



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ
МЕТРОЛОГИИ - РОСТЕСТ» (ФБУ «НИЦ ПМ - РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А.Д. Меньшиков

«10» февраля 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА ПОРТАТИВНЫЕ SW-HSA1000

Методика поверки

РТ-МП-178-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика применяется для поверки анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 (далее – анализаторы), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача:

- единицы частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022;

- единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010;

- единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 167-2021;

- единицы девиации частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01 февраля 2022 г. № 233, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 166-2020;

- единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний в соответствии с ГОСТ Р 8.717-2010, подтверждающим прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 180-2010.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 – 10.10 настоящей методики поверки применяется метод прямых измерений.

В результате поверки анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведённые в Приложении А настоящей методики поверки.

На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку анализаторов спектра портативных SW-HSA1000:

- для меньшего числа поддиапазонов: в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты любой из модификаций анализатора (7,5; 13,6; 26,5 ГГц) в части операций по пунктам 10.1 – 10.10 данной методики поверки;

- для меньшего числа измеряемых величин: без определения метрологических характеристик опций ASA и VSA (если данные опции установлены в поверяемом анализаторе) в части операций по пунктам 10.8; 10.9 и 10.10 данной методики поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения при поверке		Методы поверки (номер пункта)
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Да	Да	10.1
Определение уровня фазовых шумов	Да	Да	10.2
Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала минус 10 дБ (1 мВт)	Да	Да	10.4
Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот	Да	Нет	10.5
Определение относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка	Да	Нет	10.6
Определения уровня гармонических искажений 2-го порядка	Да	Нет	10.7
Режим измерительного демодулятора АМ/ЧМ (опция ASA)			
Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции	Да	Да	10.8
Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты	Да	Да	10.9
Режим анализа сигналов с квадратурной модуляцией (опция VSA)			
Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK	Да	Да	10.10
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °С.....от 20 до 25;
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)от 86 до 106 (от 645 до 795).

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с анализаторами спектра и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 20 до 25 °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,5$ °С Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 30 до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха $\pm 3,0$ % Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 86 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,2$ кПа	Термогигрометры UNITESS THB 1 модификация THB 1B, рег. № 70481-18
п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений		
п.10.1	Эталоны единиц времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360 для воспроизведения сигнала опорной частоты 10 МГц	Стандарты частоты рубидиевые GPS-12RG, рег. № 70172-18

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.10.1	Средства измерений для воспроизведения синусоидального сигнала частотой 1 ГГц	Генераторы сигналов SMA100B с опцией B150, рег. № 68980-20
п.10.2	Средства измерений для воспроизведения синусоидального сигнала частотой 1 ГГц, уровнем мощности от минус 10 до 10 дБ (1 мВт), уровнем фазовых шумов относительно несущей в полосе пропускания 1 Гц, не более минус 115 дБ при отстройке от несущей частоты 20 кГц.	Генераторы сигналов SMA100B с опцией B150, рег. № 68980-20
п.10.4	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам единицы мощности электромагнитных колебаний в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461 и приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813: в диапазоне частот от 10 МГц до 44 ГГц; в диапазоне измерений мощности от 10^{-2} до 10^2 мВт.	Ваттметры поглощаемой мощности СВЧ NRP50T, рег. № 69958-17
	Средства измерений модуля коэффициента передачи многополюсников в диапазоне частот от 50 МГц до 44 ГГц, в динамическом диапазоне не менее 25 дБ, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи $\pm 0,2$ дБ	Анализаторы электрических цепей векторный ZVA50, рег. № 48355-11
п. 10.6	Средства измерений для воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 50 МГц до 44 ГГц, уровнем мощности от минус 10 до 10 дБ (1 мВт).	Генераторы сигналов SMA100B с опцией B150, рег. № 68980-20; Генераторы сигналов векторные SMM100A с опцией B1044, рег. № 82791-21
п. 10.7	Средства измерений для воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 50 МГц до 22 ГГц, уровнем мощности от минус 20 до 10 дБ (1 мВт), уровнем гармонических составляющих относительно несущей не более минус 55 дБ	Генераторы сигналов SMA100B с опцией B150, рег. № 68980-20
п. 10.8	Эталоны единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний и средства измерений, соответствующее требованиям к рабочим эталонам единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний не ниже 1 разряда в соответствии с ГОСТ Р 8.717-2010, в диапазоне воспроизведения коэффициентов амплитудной модуляции от 0 до 100 %.	Калибраторы SMBV-AM-FM, рег. № 56540-14

Окончание таблицы 2

1	2	3
пп.10.9	Эталоны единицы девиации частоты и средства измерений, соответствующее требованиям к рабочим эталонам единицы девиации частоты не ниже 1 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 01 февраля 2022 г. № 233, в диапазоне воспроизведения девиации частоты от 1 кГц до 1 МГц.	Калибраторы SMBV-AM-FM, рег. № 56540-14
пп.10.10	Средства измерений для воспроизведения сигнала с квадратурной модуляцией QPSK на частоте несущей 1 ГГц, скоростью модуляции 100 кГц, пределом среднеквадратического значения векторной ошибки 0,8 %.	Генераторы сигналов векторные SMM100A с опциями B1044, B9, рег. № 82791-21
Примечание - Допускается применение других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими передачу единицы величины поверяемому средству измерений с точностью, удовлетворяющей требованиям государственных поверочных схем.		

Таблица 1 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по поверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики вспомогательного оборудования	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
8.2, 10.3, 10.5	Нагрузка согласованная 50 Ом	Диапазон частот от 10 МГц до 44 ГГц	Нагрузка согласованная НС4-50-05
10.4, 10.6	Резистивный делитель мощности	Диапазон частот от 10 МГц до 44 ГГц Разность коэффициентов передачи между выходами не более 0,5 дБ КСВН не более 1,3	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
10.6	Аттенюаторы фиксированные (2 шт.)	Диапазон частот от 50 МГц до 44 ГГц Номинальное ослабление 10 дБ	Аттенюатор коаксиальный Д2М-50-10-05Р-05
10.7	Фильтры нижних частот	Полосы пропускания от 50 МГц до 18 ГГц Ослабление вне полосы пропускания не менее 15 дБ	Фильтры нижних частот BLP-70+, BLP-150+, BLP-250+, BLP-550+, BLP-800+, VLF-1500+, VLF-3000+, ZLFW-K103+, ZXLF-K173+

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средство измерений.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие поверяемого анализатора следующим требованиям:

- внешний вид анализатора должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данный анализатор, при этом допускается незначительное изменение дизайна анализатора, не влияющее на однозначное определение типа анализатора по внешнему виду;

- наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию, серийный номер анализатора, перечень установленных в анализаторе опций при их наличии;

- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный анализатор.

- наружная поверхность анализатора не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу анализатора и его органов управления;

- разъемы анализатора должны быть чистыми;

- комплектность анализатора должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Установленный факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке не является критерием неисправности средства измерений и носит информативный характер для производителя средства измерений.

Факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке фиксируется в протоколе поверки в соответствующем разделе.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки анализатора на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Анализаторы спектра портативные SW-HSA1000». Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

Выдержать поверяемый анализатор в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

Выдержать поверяемый анализатор во включенном состоянии не менее 30 минут.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.2 Опробование

Включить анализатор. Проверить работоспособность дисплея и отсутствие сообщений о неисправности или ошибках на экране дисплея в процессе загрузки анализатора.

Проверить возможность установки с помощью органов управления следующих характеристик анализатора: начальной [**Frequency:** Start Frequency] и конечной [**Frequency:** Stop Frequency] частоты в диапазоне рабочих частот модификации анализатора, полосы пропускания [**BW:** RBW], опорного уровня [**Amptd:** Ref Level].

Активировать маркер на поверяемом анализаторе: [**Peak:** Peak]

Проверить возможность измерений частоты и амплитуды входного сигнала.

Зафиксировать результаты опробования в таблице Б.3 приложения Б.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если:

- после включения и в процессе загрузки анализатора не возникают сообщения об ошибках, дисплей анализатора работоспособен;
- обеспечивается установка диапазона рабочих частот, полосы пропускания, опорного уровня и измерение с помощью маркера частоты и амплитуды входного сигнала.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения поверяемого анализатора отображаются в диалоговом окне “App Version”.

Для вызова данного диалогового окна на экране анализатора нажать клавиши:

- [**SYSTEM:** System Info]

Идентификационное наименование и номер версии ПО, отображаемый в диалоговом окне “App Version”, должны соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B и стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

Относительную погрешность установки частоты внутреннего опорного генератора определить путем измерений частоты сигнала с подаваемого генератора сигналов SMA100B на вход поверяемого анализатора.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

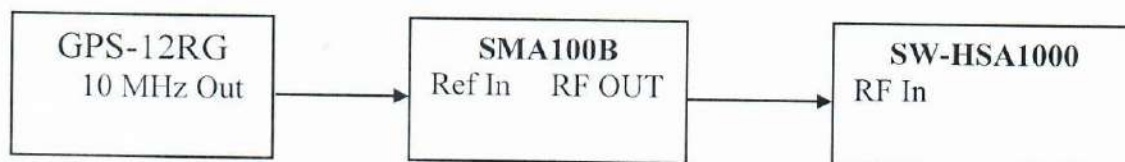


Рисунок 1 – Структурная схема соединения СИ для определения относительной погрешности частоты опорного генератора

Подключить к входу RF INPUT 50 Ω поверяемого анализатора выход генератора сигналов SMA100B, работающий от внешней опорной частоты 10 МГц стандарта частоты GPS-12RG.

Установить на генераторе синусоидальный сигнала частотой 1 ГГц, уровнем мощности минус 10 дБ (1 мВт).

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Frequency: Center Frequency: 1 GHz]
- [Frequency: Span: 100 kHz]
- [Amptd: Ref Level: 0 dBm]
- [Amptd: Attenuation: Manual: 10 dB]
- [BW: RBW: 10 kHz]
- [BW: VBW: 10 kHz]
- [Marker: More: Band Function: More: Marker Counter: On]

Измерить значение частоты сигнала на входе поверяемого анализатора маркером анализатора и зафиксировать результаты измерений, как $F_{HSA1000}$, ГГц в таблице Б.5 приложения Б.

10.2 Определение уровня фазовых шумов

Определение уровня фазовых шумов, проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B на частоте 1000 МГц.

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2, переведя генератор сигналов SMA100B в режим работы от внутреннего опорного генератора.

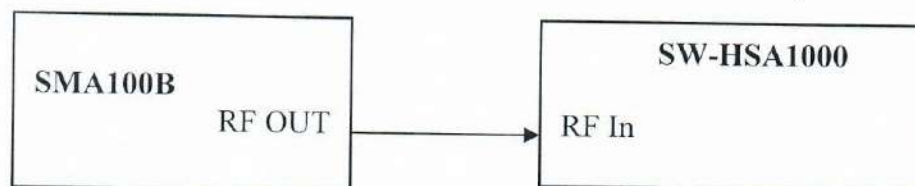


Рисунок 2 – Структурная схема соединения СИ для определения уровня фазовых шумов

Установить на генераторе синусоидальный сигнала частотой 1 ГГц, уровнем мощности минус 0 дБ (1 мВт).

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Frequency: Center Frequency: 1 GHz]
- [Amptd: Ref Level: 0 dBm]
- [Amptd: Attenuation: Manual: 10 dB]
- [BW: RBW (Auto)]
- [Sweep: Sweep Time: Manual: 500 ms]
- [Trace: Trace Detector: Normal]
- [Trace: Trace Type: Average]
- [Meas Setup: Average count: 10]

Установить полосу обзора анализатора в соответствии с таблицей 4:

- [Frequency: Span: {span}]

Активировать маркер 1 на поверяемом анализаторе:

- [Peak: Peak]

Зафиксировать измеренное значение амплитуды входного сигнала частотой 1000 МГц с помощью маркера анализатора как N_{1000}

Таблица 4 – Устанавливаемые параметры поверяемого анализатора

Отстройка от несущей offset	Полоса обзора SPAN
10 кГц	50 кГц
100 кГц	500 кГц
1 МГц	5 МГц
10 МГц	50 МГц

Активировать маркер 2 на поверяемом анализаторе для измерения фазовых шумов в полосе 1 Гц:

- [Marker: Select Marker 2]
- [Marker: More: Band Function: Band Function: NOISe]

Зафиксировать показания маркера 2 поверяемого анализатора для всех отстроек как $N_{\text{ФШ, дБ (1 мВт)/Гц}}$ в таблице Б.6 приложения Б.

10.3 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов анализатора проводят методом прямых измерений, путём измерений уровня с усреднением показаний отсчетных устройств поверяемого анализатора, при отсутствии входного сигнала.

К входу поверяемого анализатора RF In подключить согласованную нагрузку 50 Ом, указанную в таблице 2, или другую согласованную нагрузку в зависимости от диапазона частот и типа входного разъема модификации поверяемого анализатора.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Frequency: Span: More: Zero Span]
- [Amptd: Ref Level: -40 dBm]
- [Amptd: Attenuation: Manual: 0 dB]
- [BW: RBW Manual: 1 kHz]
- [BW: VBW Manual: 10 Hz]
- [Sweep: Sweep Time: Manual: 600 ms]
- [Trace: Trace Detector: Sample]
- [Trace: Trace Type: Average]
- [Meas Setup: Average count: 12]
- [Frequency: Center Frequency: { $F_{\text{ИЗМ}}$ }]

При наличии в поверяемом анализаторе опции предусилителя, отключить предусилитель:

- [Amptd: Preamp: off]

Измерения провести на центральных частотах $F_{\text{ИЗМ}}$: 10,1 МГц; 25,1 МГц; 499 МГц; от 999 МГц до 7999 МГц с шагом 500 МГц; от 8999 МГц до 43999 МГц с шагом 1000 МГц, в соответствии с диапазоном частот модификации поверяемого анализатора.

Активировать маркер на поверяемом анализаторе для измерения собственных шумов в полосе 1 Гц:

- [Marker: More: Band Function: Band Function: NOISe]

Установить маркер на максимум сигнала:

- [Peak: Peak]

Зафиксировать показания маркера анализатора для всех частот $F_{\text{ИЗМ}}$ как $N_{\text{РА}}^{\text{OFF}}$, дБ (1 мВт)/Гц в таблице Б.7 приложения Б.

В случае наличия собственных дискретных спектральных составляющих анализатора на указанных частотах, производить отстройку от них.

При наличии в поверяемом анализаторе опции предварительного усилителя, провести измерения с включенным предварительным усилителем. Для этого включить предварительный усилитель:

- [Amptd: Preamp: on]

Измерения провести на центральных частотах $F_{\text{ИЗМ}}$, указанных выше.

Зафиксировать показания маркера анализатора для всех частот $F_{\text{ИЗМ}}$ как $N_{\text{РА}}^{\text{ON}}$, дБ (1 мВт)/Гц в таблице Б.7 приложения Б.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала минус 10 дБ (1 мВт)

Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала минус 10 дБ (1 мВт) в диапазоне частот проводят методом прямых измерений с

помощью ваттметров поглощаемой мощности СВЧ NRP50T и генератора сигналов SMA100B.

Измерения проводить на следующих фиксированных частотах $F_{\text{изм}}$: 10 МГц; 100 МГц; 500 МГц; от 1 ГГц до 8 ГГц с шагом 500 МГц; от 8 до 44 ГГц с шагом 1 ГГц.

Подготовить к работе ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T в соответствии с его руководством по эксплуатации. В качестве устройства управления и отображения информации, при проведении измерений, необходимо использовать персональный компьютер, с установленным ПО «PowerViewer».

Перед проведением измерений, определить неравномерность коэффициента передачи резистивного делителя мощности ДМ2А-50-05Р между плечами в диапазоне частот от 10 МГц до крайней частоты модификации поверяемого анализатора.

Для этого откалибровать анализатор электрических цепей векторный ZVA50. Подключить ДМ к плоскостям калибровки ZVA50 по схеме, приведённой на рисунке 4.

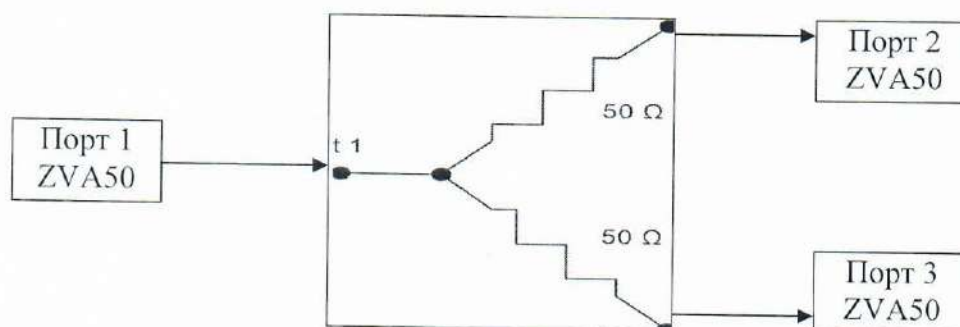


Рисунок 4— Структурная схема соединения СИ для определения коэффициента передачи резистивного делителя мощности

Измерить на анализаторе цепей коэффициенты передачи S_{21} и S_{31} в диапазоне частот. Используя функцию MATH, вычислить трассу (S_{21}/S_{31}). Проверить, что неравномерность ДМ2А-50-05Р не превышает $\pm 0,5$ дБ. В случае превышения использовать другой делитель мощности или сохранить полученную трассу в виде .s2p файла на внешний носитель информации и с помощью ПО «PowerViewer» загрузить данный файл в NRP50T, активировав режим «S-parameter correction».

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 5.

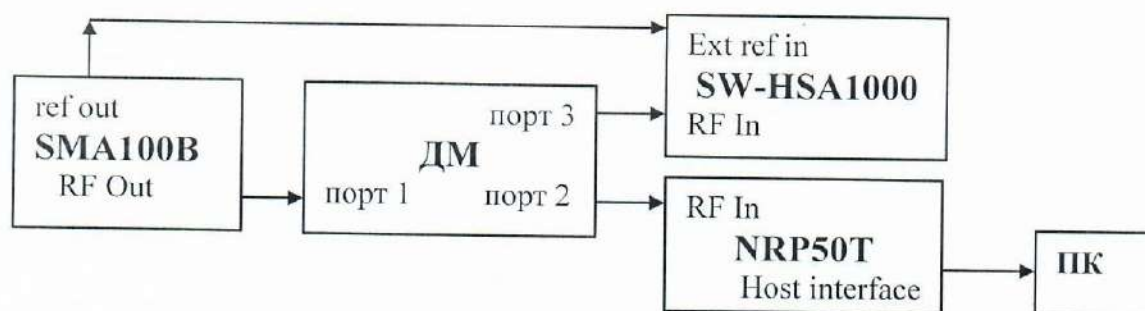


Рисунок 5 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала в диапазоне частот

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Frequency: Span: 100 kHz]
- [Amptd: Ref Level: 0 dBm]

- [Amptd: Attenuation: 10 dB]
- [BW: RBW Manual: 10 kHz]
- [BW: VBW Manual: 30 Hz]
- [Trace: Trace Detector: Normal]
- [Frequency: Center Frequency: {F_{изм}}]

При наличии в испытуемом анализаторе опции предусилителя, отключить предусилитель:

- [Amptd: Preamp: off]

Установить частоту сигнала на выходе генератора сигналов SMA100B F_{изм}, МГц, выходной уровень генератора такой, чтобы мощность, измеряемая ваттметром, была равна $-10 \pm 0,1$ дБ (1 мВт).

Для каждой установленной частоты F_{изм}, МГц, считать показания ваттметра P_{NRP}, дБ (1 мВт) и зафиксировать в таблице Б.8 приложения Б.

Для каждой установленной частоты F_{изм}, МГц установить маркер поверяемого анализатора на максимум сигнала:

- [Peak: Peak]

Зафиксировать показания маркера P_{HSA1000}, дБ (1 мВт) анализатора для всех частот F_{изм} в таблице Б.8 приложения Б.

10.5 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот

Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот проводят методом прямых измерений, путём измерений уровня остаточных сигналов комбинационных частот при отсутствии входного сигнала.

К входу поверяемого анализатора RF In подключить согласованную нагрузку 50 Ом, указанную в таблице 2, или другую согласованную нагрузку в зависимости от диапазона частот и типа входного разъема модификации поверяемого анализатора.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Amptd: Ref Level: -50 dBm]
- [Amptd: Attenuation: 0 dB]
- [BW: RBW Manual: 1 kHz]

При наличии в поверяемом анализаторе опции предусилителя, отключить предусилитель:

- [Amptd: Preamp: off]

Для всех модификаций поверяемого анализатора установить следующую полосу обзора:

- [Frequency: Start Frequency: 10 MHz]
- [Frequency: Stop Frequency: 3000 MHz]

Измерить уровни остаточных сигналов комбинационных частот (уровни всех откликов, отображаемых на экране ЖКИ анализатора в текущей полосе обзора):

- [Peak: Peak]

Зафиксировать показания маркера поверяемого анализатора как SPUR_{HSA}, дБ (1 мВт), для всех отображаемых откликов в установленных полосах обзора.

Повторить операции пункта для всех модификаций поверяемого анализатора, установив следующую полосу обзора:

- [Frequency: Start Frequency: 3000 MHz]
- [Frequency: Stop Frequency: 7500 MHz]

Повторить операции пункта для модификаций SW-HSA1013, SW-HSA1026 и SW-HSA1044 поверяемого анализатора установив следующую полосу обзора:

- [Frequency: Start Frequency: 7500 MHz]
- [Frequency: Stop Frequency: 13600 MHz]

Повторить операции пункта для модификаций SW-HSA1026 и SW-HSA1044 поверяемого анализатора установив следующую полосу обзора:

- [Frequency: Start Frequency: 13600 MHz]
- [Frequency: Stop Frequency: 26500 MHz]

Повторить операции пункта для модификации SW-HSA1044 поверяемого анализатора установив следующую полосу обзора:

- [Frequency: Start Frequency: 26500 MHz]
- [Frequency: Stop Frequency: 44000 MHz]

При наличии в поверяемом анализаторе опции предварительного усилителя, провести измерения с включенным предварительным усилителем. Для этого включить предварительный усилитель:

- [Amptd: Preamp: on]

Зафиксировать показания маркера поверяемого анализатора $SPUR_{HSA}$, дБ, для всех частот $F_{изм}$ в таблице Б.9 приложения Б.

10.6 Определение относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, проводят методом прямых измерений, путем подачи на вход поверяемого анализатора двух гармонических сигналов уровнем $L_{смес}$ равных минус 20 дБ (1 мВт) с частотами f_1 и f_2 , и измерений уровня помех $L_{имз}$, возникших на частотах $2f_1-f_2$ и $2f_2-f_1$ относительно уровня основных сигналов на частотах f_1 и f_2 .

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 6.

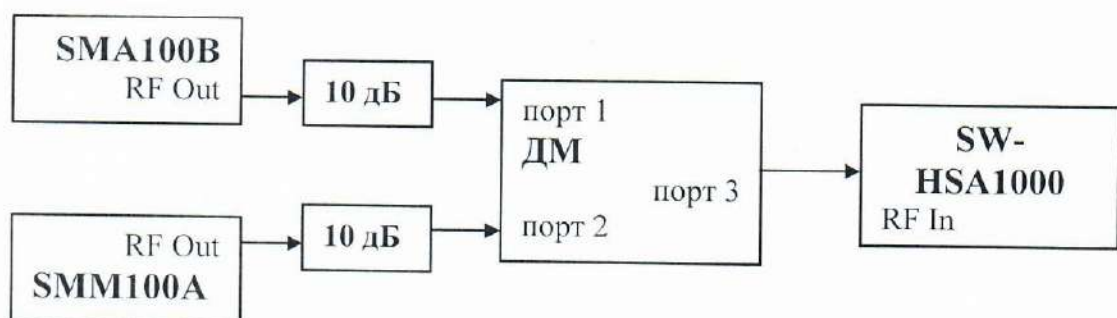


Рисунок 6 – Структурная схема соединения СИ для определения относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

Измерения провести на частотах $F_{изм}$: 50 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 2,99 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 5,998 ГГц; 9 ГГц; 12 ГГц; 14 ГГц; 18 ГГц; 26,5 ГГц; 32 ГГц; 44 ГГц в соответствии с диапазоном частот модификации поверяемого анализатора.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Amptd: Ref Level: -13 dBm]
- [Amptd: Attenuation: 0 dB]
- [Frequency: Span: 4 MHz]
- [BW: RBW Manual: 30 kHz]
- [BW: VBW Manual: 1 kHz]
- [Frequency: Center Frequency: { $F_{\text{ИЗМ}}$ }]

Установить выходной уровень сигнала генератора сигналов векторного SMM100A минус 3 дБ (1 мВт), частоту $f_1 = F_{\text{ИЗМ}} - 500$ кГц

Установить выходной уровень сигнала генератора сигнала SMA100B минус 3 дБ (1 мВт), частоту $f_2 = F_{\text{ИЗМ}} + 500$ кГц

Включить мощность генератора SMM100A.

Установить маркер поверяемого анализатора на максимум сигнала:

- [Peak: Peak]

Органами регулировки генератора по показаниям маркера анализатора установить уровень на входе анализатора минус 20 дБ (1 мВт).

Выключить мощность генератора SMM100A, включить мощность генератора SMA100B и его уровень установить аналогичным образом.

Включить выходную мощность генератора SMM100A.

Включить на анализаторе режим дельта-маркера и установить дельта-маркер на 500 кГц левее меньшей частоты и затем на 500 кГц правее большей частоты. Зафиксировать большее из двух показание дельта-маркера поверяемого анализатора $L_{\text{ИЗМ}}$, дБ, для всех частот $F_{\text{ИЗМ}}$ в таблице Б.10 приложения Б.

10.7 Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка

Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка, проводят методом прямых измерений при подаче на вход анализатора синусоидального сигнала через фильтр нижних частот по схеме, представленной на рис. 7.

Подключить фильтр соответствующего диапазона.

Установить на генераторе синусоидальный сигнал частотой $F_{\text{ИЗМ}}$, уровнем мощности минус 20 дБ (1 мВт).

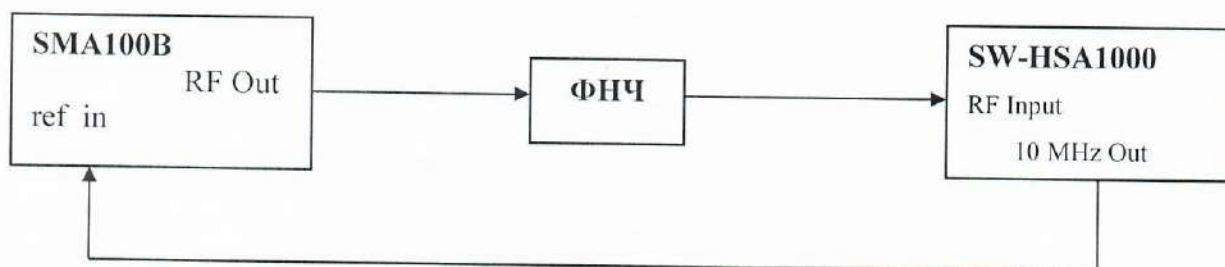


Рисунок 7

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Amptd: Ref Level: -20 dBm]
- [Amptd: Attenuation: 10 dB]
- [Frequency: Span: 10 kHz]
- [BW: RBW Manual: 30 Hz]

- [BW: VBW Manual: 1 Hz]
- [Frequency: Center Frequency: {F_{изм}}]

где F_{изм} = 55; 99; 274; 499,9; 699,9; 1499,9; 2999,9; 8999,9; 17999,9 МГц в соответствии с диапазоном частот поверяемого анализатора.

- Установить маркер анализатора на максимум сигнала:
- [Peak: Peak]

По маркеру определить уровень сигнала L_{ин}. Регулируя уровень генератора установить показания маркера на значение -20 dBm.

Установить центральную частоту на 2-ую гармонику:

- [Frequency: Center Frequency: {2 × F_{изм}}].

Установить маркер на пик 2-ой гармоники:

- [Peak: Peak]

По маркеру определить уровень 2-ой гармоники L_{к2}. Зафиксировать результат измерений в таблице Б.11 приложения Б.

***ВНИМАНИЕ!!!** Операции поверки по пунктам 10.8 и 10.9 выполняются только для тех анализаторов, у которых установлена опция ASA – опция измерительного демодулятора АМ/ЧМ.*

10.8 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции проводят методом прямых измерений с помощью калибратора SMBV-AM-FM, при подаче на вход поверяемого анализатора синусоидального сигнала с амплитудной модуляцией.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 8.

Подключить выход калибратора SMBV-AM-FM к входу поверяемого анализатора.

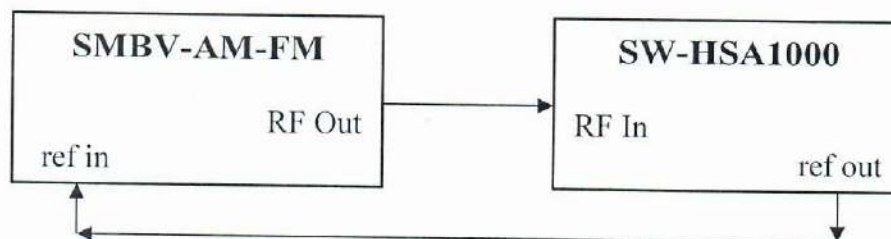


Рисунок 8 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Mode: ASA]
- [Measure: AM]
- [Amptd: Y Ref Value: 0 dBm]
- [Trigger: Video]
- [BW: Channel BW: 10 kHz]

- [Sweep: Demod Time: 10 ms]
- [Frequency: Center Frequency: F_H , МГц]

На калибраторе SMBV-AM-FM установить режим АМ, уровень выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), несущую частоту $F_H = 25$ МГц, модулирующую частоту $F_{\text{МОД}} = 1$ кГц.

Установить на проверяемом анализаторе центральную частоту $F_H = 25$ МГц.

Провести на анализаторе измерения значений коэффициента амплитудной модуляции ($K_{\text{АМ}}$), устанавливая на калибраторе SMBV-AM-FM значения $K_{\text{АМ}} = 0,1; 1; 5; 50; 95; 100 \%$.

Зафиксировать результаты измерений проверяемым анализатором значений коэффициента амплитудной модуляции $K_{\text{АМ}}^{\text{HSA}}$, % в таблице Б.12 приложения Б.

Повторить измерения на несущей частоте $F_H = 4$ МГц.

Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.12 приложения Б.

10.9 Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты

Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты проводят методом прямых измерений с помощью калибратора SMBV-AM-FM, при подаче на вход проверяемого анализатора синусоидального сигнала с частотной модуляцией.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 8.

Подключить выход калибратора SMBV-AM-FM к входу проверяемого анализатора.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Mode: ASA]
- [Measure: FM]
- [Amptd: Y Ref Value: 0 dBm]
- [Trigger: Video]
- [BW: Channel BW: DBW]
- [Sweep: Demod Time: $T_{\text{МОД}}$]
- [Frequency: Center Frequency: F_H , МГц]

На калибраторе SMBV-AM-FM установить режим ЧМ, уровень выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), несущую частоту $F_H = 50$ МГц, модулирующую частоту $F_{\text{МОД}} = 1$ кГц, девиацию частоты $F_{\text{ДЕВ}} = 1$ кГц.

Установить на проверяемом анализаторе центральную частоту $F_H = 50$ МГц, ширину полосы демодуляции DBW примерно $6 \cdot (F_{\text{МОД}} + F_{\text{ДЕВ}})$, время измерения $T_{\text{МОД}}$ примерно $10 / F_{\text{МОД}}$.

Провести на анализаторе измерения значений девиации частоты $F_{\text{ДЕВ}}$, кГц, устанавливая на калибраторе SMBV-AM-FM значения $F_{\text{ДЕВ}} = 1; 10; 100; 1000$ кГц.

Зафиксировать результаты измерений проверяемым анализатором значений девиации частоты $F_{\text{ДЕВ}}^{\text{HSA}}$, Гц в таблице Б.13 приложения Б.

Повторить измерения на несущей частоте $F_H = 50$ МГц, модулирующих частотах $F_{\text{МОД}} = 20$ Гц и 200 кГц, значениях $F_{\text{ДЕВ}} = 1; 10; 100; 1000$ кГц.

Зафиксировать результаты измерений проверяемым анализатором значений девиации частоты $F_{\text{ДЕВ}}^{\text{HSA}}$, Гц в таблице Б.13 приложения Б.

Повторить измерения для следующих комбинаций несущих частот, модулирующих частот и девиации частоты:

- $F_H = 0,5$ ГГц, $F_{\text{МОД}} = 20$ Гц, $F_{\text{ДЕВ}} = 1$ кГц;
- $F_H = 1$ ГГц, $F_{\text{МОД}} = 1$ кГц, $F_{\text{ДЕВ}} = 10$ кГц;
- $F_H = 2$ ГГц, $F_{\text{МОД}} = 20$ кГц, $F_{\text{ДЕВ}} = 100$ кГц;
- $F_H = 4$ ГГц, $F_{\text{МОД}} = 200$ кГц, $F_{\text{ДЕВ}} = 1000$ кГц.

Зафиксировать результаты измерений поверяемым анализатором значений девиации частоты $F_{\text{ДЕВ}}^{\text{HSA}}$, Гц в таблице Б.13 приложения Б.

ВНИМАНИЕ!!! Операции поверки по пункту 10.10 выполняются только для тех анализаторов, у которых установлена опция VSA – опция анализа сигналов с квадратурной модуляцией.

10.10 Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK

Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK проводят методом прямых измерений с помощью генератора векторного SMM100A, при подаче на вход поверяемого анализатора синусоидального сигнала с модуляцией QPSK.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 9.

На генераторе векторном SMM100A установить следующие параметры выходного сигнала: частота сигнала 1 ГГц; уровень сигнала 0 дБ (1 мВт); тип модуляции - QPSK; скорость модуляции 100 кГц.

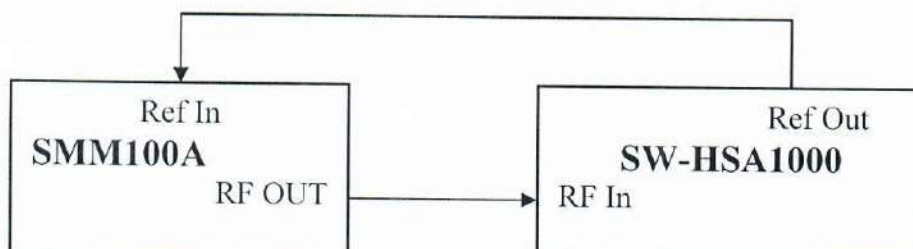


Рисунок 9 – Структурная схема соединения СИ для определения остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [Preset: Mode Preset]
- [Mode: VSA]
- [Frequency: Center Frequency: 1 GHz]
- [Amptd: Y Ref Value: 0 dBm]
- [Meas Setup: Demod Setting: Mod Format – QPSK, Symbol Rate – 100 kHz, Meas Filter – RRCosine]

Считать измеренное СКЗ векторной ошибки модуляции $\Theta_{\text{ИЗМ}}$, %, на экране поверяемого анализатора в окне «DemodResults» в строке «EVM RMS».

Зафиксировать результаты измерений $\Theta_{\text{ИЗМ}}$, % в таблице Б.14 приложения Б.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений $F_{HSA1000}$, рассчитать по формуле (1) относительную погрешность частоты опорного генератора δF :

$$\delta F = \frac{F_{HSA1000} - 1}{1} \quad (1)$$

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения относительной погрешности частоты опорного генератора δF не выходят за пределы: $\pm 5 \cdot 10^{-7}$.

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений N_{1000} и $N_{ФШ}$, дБ/Гц, рассчитать по формуле (3) действительные значения уровня фазовых шумов относительно уровня несущей $N_{ДФШ}$, дБ/Гц:

$$N_{ДФШ} = N_{ФШ} - N_{1000} \quad (3)$$

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения уровня фазовых шумов относительно уровня несущей $N_{ДФШ}$, дБ/Гц не превышают значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 – Допустимые значения уровня фазовых шумов на несущей частоте 1 ГГц

Отстройка от несущей частоты сигнала {Offset}	Допустимые значения уровня фазовых шумов относительно уровня несущей на несущей частоте 1 ГГц, дБ/Гц, не более
10 кГц	-102
100 кГц	-106
1 МГц	-113
10 МГц	-130

11.3 Результаты поверки по операции пункта 10.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения среднего уровня собственных шумов $N_{РА}^{ON}$ и $N_{РА}^{OFF}$, дБ (1 мВт)/Гц, для всех указанных частот не превышают значений, указанных в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Допустимые значения среднего уровня собственных шумов с выключенным или отсутствующим предусилителем

Диапазон частот	Допустимые значения среднего уровня собственных шумов $N_{РА}^{OFF}$, дБ (1 мВт)/Гц, не более
от 10 МГц до 3 ГГц включ.	-142
св. 3 до 7,2 ГГц включ.	-138
св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.	-140
св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-136
св. 20 до 32 ГГц включ.	-135
св. 32 до 44 ГГц	-129

Таблица 7 – Допустимые значения среднего уровня собственных шумов с включенным предусилителем

Диапазон частот	Допустимые значения среднего уровня собственных шумов N_{PA}^{ON} , дБ (1 мВт)/Гц, не более
от 10 МГц до 3 ГГц включ.	-162
св. 3 до 7,2 ГГц включ.	-160
св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.	-161
св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-156
св. 20 до 32 ГГц включ.	-154
св. 32 до 44 ГГц	-151

11.4 Для полученных в пункте 10.4 результатов измерений P_{NRP} и $P_{HSA1000}$, рассчитать по формуле (4) действительные значения абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала в диапазоне частот ΔP , дБ:

$$\Delta P = P_{HSA1000} - P_{NRP} \quad (4)$$

Результаты поверки по операции пункта 10.4 считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала ΔP , дБ для всех указанных частот не выходят за пределы, указанные в таблице 8.

Таблица 8 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 10 дБ, в диапазоне частот, дБ	
от 10 МГц до 7,2 ГГц включ.	$\pm 1,0$
св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.	$\pm 1,5$
св. 13,6 до 26,5 ГГц включ.	$\pm 1,8$
св. 26,5 до 32 ГГц включ.	$\pm 2,0$
св. 32 до 44 ГГц	$\pm 2,3$

11.5 Результаты поверки по операции пункта 10.5 считаются удовлетворительными, если измеренные значения уровня остаточных сигналов комбинационных частот, в диапазоне частот $SPUR_{HSA}$, дБ (1 мВт), не превышают допустимых значений, указанных в таблице 9.

Таблица 9 – Уровень остаточных сигналов комбинационных частот

Уровень остаточных сигналов комбинационных частот, на нагрузке 50 Ом, ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в зависимости от состояния предусилителя, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	предусилитель выключен или отсутствует	
	от 10 МГц до 13,6 ГГц включ.	-90
	св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-85
	св. 20 до 44 ГГц	-80
	предусилитель включен	
	от 10 МГц до 32 ГГц включ.	-100
	св. 32 до 44 ГГц	-95

11.6 Для полученных в пункте 10.6 результатов измерений $L_{ИМЗ}$, рассчитать по формуле (5) точку пересечения 3-го порядка (TOI), TOI_{HSA} , дБ:

$$TOI_{HSA} = (-40 - L_{ИМЗ})/2, \quad (5)$$

Результаты поверки по операции пункта 10.6 считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка, выраженные в виде точки пересечения 3-го порядка TOI_{HSA} , дБ, не менее допустимого значения 7 дБ (1 мВт) в диапазоне частот от 50 МГц до 44 ГГц.

11.7 Для полученных в пункте 10.7 результатов измерений L_{in} и L_{K2} , рассчитать по формуле (6) уровень гармонических искажений 2-го порядка, L , дБ:

$$L = L_{K2} - L_{in}, \quad (6)$$

Результаты поверки по операции пункта 10.7 считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения уровня гармонических искажений 2-го порядка относительно сигнала на смесителе L , дБ не превышают допустимого значения минус 60 дБ в диапазоне частот от 50 МГц до 22 ГГц.

ВНИМАНИЕ!!! Операции по пункту 11.8 и 11.9 выполняются только для тех анализаторов, у которых установлена опция ASA – опция измерительного демодулятора АМ/ЧМ.

11.8 Для полученных в пункте 10.8 результатов измерений K_{AM}^{HSA} , %, рассчитать по формуле (7) абсолютную погрешность измерений коэффициента амплитудной модуляции ΔK_{AM} , %:

$$\Delta K_{AM} = K_{AM}^{HSA} - K_{AM}, \quad (7)$$

где K_{AM} – значения коэффициента амплитудной модуляции, установленные на калибраторе SMBV-AM-FM, %.

Результаты поверки по операции пункта 10.8 считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции ΔK_{AM} , %, не выходят за пределы допустимых значений $\Delta K_{AM}^{доп}$, %, рассчитанных по формуле (8):

$$\Delta K_{AM}^{доп} = \pm(0,02 \cdot K_{AM} + 0,5) \quad (8)$$

где K_{AM} – значения коэффициента амплитудной модуляции, установленные на калибраторе SMBV-AM-FM, %.

11.9 Для полученных в пункте 10.9 результатов измерений $F_{ДЕВ}^{HSA}$, Гц, рассчитать по формуле (9) абсолютную погрешность измерений девиации частоты $\Delta F_{ДЕВ}$, Гц:

$$\Delta F_{ДЕВ} = F_{ДЕВ}^{HSA} - F_{ДЕВ}, \quad (9)$$

где $F_{ДЕВ}$ – значения девиации частоты, установленные на калибраторе SMBV-AM-FM, Гц

Результаты поверки по операции пункта 10.9 считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений девиации частоты $\Delta F_{ДЕВ}$, Гц, не выходят за пределы допустимых значений $\Delta F_{ДЕВ}^{доп}$, Гц, рассчитанных по формуле (10):

$$\Delta F_{\text{ДЕВ}}^{\text{ДОП}} = \pm(0,02 \cdot (F_{\text{МОД}} + F_{\text{ДЕВ}}) + 20), \quad (10)$$

где $F_{\text{ДЕВ}}$ – значения девиации частоты, установленные на калибраторе SMBV-AM-FM, Гц
 $F_{\text{МОД}}$ – значения модулирующей частоты, установленные на калибраторе SMBV-AM-FM, Гц

ВНИМАНИЕ!!! Операции по пункту 11.10 выполняются только для тех анализаторов, у которых установлена опция VSA – опция анализа сигналов с квадратурной модуляцией.

11.10 Для полученных в пункте 10.10 результатов измерений $\Theta_{\text{ИЗМ}}$, %, рассчитать по формуле (11) остаточное среднеквадратическое значение векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK $\Delta\Theta$, %:

$$\Delta\Theta = \sqrt{|\Theta_{\text{ИЗМ}}^2 - \Theta_{\text{СММ}}^2|}, \quad (11)$$

где $\Theta_{\text{СММ}}$ – допускаемый предел СКЗ векторной ошибки модуляции генератора SMM100A, имеющее значение 0,8 %.

Если измеренное анализатором СКЗ векторной ошибки модуляции $\Theta_{\text{ИЗМ}} < 0,8$ %, то остаточное СКЗ векторной ошибки модуляции рассчитать по формуле (12):

$$\Delta\Theta = \frac{\Theta_{\text{ИЗМ}}}{1,4}, \quad (12)$$

Результаты поверки по операции пункта 10.10 считаются удовлетворительными, если рассчитанное остаточное среднеквадратическое значение векторной ошибки модуляции $\Delta\Theta$, %, не превышает допустимого значения 1,2 %.

11.11 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 требованиям, указанным в пунктах раздела 11 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемых анализаторов спектра SW-HSA1000 к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;

- к ГЭТ26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 9 кГц до 37,50 ГГц»;

- к ГЭТ167-2021 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц»;

- к ГЭТ166-2020 «Государственный первичный эталон единицы девиации частоты»;

- к ГЭТ180-2010 «Государственный первичный эталон единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний».

Оформление результатов поверки

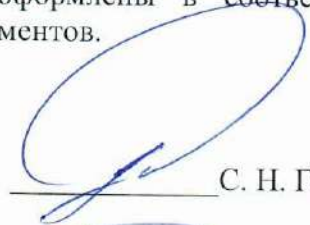
12.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Б. Сведения о применяемых средствах поверки, а также результаты промежуточных измерений и расчетов заносят в протокол поверки в соответствии с формой протокола, утвержденной системой менеджмента качества юридического лица или индивидуального предпринимателя, осуществляющего поверку.

12.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений. Знак поверки может наноситься на заднюю панель СИ.

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

Начальник сектора
лаборатории № 441 ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



С. Н. Голышак



А. С. Каледин

Приложение А
к РТ-МП-178-441-2025
(обязательное)

Основные метрологические характеристики анализаторов спектра портативных SW-HSA1000

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики		Значение
1		2
Диапазон рабочих частот, Гц	модификация SW-HSA1007	от $9 \cdot 10^3$ до $7,5 \cdot 10^9$
	модификация SW-HSA1013	от $9 \cdot 10^3$ до $13,6 \cdot 10^9$
	модификация SW-HSA1026	от $9 \cdot 10^3$ до $2,65 \cdot 10^{10}$
	модификация SW-HSA1044	от $9 \cdot 10^3$ до $4,4 \cdot 10^{10}$
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора $\delta_{оп}$		$\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Значения уровня фазовых шумов в полосе 1 Гц относительно уровня несущей на частоте 1 ГГц при отстройке, дБ, не более	10 кГц	-102
	100 кГц	-105
	1 МГц	-111
	10 МГц	-133
Значения среднего уровня собственных шумов в полосе 1 Гц, при ослаблении встроенного аттенюатора 0 дБ, в зависимости от состояния предусилителя, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	предусилитель выключен или отсутствует	
	от 10 МГц до 3 ГГц включ.	-142
	св. 3 до 7,2 ГГц включ.	-138
	св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.	-141
	св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-137
	св. 20 до 32 ГГц включ.	-134
	св. 32 до 44 ГГц	-130
	предусилитель включен	
	от 10 МГц до 3 ГГц включ.	-162
	св. 3 до 7,2 ГГц включ.	-160
	св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.	-162
	св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-157
	св. 20 до 32 ГГц включ.	-154
	св. 32 до 44 ГГц	-151
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала минус 10 дБ (1 мВт) при выключенном или отсутствующем предусилителе, ослаблении входного СВЧ аттенюатора 10 дБ, температуре окружающей среды от +20 до +30 °С, в диапазоне частот, дБ		
от 10 МГц до 7,2 ГГц включ.		$\pm 1,0$
св. 7,2 до 13,6 ГГц включ.		$\pm 1,5$
св. 13,6 до 26,5 ГГц включ.		$\pm 1,8$
св. 26,5 до 32 ГГц включ.		$\pm 2,0$
св. 32 до 44 ГГц		$\pm 2,3$
Уровень остаточных сигналов комбинационных частот, на нагрузке 50 Ом, ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в зависимости от состояния предусилителя, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	предусилитель выключен или отсутствует	
	от 10 МГц до 13,6 ГГц включ.	-90
	св. 13,6 до 20 ГГц включ.	-85
	св. 20 до 44 ГГц	-80
	предусилитель включен	
	от 10 МГц до 32 ГГц включ.	-100
св. 32 до 44 ГГц		-95

Продолжение таблицы А.1

1	2
Относительный уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка $L_{ИМЗ}$, выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка (ТОИ)*, при входном уровне минус 20 дБ (1 мВт), выключенном предусилителе, ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не менее: от 50 МГц до 44 ГГц	7
Уровень гармонических искажений 2-го порядка при уровне входного сигнала смесителя минус 30 дБ (1 мВт), выключенном предусилителе, в диапазоне частот, дБ относительно сигнала на смесителе, не более: от 50 МГц до 22 ГГц	-60
* Примечание: $ТОИ = (2 \cdot L_{смес.} - L_{ИМЗ})/2$, где: $L_{смес.}$ – уровень входного сигнала смесителя, дБ (1 мВт)	
Измерительный демодулятор АМ/ЧМ (опция ASA)	
Диапазон измерений пикового значения коэффициента амплитудной модуляции $K_{АМ}$, %	от 0 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $K_{АМ}$, при частоте модулирующего сигнала 1 кГц, %	$\pm(0,02 \cdot K_{АМ} + 0,5)$
Максимальное значение девиации частоты $F_{ДЕВ}$ входного сигнала для сигналов с частотной модуляцией в диапазоне несущих частот при частоте модулирующего сигнала $F_{МОД} \leq 1$ МГц, Гц	$1 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений девиации частоты $F_{ДЕВ}$, в диапазоне $F_{ДЕВ}$ от 0 до 1 МГц, в диапазоне частот модулирующего сигнала $F_{МОД}$ от 20 Гц до 200 кГц, Гц	$\pm(0,02 \cdot (F_{МОД} + F_{ДЕВ}) + 10)$
Анализ сигналов с квадратурной модуляцией (опция VSA)	
Остаточное среднеквадратическое значение векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK, при входном уровне минус 10 дБ (1 мВт), частоте несущей 1 ГГц, скорости модуляции 100 кГц, %, не более	1,2

Приложение Б
к РТ-МП-178-441-2025
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки анализаторов спектра портативных SW-HSA1000 в части
определения метрологических характеристик

Таблица Б.1 – Условия проведения поверки:

Наименование контролируемого параметра	Значение контролируемого параметра
Температура окружающей среды, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	

Таблица Б.2 – Внешний осмотр

Вид проверки	Заключение
Внешний вид анализатора должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данный анализатор, при этом допускается незначительное изменение дизайна анализатора, не влияющее на однозначное определение типа анализатора по внешнему виду	
Наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию, серийный номер анализатора и перечень установленных в анализаторе опций при их наличии	
Наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный анализатор	
Наружная поверхность анализатора не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу анализатора и его органов управления	
Разъемы анализатора должны быть чистыми	
Сохранность маркировки и лакокрасочных покрытий	
Комплектность анализатора должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя	

Таблица Б.3 – Опробование

Вид проверки	Заклучение
После включения и загрузки программного обеспечения анализатора не должны возникать сообщения об ошибках	
Дисплей анализатора должен быть работоспособен	
С помощью органов управления обеспечивается установка диапазона рабочих частот, полосы пропускания, опорного уровня и измерение с помощью маркера частоты и амплитуды входного сигнала	

Таблица Б.4 – Проверка программного обеспечения средства измерений

Вид проверки	Заклучение
Идентификационное наименование ПО анализатора, отображаемое в диалоговом окне “App Version” должно быть: FW SW-HSA1000	
Номер версии ПО, отображаемый в диалоговом окне “App Version” должен не ниже 1.0.10	

Таблица Б.5 – Определение относительной погрешности частоты опорного генератора (δF)

Установленное значение частоты, ГГц	Измеренное значение частоты $F_{HSA1000}$, ГГц	Рассчитанное значение δF	Допустимые значения δF	Вывод о соответствии
1			$\pm 5 \cdot 10^{-7}$	

Таблица Б.6 – Определение уровня фазовых шумов относительно уровня несущей в полосе 1 Гц на частоте 1000 МГц, ($N_{ДФШ}$)

Отстройка от несущей частоты сигнала {Offset}	Уровень несущей N_{1000} , дБ (1 мВт)	Измеренные значения $N_{ФШ}$, дБ (1 мВт)/Гц	Рассчитанные значения $N_{ДФШ}$ относительно несущей, дБ/Гц	Допустимые значения $N_{ДФШ}$ относительно несущей, дБ/Гц, не более	Вывод о соответствии
10 кГц				-102	
100 кГц				-105	
1 МГц				-111	
10 МГц				-133	

Таблица Б.7 – Определение среднего уровня собственных шумов в полосе 1 Гц, ($N_{РА}$)

Центральная частота $F_{ИЗМ}$, МГц	Измеренные значения $N_{РА}$, дБ (1 мВт)/Гц	Допустимые значения $N_{РА}$, дБ (1 мВт)/Гц, не более	Вывод о соответствии
1	2	3	4
предусилитель выключен или отсутствует ($N_{РА}^{OFF}$)			
10,1		-142	
25,1			
499			
999			
1499			
1999			
2499			
2999			
3499		-138	
3999			
4499			
4999			
5499			
5999			
6499			
6999			
7499		-141	
8999			
9999			
10999			
11999			
12999			

Продолжение таблицы Б.7

1	2	3	4
13999		-137	
14999			
15999			
16999			
17999			
18999			
19999			
20999			
21999		-134	
22999			
23999			
24999			
25999			
26999			
27999			
28999			
29999			
30999			
31999			
32999			
33999		-130	
34999			
35999			
36999			
37999			
38999			
39999			
40999			
41999			
42999			
43999			
предусилитель включен (N_{PA}^{ON})			
10,1		-162	
25,1			
499			
999			
1499			
1999			
2499			
2999			
3499		-160	
3999			
4499			
4999			
5499			
5999			
6499			
6999			

Окончание таблицы Б.7

1	7499	-162	3	4		
8999						
9999						
10999						
11999						
12999						
13999						
14999						
15999						
16999						
17999						
18999						
19999	-157	3	4			
20999						
21999						
22999						
23999						
24999						
25999						
26999						
27999						
28999						
29999						
30999				-154	3	4
31999						
32999						
33999						
34999						
35999						
36999						
37999						
38999						
39999						
40999	-151	3	4			
41999						
42999						
43999						

Таблица Б.8 – Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала (ΔP) для уровня минус 10 дБ (1 мВт)

Частота F _{изм.}	M _{тп}	Измеренные значения P _{нрп} , дБ (1 МВт)	Измеренные значения P _{HSA1000} , дБ (1 МВт)	Расчитанные значения ΔP, дБ	Допустимые значения ΔP, дБ	Выход о соответствии
1	2	3	4	5	6	
					±1,0	
					±1,0	
500					±1,0	

Продолжение таблицы Б.8

1	2	3	4	5	6
1000				$\pm 1,0$	
1500				$\pm 1,0$	
2000				$\pm 1,0$	
2500				$\pm 1,0$	
3000				$\pm 1,0$	
3500				$\pm 1,0$	
4000				$\pm 1,0$	
4500				$\pm 1,0$	
5000				$\pm 1,0$	
5500				$\pm 1,0$	
6000				$\pm 1,0$	
6500				$\pm 1,0$	
7000				$\pm 1,0$	
7500				$\pm 1,5$	
8000				$\pm 1,5$	
9000				$\pm 1,5$	
10000				$\pm 1,5$	
11000				$\pm 1,5$	
12000				$\pm 1,5$	
13000				$\pm 1,5$	
14000				$\pm 1,8$	
15000				$\pm 1,8$	
16000				$\pm 1,8$	
17000				$\pm 1,8$	
18000				$\pm 1,8$	
19000				$\pm 1,8$	
20000				$\pm 1,8$	
21000				$\pm 1,8$	
22000				$\pm 1,8$	
23000				$\pm 1,8$	
24000				$\pm 1,8$	
25000				$\pm 1,8$	
26000				$\pm 1,8$	
27000				$\pm 2,0$	
28000				$\pm 2,0$	
29000				$\pm 2,0$	
30000				$\pm 2,0$	
31000				$\pm 2,0$	
32000				$\pm 2,0$	
33000				$\pm 2,3$	
34000				$\pm 2,3$	
35000				$\pm 2,3$	
36000				$\pm 2,3$	
37000				$\pm 2,3$	
38000				$\pm 2,3$	
39000				$\pm 2,3$	
40000				$\pm 2,3$	
41000				$\pm 2,3$	
42000				$\pm 2,3$	
43000				$\pm 2,3$	
44000				$\pm 2,3$	

Таблица Б.9 – Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот, ($SPUR_{HSA}$)

Диапазон частот $F_{изм}$, МГц	Измеренные значения $SPUR_{HSA}$, дБ (1 мВт)	Допустимые значения $SPUR_{HSA}$, дБ (1 мВт), не более	Вывод о соответствии
предусилитель выключен или отсутствует			
от 10 до 3000 включ.		-90	
св. 3000 до 7500 включ.		-90	
св. 7500 до 13600 включ.		-90	
св. 13600 до 20000 включ.		-85	
св. 20000 до 26500 включ.		-80	
св. 26500 до 44000		-80	
предусилитель включен			
от 10 до 3000 включ.		-100	
св. 3000 до 7500 включ.		-100	
св. 7500 до 13600 включ.		-100	
св. 13600 до 26500 включ.		-100	
св. 26500 до 32000 включ.		-100	
св. 32000 до 44000		-95	

Таблица Б.10 – Определение относительного уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка (TOI_{HSA})

Частота $F_{изм}$, МГц	Измеренные значения $L_{имз}$, дБ	Рассчитанные значения TOI_{HSA} , дБ	Допустимые значения TOI_{HSA} , дБ, не менее	Вывод о соответствии
50			7	
500				
1000				
2000				
2990				
4000				
5000				
5998				
9000				
12000				
14000				
18000				
26500				
32000				
44000				

Таблица Б.11 – Определение уровня гармонических искажений 2-го порядка (L)

Частота $F_{изм}$, МГц	Уровень сигнала L_{in} , дБ (1 мВт)	Измеренные значения уровня 2-ой гармоники L_{K2} , дБ (1 мВт)	Рассчитанные значения L , дБ	Допустимые значения L , дБ, не более	Вывод о соответствии
1	2	3	4	5	6
55	-20			-60	

Продолжение таблицы Б.11

1	2	3	4	5	6
99	-20			-60	
274	-20			-60	
499,9	-20			-60	
699,9	-20			-60	
1499,9	-20			-60	
2999,9	-20			-60	
8999,9	-20			-60	
17999,9	-20			-60	

ВНИМАНИЕ!!! Таблицы Б.12 и Б.13 заполняются, только для тех анализаторов, у которых установлена опция ASA – опция измерительного демодулятора АМ/ЧМ.

Таблица Б.12 – Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента амплитудной модуляции (ΔK_{AM}).

Центральная частота, МГц	Установленные значения K_{AM} , %	Измеренные значения K_{AM}^{HSA} , %	Рассчитанные значения ΔK_{AM} , %	Допустимые значения ΔK_{AM} , %	Вывод о соответствии
25	0,1			$\pm 0,5$	
	1			$\pm 0,5$	
	5			$\pm 0,6$	
	50			$\pm 1,5$	
	95			$\pm 2,4$	
	100			$\pm 2,5$	
4	0,1			$\pm 0,5$	
	1			$\pm 0,5$	
	5			$\pm 0,6$	
	50			$\pm 1,5$	
	95			$\pm 2,4$	
	100			$\pm 2,5$	

Таблица Б.13 – Определение абсолютной погрешности измерений девиации частоты ($\Delta F_{ДЕВ}$).

Центральная частота, МГц	Установленные значения $F_{МОД}$, кГц	Установленные значения $F_{ДЕВ}$, кГц	Измеренные значения $F_{ДЕВ}^{HSA}$, кГц	Рассчитанные значения $\Delta F_{ДЕВ}$, кГц	Допустимые значения $\Delta F_{ДЕВ}$, кГц	Вывод о соответствии
1	2	3	4	5	6	7
50	1	1			$\pm 0,05$	
50	1	10			$\pm 0,23$	
50	1	100			± 2	
50	1	1000			± 20	
50	0,02	1			$\pm 0,03$	
50	0,02	10			$\pm 0,21$	
50	0,02	100			± 2	
50	0,02	1000			± 20	
50	200	1			± 4	

Продолжение таблицы Б.13

1	2	3	4	5	6	7
50	200	10			$\pm 4,2$	
50	200	100			± 6	
50	200	1000			± 24	
500	0,02	1			$\pm 0,03$	
1000	1	10			$\pm 0,23$	
2000	20	100			$\pm 2,4$	
4000	200	1000			± 24	

ВНИМАНИЕ!!! Таблица Б.14 заполняется, только для тех анализаторов, у которых установлена опция VSA – опция анализа сигналов с квадратурной модуляцией.

Таблица Б.14 – Определение остаточного среднеквадратического значения векторной ошибки модуляции для модуляции QPSK ($\Delta\theta$)

Измеренное значение СКЗ векторной ошибки модуляции $\theta_{\text{изм}}$, %	Рассчитанное значение $\Delta\theta$, %, не более	Допустимое значение $\Delta\theta$, %, не более	Вывод о соответствии
		1,2	