

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»

кабря 2021 г.



Анализаторы источников сигналов Е5052В с СВЧ преобразователями частоты Е5053А

651-21-089 МП

2021 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки анализаторов источников сигналов E5052B с СВЧ преобразователями частоты E5053A (далее - анализаторы, изделие), заводские номера:

- с опцией E5052-011: МУ47402014 МУ45200796; МУ47100603 МУ45100374; МУ47402013 МУ45200797; МУ47402008 МУ45400791; МУ47201589 МУ45200691; МУ47402010 МУ45200785; МУ47402006 МУ45200788; МУ47701135 МУ45501042;
- без опции E5052-011: МУ47201255 МУ45100572; МУ47100881 МУ45100472; МУ47402011 МУ45200787; МУ47201464 МУ45200638; МУ47401992 МУ45200782; МУ47402012 МУ45200783,

изготовленных компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия, и находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость анализаторов:

- к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц ГЭТ 26-2010;

- к государственному первичному эталону единицы спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения в диапазоне частот от 0,002 до 178,3 ГГц ГЭТ 21-2021.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.3 Первичной поверке подлежат анализаторы, выходящие из ремонта.

Периодической поверке подлежат изделия, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.4 Интервал между поверками 1 (один) год.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки анализаторов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
3 Проверка соответствия программного обеспечения (далее - ПО)	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да
4.1 Определение уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 400 МГц до 7 ГГц	10.1	да	да
4.2 Определение абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов	10.2	да	да
4.3 Определение уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 3 до 26,5 ГГц	10.3	да	да

2.2 Поверка анализаторов осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин и на меньшем диапазоне измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца средства измерения.

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.1, 10.2, 10.3	Генератор сигналов E8257D, диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $7,5 \cdot 10^{-8}$, диапазон выходных значений от минус 135 до плюс 17 дБм, пределы допускаемой погрешность установки уровня выходного сигнала $\pm(0,6 - 2,5)$ дБ
10.2	Генератор сигналов N5173B, диапазон частот от 9 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $1 \cdot 10^{-6}$, диапазон выходных значений от минус 130 до плюс 30 дБм, пределы допускаемой погрешность установки уровня выходного сигнала $\pm(0,6 - 2,0)$ дБ
10.2	Анализатор сигналов SPN9026A, диапазон частот от 10 Гц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $1 \cdot 10^{-7}$, диапазон входных значений от минус 156 до плюс 23 дБм, пределы допускаемой погрешность установки уровня выходного сигнала $\pm(0,4 - 3,6)$ дБ

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке.

3.4 При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов таблицы 1 измеритель модуляции бракуется и направляется в ремонт.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и документацией по поверке.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации измерителя модуляции и средств поверки.

5.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в одной точке в соответствии с документацией.

5.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, не более, % 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра анализатора проверить:

- отсутствие механических повреждений и чистоту соединительных разъемов;
- наличие и целостность наружных деталей и пломб (наклейки);
- полноту маркировки и её сохранность, все надписи должны быть читаемы.

7.2 Проверку комплектности проводить сличением действительной комплектности с данными формуляра.

7.3 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, перечисленные в пунктах 7.1 и 7.2.

7.4 Анализатор, не удовлетворяющий положительным критериям внешнего осмотра, признается непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и срок действия свидетельств о поверке на средства поверки.

8.1.2 Подготовить средства поверки к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации СИ.

8.2 Опробование

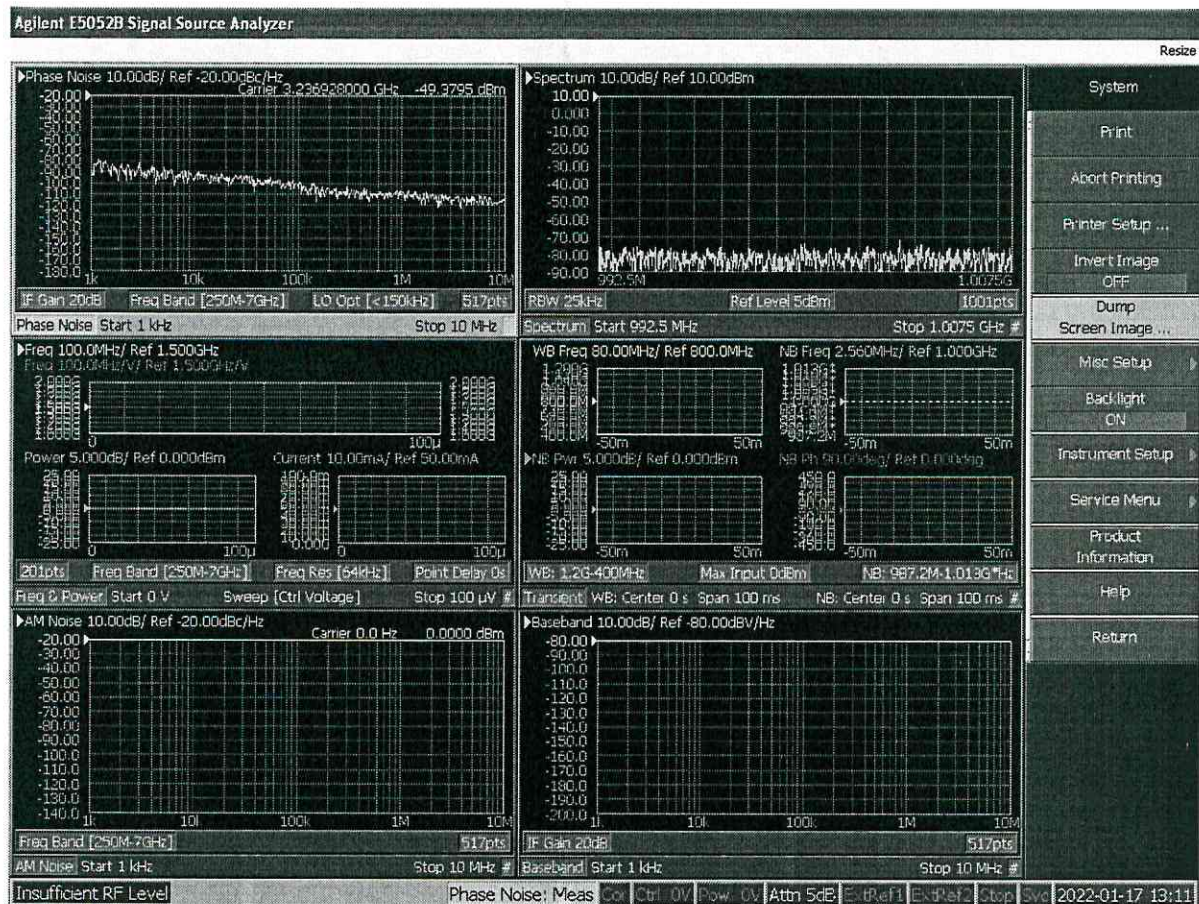
8.2.1 Подключить поверяемый анализатор к сети питания согласно РЭ.

8.2.2 После включения анализатора и загрузки программы на экране первым появляется вид главного рабочего окна программы, представленное на рисунке 1.

8.2.3 Убедиться в том, что все кнопки (органы управления) функционируют.

8.2.4 Результаты проверки работоспособности анализатора считать положительными, если при включении прибора устанавливается главное рабочее окно программы, кнопки (органы управления) функционируют.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.



- в нижней части экрана находится строка состояний;
- в центральной части экрана приведены 6 измерительных окон;
- в правой части находится панель управления

Рисунок 1 – Главное рабочее окно программы

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Включить анализатор. Через 4 – 5 минут на ЖК-дисплее отобразится вид главного рабочего окна программы (рисунок 1).

9.2 Выполнить проверку версии ПО анализатора путём нажатия клавиш:

System → Product Information.

9.3 В открывшемся окне зафиксировать наличие или отсутствие опции 011 в строке «Option:», а также номер версии ПО в строке «FW revision:»

9.4 Результаты проверки версии ПО считать положительными, если версия ПО не ниже 2.51.

В противном случае результат идентификации ПО считать отрицательным, и проверяемый анализатор признается непригодным к применению.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 400 МГц до 7 ГГц

10.1.1 Определение уровня чувствительности анализатора источников сигналов E5052B в режиме измерений амплитудных шумов проводится в диапазоне частот от 400 МГц до 7 ГГц при режиме измерений с одной корреляцией.

10.1.2 Для проведения измерений собрать схему, изображенную на рисунке 2. Подключить выход «RF OUTPUT» генератора E8257D к входу «RF IN» анализатора E5052B.

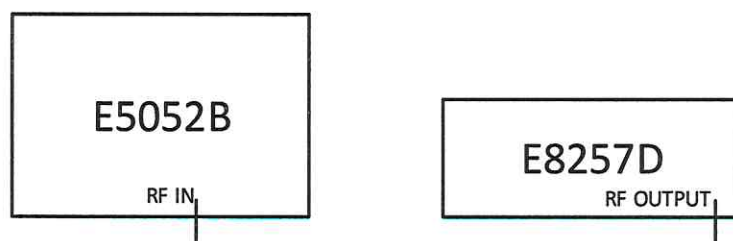


Рисунок 2 – Определение уровня чувствительности анализатора источников сигналов E5052B в режиме измерений амплитудных шумов

10.1.3 Подать с генератора E8257D сигнал с несущей частотой 400 МГц и уровнем мощности 10 дБм путём нажатия клавиш:

Frequency → 400 MHz;

Amplitude → 10 dBm;

RF On/Off.

На анализаторе выбрать окно режима измерений амплитудных шумов и установить маркеры на точки 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 5 кГц, 100 кГц, 1 МГц, 10 МГц и 40 МГц путём нажатия на тащ-экране на измерительное окно «AM Noise», а затем последовательно клавиш:

Window Max;

Trigger → Tracer to AM Noise;

Marker → Marker 1 – 10 Hz;

Marker → Marker 2 – 100 Hz;

...

Marker – Marker 8 – 40 MHz.

10.1.4 Провести измерения уровня чувствительности путём считывания маркеров 1-8.

10.1.5 Соотнести измеренные значения с таблицей 3. При превышении измеренных значений установленных предельных значений повторить измерения для конкретных точек, увеличив уровень выходной мощности генератора E8257D до 20 дБм. При повторных неудовлетворительных результатах увеличить уровень мощности генератора E8257D до 25 дБм, игнорируя ошибку «UNLEVEL» на экране генератора.

Таблица 3 – Допускаемый уровень чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов, не более, дБн/Гц

	Отстройка от несущей							
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	40 МГц
без опции E5052B-011	-103	-117	-127	-138	-147	-150	-154	-155
с опцией E5052B-011	-100	-114	-124	-135	-144	-147	-151	-152

10.1.6 Повторить измерения пп.10.1.3 – 10.1.5 для несущих частот генератора 1 ГГц и 7 ГГц

10.1.7 Результаты поверки по пункту 10.1 считать положительными, если итоговые измеренные значения уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 400 МГц до 7 ГГц не превышают допускаемых значений, указанных в таблице 3.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов

10.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов осуществляется на частоте 1 ГГц

10.2.2 Подготовить к работе генератор E8257D и генератор N5173B. Собрать измерительную схему согласно рисунку 3. Подключить генераторы к выходам делителя мощности.

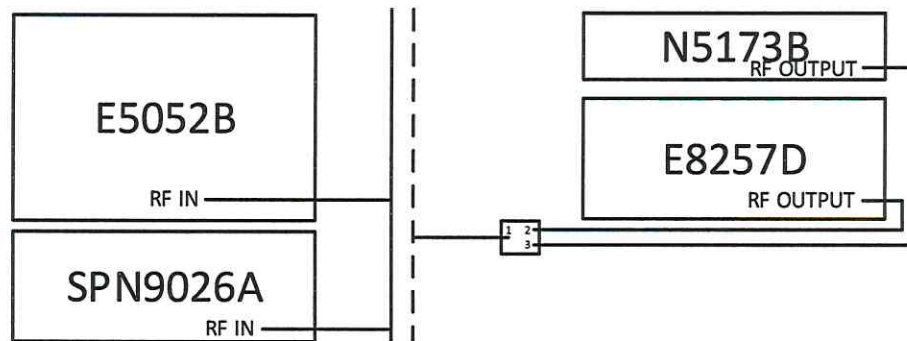


Рисунок 3 – Определение абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов

10.2.3 На генераторе E8257D выставить несущую частоту 1 ГГц и уровень мощности 10 дБм путём нажатия клавиш:

Frequency → 1 GHz;
Amplitude → 10 dBm;
RF On/Off.

10.2.4 На генераторе N5173B выставить несущую частоту 1,0000001 ГГц, соответствующую смещению 100 Гц относительно несущей частоты генератора E8257D, уровень выходной мощности минус 40 дБм путём нажатия клавиш:

Frequency → 1,0000001 GHz;
Amplitude → минус 40 dBm;
RF On/Off.

10.2.5 Зафиксировать измеренное значение относительного уровня мощности между генераторами E8257D и N5173B с помощью анализатора спектра SPN9026A, используя дельта-маркер, путём нажатия клавиш на анализаторе в режиме анализатора спектра.

Mode Preset;
AMPT YScale → Ref Level → 10 dBm;
FREQ Channel → Center Freq → 1 GHz;
SPAN X Scale → Span → 1 kHz;
BW → Res BW → 1 Hz;
Peak Search;
Marker → Delta;
Peak Search → Next Peak.

10.2.6 Зафиксировать измеренное значение дельта – маркера. Повторить измерения п 4.5.3 для отстроек 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц, 10 МГц и 40 МГц, выставляя несущие частоты генератора N5173A 1,000001; 1,00001; 1,0001; 1,001; 1,01 и 1,04 ГГц соответственно, путём нажатия на генераторе клавиш:

Frequency → 1.000001 GHz;
Frequency → 1.00001 GHz;
 ...
Frequency → 1.04 GHz.

На анализаторе выставлять для каждого измерения соответствующие значения SPAN 3 кГц, 30 кГц, 210 кГц, 2,01 МГц, 20,01 МГц, 80,01 МГц и полосы разрешения RBW 10 Гц и 100 Гц, путём нажатия последовательно для измерения клавиш:

SPAN X Scale → Span -> 3 kHz;
BW → Res BW → 10 Hz;
SPAN X Scale → Span -> 30 kHz;
BW → Res BW → 100 Hz;

...
SPAN X Scale → Span → 80.1 MHz;
BW → Res BW → 100 Hz.

10.2.7 Провести измерения на анализаторе E5052B для всех отстроек устанавливая значения генератора N5173B аналогично пп. 10.2.3 и 10.2.5. Измерять значения на анализа-

торе с помощью маркера, установив отображение детерминированных шумовых составляющих Spurs, путём нажатия следующих клавиш:

Trace/View → Spurious → Power (dBc);

Marker Search → Search Max.

10.2.8 Рассчитать значение абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов по формуле (1):

$$\Delta N = P_{E5052B} - P_{SPN9026A} + 6\text{дБ}, \quad (1)$$

где P_{E5052B} – измеренный уровень Spurs на E5052B маркером на заданной отстройке;

$P_{SPN9026A}$ – измеренный уровень отношений мощностей генератором с помощью дельта-маркера на SPN9026A на заданной отстройке;

6 дБ – корректирующий коэффициент из-за отображения амплитудных шумов в односторонней боковой полосе.

10.2.9 Результаты испытаний считать положительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений амплитудных шумов находятся в допустимых пределах, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы допускаемой погрешности измерений амплитудных шумов E5052B

Отстройки от несущей	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, дБ
от 100 Гц до 1 кГц	±4
от 1 кГц до 1 МГц	±2
от 1 МГц до 40 МГц	±3

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению.

10.3 Определение уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 3 до 26,5 ГГц

10.3.1 Определение уровня чувствительности анализатора E5052B в режиме измерений амплитудных шумов проводится на несущих частотах от 3 до 26,5 ГГц при подключении блока E5053A к анализатору E5052B в соответствии с руководством по эксплуатации и использованию в качестве входа «Downconverter», путём нажатия клавиш:

Input → Input Port → Downconverter.

10.3.2 Собрать измерительную схему согласно рисунку 4. Подключить выход «RF OUTPUT» к входу СВЧ преобразователя «RF IN».

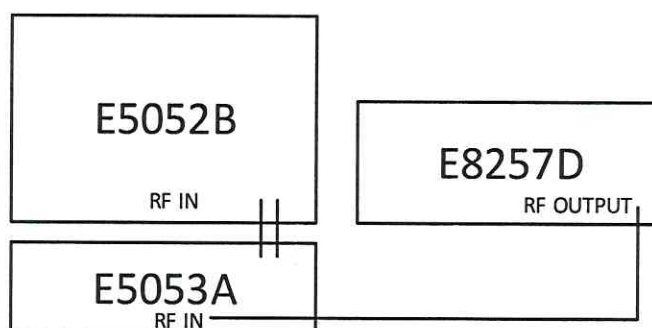


Рисунок 4 – Определение уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов

10.3.3 Подать с генератора E8257D сигнал с несущей частотой 3 ГГц и уровнем мощности 20 дБм путём нажатия клавиш:

Frequency → 3 GHz;

Amplitude → 20 dBm;

RF On/Off.

10.3.4 На анализаторе E5052B выбрать окно режима измерений амплитудных шумов и установить маркеры на точки 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц, 10 МГц и 40 МГц путём нажатия клавиш:

Window Max;

Trigger → Trigger to AM Noise;

Marker → Marker 1 → 10 Hz;

Marker → Marker 2 → 100 Hz;

...

Marker → Marker 8 → 40 MHz

10.3.5 Провести измерения уровня чувствительности путём считывания маркеров 1-8.

10.3.6 Соотнести измеренные значения с таблицей 5. При превышении измеренных значений установленных предельных значений повторить измерения для конкретных точек, увеличив уровень выходной мощности генератора E8257D до 25 дБм., игнорируя ошибку «UNLEVEL» на экране генератора.

Таблица 5 – Допускаемый уровень чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов, не более, дБн/Гц

	Частота, ГГц	Отстройка от несущей							
		10 Гц	100 Гц	1 кГц	5 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	40 МГц
без опции E5052B-011	от 3 от 10	-100	-110	-117	-127	-130	-137	-137	-137
	от 10 от 26,5	-100	-110	-117	-133	-150	-150	-154	-155
с опцией E5052B-011	от 3 от 10	-97	-107	-114	-124	-127	-134	-134	-134
	от 10 от 26,5	-97	-107	-114	-124	-126	-126	-126	-126

10.3.7 Повторить измерения пп. 10.3.3 – 10.3.6 для несущих частот генератора 6; 10; 18; 26,5 ГГц. Для частот свыше 6 ГГц переключить диапазон поиска несущей частоты анализатора путём нажатия клавиш:

Setup → Frequency Band → 9G - 26.5GHz.

10.3.8 Результаты испытаний считать положительными, если итоговые измеренные значения уровня чувствительности анализатора в режиме измерений амплитудных шумов в диапазоне частот от 3 до 26,5 ГГц не превышают допускаемых значений, указанных в таблице 5.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и анализатор признается непригодным к применению

11. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 При положительных результатах поверок по пунктам разделов 7-10, анализатор признаётся пригодным к применению (подтверждено соответствие метрологическим требованиям).

11.2 При отрицательных результатах поверок по пунктам разделов 7-10, анализатор признаётся непригодным к применению (не подтверждено соответствие метрологическим требованиям).

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Анализатор признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

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

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца анализатора или лица, предъявившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке, и (или) в формуляр анализатора вносится запись о

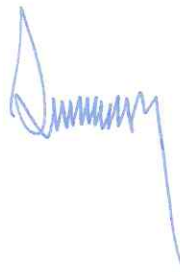
проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки в виде самоклеющейся наклейки наносится в верхней части задней панели анализатора.

12.4 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот на котором выполнена поверка и перечень измеряемых величин.

12.5 Анализатор, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский