение абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи (ККП) в диапазоне частот от 50 МГц до 37,5 ГГц выполняется методом компарирования с применением установки для измерения ослабления и фазового сдвига

ДК1-26, а в диапазоне частот от 37,5 до 40 ГГц с применением вторичного эталона рег. № 2.1ВХН.0002.2021 в следующей последовательности.

9.5.3 Подготовить поверяемый анализатор к работе в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации (с учетом процедуры градуировки по мерам ККО).

9.5.4 Подключить аттенюатор с номинальным значением 20 дБ к рабочему (вторичному) эталону и выполнить прямые измерения модуля (S_{21}^3) и фазы (φ_{21}^3) ККП. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.5.5 Повторить операции по п. 9.5.4 для аттенюаторов с номинальными значениями ослабления 40 дБ и 70 дБ. Допускается применение последовательно соединённых фиксированных аттенюаторов.

9.5.6 Подключить аттенюатор с номинальным значением 20 дБ, измеренный на рабочем (вторичном) эталоне, к поверяемому анализатору между выходом №1 и №2 и выполнить прямые измерения модуля (S_{21}^3) и фазы (φ_{21}^3) ККП. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.5.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерения модуля ККП $\Delta|S_{21}|$ по формуле (7).

$$\Delta|S_{21}| = |S_{21}^A| - |S_{21}^3| \quad (7)$$

где $|S_{21}^A|$ – значение модуля ККП, измеренное поверяемым анализатором;

$|S_{21}^3|$ – значение модуля ККП аттенюатора, измеренное на установке ДК1-26 (вторичном эталоне).

9.5.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерения фазы ККП $\Delta\varphi_{21}^A$, градус, по формуле (8).

$$\Delta\varphi_{21} = \varphi_{21}^A - \varphi_{21}^3 \quad (8)$$

где $\Delta\varphi_{21}^{\text{ИЗМ}}$ – значение фазы ККП, измеренное поверяемым анализатором, градус;

φ_{21}^3 – значение фазы ККП аттенюатора, измеренное на установке ДК1-26 (вторичном эталоне).

9.5.9 Повторить операции по п. 9.5.6 - 9.5.8 для аттенюаторов с номинальным значением ослабления 40 дБ и 70 дБ.

9.5.10 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи (ККП) с использованием наборов мер ослабления выполняется методом прямых измерений в следующей последовательности.

9.5.11 Подготовить поверяемый анализатор к работе в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации (с учетом процедуры градуировки по мерам ККО).

9.5.12 Подключить аттенюатор с номинальным значением 20 дБ между выходом №1 и №2 и поверяемого анализатора и выполнить прямые измерения модуля (S_{21}^3) и фазы (φ_{21}^3) ККП. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

9.5.13 Повторить операции по п. 9.5.12 для аттенюаторов с номинальными значениями ослабления 40 дБ и 70 дБ. Допускается применение последовательно соединённых фиксированных аттенюаторов.

9.5.14 Рассчитать абсолютную погрешность измерения модуля ККП $\Delta|S_{21}|$ по формуле (7), абсолютную погрешность измерения фазы ККП $\Delta\varphi_{21}^A$, градус, по формуле (8).

9.5.15 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерений модуля ККП $\Delta|S_{21}|$ и фазы ККП $\Delta\varphi_{21}$, не превышают значений, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 - Метрологические характеристики анализатора в режиме измерения ККП

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента передачи, дБ:	
АТ4957В	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 0,2$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 0,35$
АТ4957D	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 0,27$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 0,61$
АТ4957Е	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 0,35$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 0,87$
АТ4957F	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 0,55$
- свыше минус 50 до минус 60 дБ включ.	$\pm 1,00$
- свыше минус 60 до 70 дБ включ.	$\pm 1,65$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы комплексного коэффициента передачи, градус:	
АТ4957В	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 3,6$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 5,2$
АТ4957D	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 5,8$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 8,4$
АТ4957Е	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 5,8$
- свыше минус 50 до минус 70 дБ включ.	$\pm 8,4$
АТ4957F	
- от 0 до минус 50 дБ включ.	$\pm 9,0$
- свыше минус 50 до минус 60 дБ включ.	$\pm 12,0$
- свыше минус 60 до 70 дБ включ.	$\pm 13,0$

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10 Анализатор считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если он соответствует требованиям, предъявляемым к средствам измерений, в соответствии Государственной поверочной схемой для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки изделий передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По заявлению владельца изделия или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие изделия

метрологическим требованиям) наносится знак поверки и (или) выдается свидетельство о поверке. В свидетельстве о поверке указывается соответствие обязательным требованиям, предъявляемым к средствам измерений, в соответствии Государственной поверочной схемой для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678.

11.3 По результатам поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме. Допускается протокол поверки приводить на оборотной стороне свидетельства о поверке.

11.4 Способ защиты средства измерений от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



А.С. Швед