



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«30» декабря 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ВЕКТОРНЫЕ SMW200A

Методика поверки

РТ-МП-1222-441-2021

г. Москва
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов векторные SMW200A (далее – генераторы) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых генераторов сигналов векторных SMW200A к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 1-2018 Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени;

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

- к ГЭТ 167-2017 Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц;

- к ГЭТ 193-2011 Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц;

- к ГЭТ 166-2004 Государственный первичный специальный эталон единицы девиации частоты.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.3, 10.5, 10.7 настоящей методики поверки применяется метод прямых измерений, по пунктам 10.1, 10.2, 10.4, 10.6 настоящей методики поверки применяются методы прямых и косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Методы поверки (номер пункта)	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка идентификации программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
Определение относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора	10.1	Да	Да
Проверка диапазона установки уровня выходного сигнала и определение основной абсолютной погрешности установки уровня выходного синусоидального сигнала	10.2	Да	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний	10.3	Да	Да
Определение параметров режимов амплитудной, частотной, импульсной модуляции (АМ, ЧМ, ИМ)	10.4	Да	Нет
Определение параметров внутренней квадратурной модуляции	10.5	Да	Нет
Определение параметров внутренней квадратурной модуляции с имитацией многолучевого распространения	10.6	Да	Нет
Определение КСВН выхода генератора	10.7	Да	Нет
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Примечание: при наличии в генераторе второго канала (опции В2003/В2006/В2007/В2012/В2020/ В2031/В2044/В2044N) проводят определение метрологических характеристик второго канала в соответствии с операциями п. 10.1...10.7			

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку генераторов сигналов векторных SMW200A для меньшего числа измеряемых величин с соответствующей записью в свидетельстве о поверке:

- в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты любой из частотных опции генератора (3; 6; 7,5; 12,75; 20; 31,8; 40, 44 ГГц) в части операций 10.1, 10.2, 10.3.

- без определения метрологических характеристик второго канала при наличии опций В2003/В2006/В2007/В2012/В2020/В2031/В2044/В2044N (операции 10.2...10.3).

3 Требования к условиям проведения поверки

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, °Сот 20 до 25;
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 80;

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки генераторов сигналов векторных SMW200A допускаются специалисты:

- имеющие высшее образование или дополнительное профессиональное образование по специальности;
- освоившие работу с генераторами и применяемыми средствами поверки;
- изучившие настоящую методику.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки генераторов применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

5.2 Вместо указанных в таблице средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны единиц величин и средства измерений, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы допускаемой погрешности	
1	2	3	4	5
10.1	Стандарт частоты	Сигнал частотой 10 МГц	$\delta F \leq \pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG
10.1	Частотомер универсальный	от 0,001 Гц до 40 ГГц	$\delta F \leq \pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год	Частотомер универсальный CNT-90
10.1; 10.2; 10.3	Анализатор спектра	от 1 кГц до 50 ГГц, от -133 до +30 дБ (1 мВт), гармонические искажения ≤ -75 дБ относительно несущей, негармонические искажения $\leq (-110 \dots -90)$ дБ относительно несущей	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ $\pm 0,1$ дБ	Анализатор фазового шума FSWP50 с опцией B1
10.2, 10.5	Измеритель мощности	от 0 до 50 ГГц, от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт	$\pm(0,15 \dots 0,3)$ дБ	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T
10.3	Измеритель фазовых шумов	от 10 МГц до 50 ГГц, фазовый шум ≤ -166 дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, при отстройке 10 кГц	$\pm 1,5$ дБ	Анализатор фазового шума FSWP50 с опцией B61
10.4; 10.5; 10.6	Измеритель модуляции	K_{AM} : от 0 до 100 %, F_d : до 10 МГц, демодуляция 16QAM	$\pm 0,5$ % $\pm 0,5$ % $\pm 0,5$ %	Анализатор спектра R&S FSW8 с опциями K7, K70 и B160
10.7	Анализатор цепей	от 10 МГц до 50 ГГц, КСВН: от 1,05 до 10	± 5 %	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50
10.1 - 10.7	Термо-гигрометр	от 0 до 60 °С от 2 до 98 %	$\pm 0,3$ °С ± 3 %	Гигрометр Rotronic, модификация HL-1D

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки генератора 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 средства измерений следующим требованиям:

- внешний вид средства измерений должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данное средство измерений, при этом допускается незначительное изменение дизайна СИ, не влияющее на однозначное определение типа прибора по внешнему виду;

- наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию и заводской номер средства измерений;

- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данное средство измерений.

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

- разъемы средства измерений должны быть чистыми;

- комплектность средства измерений должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Установленный факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке не является критерием неисправности средства измерения и носит информативный характер для производителя средства измерений и сервисных центров, осуществляющих ремонт.

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки средства измерений на рабочее место, включения, управления и

дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Генераторы сигналов векторные SMW200A». Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать средство измерений 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

Подготовить генератор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Включить генератор. Проверить работоспособность жидкокристаллического дисплея, регуляторов и функциональных клавиш. Режимы, отображаемые на дисплее, при переключении режимов работы и нажатии соответствующих клавиш должны соответствовать требованиям руководства по эксплуатации.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если после включения средства измерений режимы, отображаемые на дисплее, при переключении режимов измерений и нажатии соответствующих клавиш соответствуют требованиям руководства по эксплуатации.

9 Проверка идентификации программного обеспечения

Проверить отсутствие ошибок при включении генератора. Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения средства измерений отображаются при нажатии "**System Config > Setup > Instrument Assembly > Software / Options**".

Номер версии ПО должен соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора

Определение допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора проводят методом прямых и косвенных измерений с помощью частотомера универсального CNT-90, анализатора фазового шума FSWP50, работающего в режимах анализатора спектра (опция B1), и стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

Допускаемую относительную погрешность установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора на частоте 10 МГц определить путем измерения сигнала внутренней опорной частоты 10 МГц на задней панели генератора. Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

Измерить частоту опорного генератора у SMW200A.

Зафиксировать соответствующие показания частотомера универсального CNT-90.

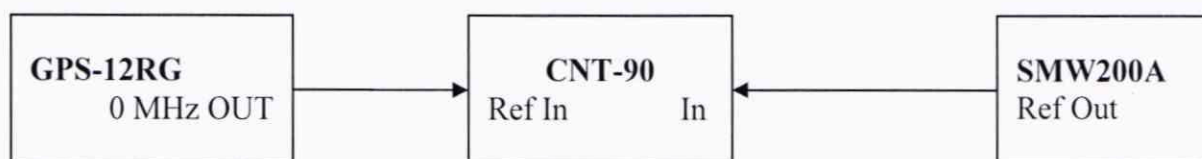


Рисунок 1 - Структурная схема соединения СИ для определения относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора

При наличии в генераторе опции K703 повторить измерения для опорных частот 100 МГц и 1 ГГц.

Допускаемую относительную погрешность установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора на частоте 100 МГц определить с помощью частотомера универсального CNT-90, работающего от внешней опорной частоты, подаваемой от стандарта частоты. Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

Измерить частоту опорного генератора у SMW200A.

Зафиксировать соответствующие показания частотомера универсального CNT-90.

Допускаемую относительную погрешность установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора на максимальной частоте выходного СВЧ сигнала в зависимости от опции частотного диапазона генератора (3 ГГц; 6 ГГц; 7,5 ГГц; 12,75 ГГц; 20 ГГц; 31,8 ГГц; 40 ГГц; 44 ГГц) определить с помощью анализатора фазового шума FSWP50, работающего в режиме анализатора спектра (опция B1), от внешней опорной частоты, подаваемой от стандарта частоты. Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

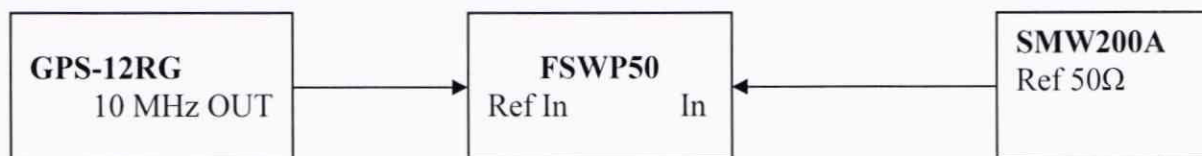


Рисунок 2 - Структурная схема соединения СИ для определения относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора на максимальной частоте выходного СВЧ сигнала

Измерить частоту анализатором фазового шума FSWP50.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

10.2 Проверка диапазона установки уровня выходного сигнала и определение основной абсолютной погрешности установки уровня выходного синусоидального сигнала

Определение основной абсолютной погрешности установки уровня, а также диапазона установки уровня выходного сигнала проводят методом прямых и косвенных измерений: с помощью ваттметра поглощаемой мощности NRP50T, для уровней выходной мощности от 0 до 18 дБ (1 мВт); с помощью анализатора фазового шума FSWP50 в режиме анализатора спектра (опция B1) для уровней выходной мощности от минус 120 до минус 5 дБ (1 мВт).

Подключить ваттметр к выходу генератора, установить на нем частоту измерений для корректировки частотной зависимости. На генераторе установить немодулированный сигнал, уровень выходной мощности 0 дБ (1 мВт). В зависимости от опции частотного диапазона генератора, измерения выходного уровня генератора провести на частотах 0,1; 1; 3; 8; 10; 20; 52; 52,01; 125; 200 МГц; далее до 6 ГГц с шагом 200 МГц; от 6 ГГц до 12,75 ГГц с шагом 250 МГц; от 13 ГГц до максимальной частоты с шагом 500 МГц.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T или анализатора фазового шума FSWP50.

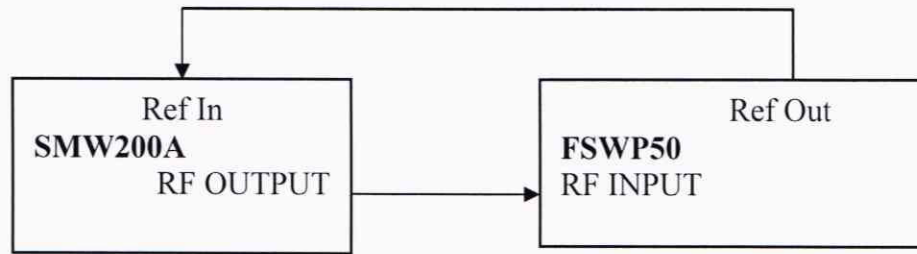


Рисунок 3 - Структурная схема соединения СИ для проверки диапазона установки уровня выходного сигнала и определения основной абсолютной погрешности установки уровня выходного синусоидального сигнала

Кроме этого, аналогичным образом определить основную абсолютную погрешность установки максимально специфицированного уровня выходного сигнала генератора в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3- Диапазон установки значений уровня выходного сигнала

Наименование характеристики		Значение
Диапазон установки значений уровня выходного сигнала для опций B1003, B2003, B1006, B2006, B1007, B2007, B1012, B2012, B1020, B2020 в зависимости от частоты, дБ (1 мВт)	от 100 кГц до 1 МГц включ.	от -120 до +3
	св. 1 до 3 МГц включ.	от -120 до +8
	св. 3 МГц до 20 ГГц	от -120 до +18
Диапазон установки значений уровня выходного сигнала для опций B1031, B2031, B1040, B1040N, B1044, B2044, B1044N, B2044N в зависимости от частоты, дБ (1 мВт)	от 100 кГц до 1 МГц включ.	от -120 до +3
	св. 1 до 3 МГц включ.	от -120 до +8
	св. 3 МГц до 3 ГГц включ.	от -120 до +18
	св. 3 до 16 ГГц включ.	от -120 до +17
	св. 16 до 19,5 ГГц включ.	от -120 до +15
	св. 19,5 до 29 ГГц включ.	от -120 до +18
	св. 29 до 33 ГГц включ.	от -120 до +17
	св. 33 до 40 ГГц включ.	от -120 до +15
	св. 40 до 42 ГГц включ.	от -120 до +13
св. 42 до 44 ГГц	от -120 до +11	

Генератор перевести в режим работы от внешнего источника опорного сигнала частотой 10 МГц, который подать с выхода 10 МГц анализатора фазового шума FSWP50. На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 3 ГГц и уровнем мощности 0 дБ (1 мВт). На анализаторе установить частоту измерения и выбрать режим относительных измерений уровня сигнала (установить «0 дБ»).

Уменьшая выходной уровень мощности генератора $P_{уст}$ с шагом 5 дБ провести измерения до уровня мощности минус 120 дБ (1 мВт).

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

Повторить измерения на максимальной частоте генератора (6 ГГц для опций B1006/B2006; 7 ГГц для опций B1007/B2007; 12,75 ГГц для опции B1012/B2012; 20 ГГц

для опций B1020/B2020; 31,8 ГГц для опции B1031/B2031; 40 ГГц для опций B140, B140N; 44 ГГц для опций B1044/B2044, B1044N/B2044N) в диапазоне от 0 дБ (1 мВт) до минимального специфицированного значения уровня мощности выходного сигнала на максимальной частоте.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

10.3 Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний

Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний проводят методом прямых измерений. Для определения гармонических составляющих использовать анализатор фазового шума FSWP50 в режиме анализатора спектра (опция B1), для определения фазового шума использовать FSWP50 в режиме измерения фазового шума.

10.3.1 Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3. На генераторе установить немодулированный сигнал частотой $f_{нес} = 100$ кГц и уровнем мощности 10 дБ (1 мВт). На анализаторе фазового шума FSWP50 опорный уровень 10 дБ (1 мВт), центральную частоту, равную частоте генератора, полосу пропускания 1 кГц. Включить режим автоматического измерения гармонических составляющих.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

Повторить измерения на частотах $f_{нес}$ равных 11 МГц; 101 МГц; 1,001 ГГц; 2,999 ГГц; 5,999 ГГц; 6,999 ГГц; 12,74 ГГц; 19,999 ГГц; 21,99 ГГц в зависимости от установленной частотной опции генератора (на частоте 19,999 ГГц и 21,99 ГГц измерить только уровень 2-ой гармоники).

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

10.3.2 Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3. Для генераторов без специальных опций по фазовому шуму - на генераторе установить немодулированный сигнал частотой 100 МГц и уровнем мощности 10 дБ (1 мВт). На анализаторе фазовых шумов FSWP50 установить частоту 100 МГц, диапазон отстройки от 1 до 100 кГц и количество кросс-корреляций, необходимое для достижения требуемой чувствительности. Маркером в режиме измерения фазового шума провести измерения при отстройке 20 кГц от несущей.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

Повторить измерения на максимальной частоте выходного СВЧ сигнала в зависимости от опции частотного диапазона генератора.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

Для генераторов с опциями B709/B719, B710/B720, B711/B721 провести измерения на несущих частотах 10 МГц, 100 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц, 4 ГГц, 6 ГГц, 10 ГГц, 20 ГГц, 30 ГГц, 40 ГГц, 44 ГГц (в зависимости от установленных частотных опций) и устанавливая на анализаторе фазового шума диапазон отстройки от несущей от 10 Гц до 10 МГц и количество кросс-корреляций 100.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора фазового шума FSWP50.

10.4 Определение параметров режимов амплитудной, частотной, импульсной модуляции (АМ, ЧМ, ИМ)

Определение параметров генератора в режимах внутренней АМ, ЧМ (при наличии опции K720), ИМ (при наличии опций K22 и K23) проводят методом прямых и косвенных измерений с помощью анализатора спектра R&S FSW8 с опцией измерительного

демодулятора сигналов с аналоговой модуляцией (К7). Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

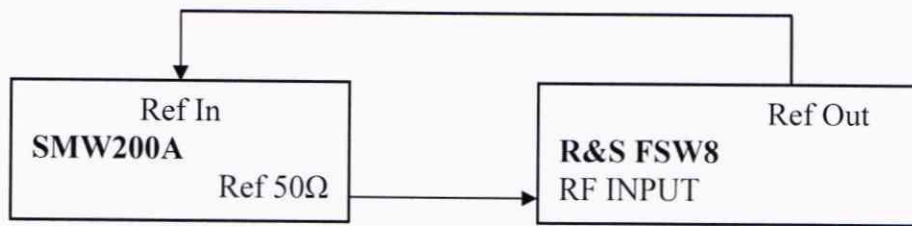


Рисунок 4 - Структурная схема соединения СИ для определения параметров режимов амплитудной, частотной, импульсной модуляции (АМ, ЧМ, ИМ)

10.4.1 Для определения параметров в режиме АМ на генераторе установить режим внутренней АМ с коэффициентом амплитудной модуляции (K_{AM}) = 80 % и частотой модулирующего синусоидального колебания 1 кГц, несущую частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала = 0 дБ (1 мВт). На анализаторе установить режим демодуляции АМ на частоте 1 ГГц с отображением K_{AM} , частоты модулирующего колебания и значения коэффициента нелинейных искажений (КНИ) огибающей.

Провести измерения K_{AM} и КНИ огибающей.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Повторить измерения K_{AM} для установленных значений K_{AM} 1 %, 10 %, 30 %, 50 %.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Для генератора с опцией частотного диапазона свыше 7,5 ГГц повторить измерения на частоте 8 ГГц.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

10.4.2 Для определения параметров в режиме ЧМ на генераторе установить режим внутренней ЧМ с девиацией частоты F_d = 1 МГц и частотой модулирующего синусоидального колебания 10 кГц, несущую частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт). На анализаторе установить режим демодуляции ЧМ на частоте 1 ГГц с отображением девиации частоты, частоты модулирующего колебания и значения КНИ огибающей.

Провести измерения девиации частоты и КНИ огибающей.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Повторить измерения девиации частоты для установленных значений девиаций 1 кГц, 100 кГц.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Для генератора с опцией частотного диапазона свыше 7,5 ГГц повторить измерения на частоте 8 ГГц.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

10.4.3 Для определения времени нарастания радиоимпульса в режиме ИМ на генераторе установить режим внутренней ИМ с периодом следования 100 нс и длительностью импульса 20 нс, частоту несущей 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт). На анализаторе установить режим нулевой полосы обзора на частоте

1 ГГц с полосой анализа 160 МГц и временем развертки 1 мкс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Провести с помощью маркера измерения времени нарастания радиоимпульса.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Для определения коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами на генераторе установить режим внешней ИМ, частоту несущей 1 ГГц и уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), полярность запускающего импульса - инверсная. На анализаторе установить центральную частоту 1 ГГц, полосу обзора 10 МГц с полосой разрешения 1 кГц.

Маркером измерить уровень мощности сигнала.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Переключить полярность, снова провести измерения уровня сигнала.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Повторить измерения на частоте 8 ГГц для генераторов с опцией частотного диапазона свыше 7,5 ГГц.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

10.5 Определение параметров внутренней квадратурной модуляции

Определение параметров внутренней квадратурной модуляции проводят (при наличии опций B10 и B13/B13T или B9 и B13XT) методом прямых измерений.

10.5.1 Абсолютную погрешность среднеквадратического значения векторной ошибки определить путем измерения сигнала с модуляцией типа 16QAM и частотой передачи данных 10 кГц на анализаторе спектра FSW8 в режиме векторной демодуляции сигналов. Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

На генераторе установить несущую частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), векторную модуляцию 16QAM, скорость передачи 10 кГц, тип данных PRBS9. На анализаторе спектра FSW8 установить частоту 1 ГГц, режим векторной демодуляции сигнала 16QAM со скоростью передачи 10 кГц. Провести измерения среднеквадратического значения векторной ошибки EVM_{rms} сигнала.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

Повторить измерения для скорости передачи 10 МГц.

Зафиксировать соответствующие показания анализатора спектра FSW8.

10.5.2 Неравномерность АЧХ в полосе модуляции определить путем измерения уровня мощности выходного сигнала с помощью измерителя мощности при смещении частоты сигнала с помощью цифровой модуляции.

Если установлена опция B10:

К ВЧ выходу генератора подключить ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T. На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», смещение по частоте в настройках цифровой модуляции 0 Гц.

Измерить уровень выходной мощности $P_{0Гц}$.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

Ввести смещение по частоте 1 МГц, 2 МГц, 5 МГц, 7 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 40 МГц, 50 МГц, 60 МГц; 80 МГц (только при наличии опции K522) и повторить измерения.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

Те же измерения повторить при отрицательном смещении по частоте.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

Если установлена опция B9:

К ВЧ выходу генератора подключить ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T. На генераторе установить частоту 3 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», смещение по частоте в настройках цифровой модуляции 0 Гц.

Измерить уровень выходной мощности $P_{0\text{ГГц}}$.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

Ввести смещение по частоте 10 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 50 МГц, далее с шагом 50 МГц до частоты 250 МГц; до частоты 500 МГц (только при наличии опции K525); до частоты 1000 МГц (только при наличии опции K527) и повторить измерения.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

Те же измерения повторить при отрицательном смещении по частоте.

Зафиксировать соответствующие показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T.

10.5.3 Подавление несущей и зеркального канала определить с помощью анализатора фазового шума FSWP50, работающего в режиме анализатора спектра (опция B1).

На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), цифровую модуляцию BPSK с типом данных «ALL 0», смещение по частоте в настройках цифровой модуляции 50 МГц. На анализаторе установить центральную частоту 1 ГГц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу обзора 200 МГц.

Установить маркер на максимум сигнала, и дельта-маркером провести измерения на частоте несущей и зеркальном канале (смещение 50 МГц от несущей в противоположную сторону от отображаемого сигнала).

Зафиксировать соответствующие показания на анализаторе фазового шума FSWP50.

Повторить измерения на частоте 20 ГГц, если на генераторе установлена опция частотного диапазона свыше 20 ГГц.

Зафиксировать соответствующие показания на анализаторе фазового шума FSWP50.

10.6 Определение параметров внутренней квадратурной модуляции с имитацией многолучевого распространения

Операции по пункту проводить при наличии опции B14, B15.

Измерение доплеровского сдвига частот в каналах многолучевого распространения провести с помощью анализатора спектра FSW8.

Для определения погрешности установки доплеровского сдвига на генераторе установить тип запуска «авто». В настройках замирания выключить канал 2, канал 1 установить в режим Pure Doppler, скорость - 4000 км/ч (сдвиг частот – 3706,2 Гц).

Анализатор спектра FSW8 перевести в режим работы от внешней опорной частоты с генератора, запуск «Free Run», включить режим частотомера. Провести измерения частоты.

Зафиксировать соответствующие показания на анализаторе спектра FSW8.

10.7 Определение КСВН выхода генератора

Определение КСВН выхода генератора проводят методом прямых измерений с помощью анализатора цепей векторного ZVA50. На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень мощности выходного сигнала минус 80 дБ (1 мВт). На анализаторе цепей установить режим измерения КСВН в полосе частот от 10 МГц до 50 ГГц (в зависимости от диапазона частот генератора).

Зафиксировать соответствующие показания на анализаторе цепей векторном ZVA50.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений $f_{изм}$, Гц, рассчитать по формуле (1) относительную погрешность установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора δf :

$$\delta f = (f_{изм} - f_{ном}) / f_{ном}, \quad (1)$$

где $f_{ном}$ – установленное значение частоты, Гц (10 МГц), или максимальная частота испытываемого генератора при измерении с помощью анализатора фазового шума FSWP50;

$f_{изм}$ – измеренное значение частоты, Гц.

Рассчитанные значения допустимой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора не должны превышать предельных значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4 - Пределы допустимой относительной погрешности установки частоты

Наименование характеристики		Значение
Пределы допустимой относительной погрешности установки частоты δf при работе от внутреннего опорного генератора	Штатно	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$
	опции 709/B710/B711	$\pm 3 \cdot 10^{-8}$

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений $P_{изм}$, дБ (1 мВт), рассчитать основную абсолютную погрешность установки уровня мощности 0 дБ (1 мВт) вычислить по формуле (2):

$$\Delta P_{0дБм} = P_{изм} - P_{уст}, \quad (2)$$

где $P_{уст}$ - установленное на генераторе значение уровня мощности, дБ (1 мВт);

$P_{изм}$ – показания измерителя мощности, дБ (1 мВт).

Для результатов измерения максимально специфицированного уровня выходного сигнала, рассчитать основную абсолютную погрешность установки уровня мощности по формуле (3):

$$\Delta P = A - P_{уст} + \Delta P_{0дБм}, \quad (3)$$

где A – текущие показания анализатора фазового шума FSWP50;

$\Delta P_{0дБм}$ - основная абсолютная погрешность установки уровня мощности 0 дБ (1 мВт).

Рассчитанные значения допускаемой основной абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала не должны превышать предельных значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 - Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности установки уровня выходного синусоидального сигнала

Наименование характеристики		Значение
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности установки уровня выходного синусоидального сигнала, дБ	от 100 кГц до 3 ГГц включ.	$\pm 0,5$
	св. 3 до 6 ГГц включ.	$\pm 0,7$
	св. 6 до 20 ГГц включ.	$\pm 0,9$
	св. 20 до 44 ГГц	$\pm 1,2$

11.3 Полученные в пункте 10.3.1 результаты измерений гармонических составляющих сравнить с данными, указанными в таблице 6.

Полученные значения уровня гармонических составляющих синусоидального сигнала не должны превышать предельных значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 - Уровень гармонических составляющих

Наименование характеристики		Значение	
Уровень гармонических составляющих для уровня выходного сигнала не более 10 дБ (1 мВт), дБ относительно несущей, не более	опции B1003, B2003, B1006, B2006, B1007, B2007, B1012, B2012	-30	
	опции B1020, B2020, B1031, B2031, B1040, B1040N, B1044, B2044, B1044N, B2044N	от 100 кГц до 3,5 ГГц включ.	-30
		св. 3,5 ГГц до 22 ГГц	-55

11.4 Полученные в пункте 10.3.2 результаты измерений спектральной плотности мощности фазовых шумов сравнить с данными, указанными в таблицах 7 - 10.

Измеренные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов не должны превышать предельных значений, указанных в таблицах 7 - 10.

Таблица 7 - Спектральная плотность мощности фазовых шумов для генераторов без специальных опций по фазовому шуму

Наименование характеристики	Значение	
Спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройке от несущей 20 кГц и уровне сигнала 10 дБ (1 мВт) в зависимости от частоты несущей, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, не более	100 МГц	-134
	1 ГГц	-134
	2 ГГц	-128
	3 ГГц	-124
	4 ГГц	-122
	6 ГГц	-118
	10 ГГц	-114
	20 ГГц	-108
	30 ГГц	-104
	40 ГГц	-102
	44 ГГц	-101

Таблица 8 - Спектральная плотность мощности фазовых шумов для опции В709/В719 при уровне мощности 10 дБ (1 мВт) в зависимости от частоты несущей и отстройки, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, не более

Частота несущей F	Частота отстройки ΔF						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
10 МГц	-112	-121	-131	-138	-136	-141	-
100 МГц	-99	-120	-131	-138	-136	-141	-149
1 ГГц	-83	-104	-124	-139	-137	-144	-155
2 ГГц	-77	-98	-118	-133	-131	-138	-154
3 ГГц	-73	-94	-114	-129	-127	-134	-153
4 ГГц	-71	-92	-112	-127	-125	-132	-152
6 ГГц	-67	-88	-108	-123	-121	-128	-151
10 ГГц	-63	-84	-104	-119	-117	-124	-145
20 ГГц	-57	-78	-98	-113	-111	-118	-137
30 ГГц	-53	-74	-94	-109	-107	-114	-134
40 ГГц	-51	-72	-92	-107	-105	-112	-132
44 ГГц	-50	-71	-91	-106	-104	-111	-130

Таблица 9 - Спектральная плотность мощности фазовых шумов для опции В710/В720 при уровне мощности 10 дБ (1 мВт) в зависимости от частоты несущей и отстройки, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, не более

Частота несущей F	Частота отстройки ΔF						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
1	2						
10 МГц	-112	-122	-131	-138	-136	-141	-
100 МГц	-110	-121	-131	-138	-136	-141	-149
1 ГГц	-97	-111	-131	-139	-137	-144	-155
2 ГГц	-91	-105	-125	-133	-131	-138	-154
3 ГГц	-87	-101	-121	-129	-127	-134	-153
4 ГГц	-85	-99	-119	-127	-125	-132	-152
6 ГГц	-81	-95	-115	-123	-121	-128	-151
10 ГГц	-77	-91	-111	-119	-117	-124	-145
20 ГГц	-71	-85	-105	-113	-111	-118	-137
30 ГГц	-67	-81	-101	-109	-107	-114	-134
40 ГГц	-65	-79	-99	-107	-105	-112	-132
44 ГГц	-64	-78	-98	-106	-104	-111	-130

Таблица 10 - Спектральная плотность мощности фазовых шумов для опции В711/В721 при уровне мощности 10 дБ (1 мВт) в зависимости от частоты несущей и отстройки, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, не более

Частота несущей F	Частота отстройки ΔF						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
1	2	3	4	5	6	7	8
10 МГц	-112	-122	-133	-143	-146	-146	-
100 МГц	-110	-121	-133	-143	-146	-146	-149
1 ГГц	-97	-111	-135	-144	-145	-151	-155
2 ГГц	-91	-105	-129	-138	-139	-145	-155
3 ГГц	-87	-101	-125	-134	-135	-141	-155

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8
4 ГГц	-85	-99	-123	-132	-133	-139	-154
6 ГГц	-81	-95	-119	-128	-129	-135	-153
10 ГГц	-77	-91	-115	-124	-125	-131	-147
20 ГГц	-71	-85	-109	-118	-119	-125	-139
30 ГГц	-67	-81	-105	-114	-115	-121	-135
40 ГГц	-65	-79	-103	-112	-113	-119	-133
44 ГГц	-64	-78	-102	-111	-112	-118	-132

11.5 Полученные в пункте 10.4.1 результаты измерений параметров в режиме АМ сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Полученные значения погрешности установки K_{AM} не должны превышать $\pm(0,01 \cdot K_{AM} + 1) \%$.

Полученные значения КНИ огибающей не должны превышать 2,4 % при $K_{AM}=80 \%$.

11.6 Полученные в пункте 10.4.2 результаты измерений параметров режиме ЧМ сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Полученные значения погрешности установки девиации частоты не должны превышать $\pm(0,015 \cdot F_d + 20)$ Гц.

Полученные значения КНИ огибающей не должны превышать 0,1 % при девиации 1 МГц.

11.7 Для полученных в пункте 10.4.3 результатов измерений параметров в режиме ИМ вычислить время нарастания радиоимпульса и коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами как разность между уровнями при прямой и инверсной полярности запускающего импульса.

Рассчитанные значения времени нарастания не должны превышать более 10 нс, а коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами должен быть не менее 80 дБ.

11.8 Полученные в пункте 10.5.1 результаты измерений среднеквадратического значения векторной ошибки сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Полученные значения среднеквадратического значение векторной ошибки не должно превышать $\pm 0,7 \%$.

11.9 Полученные в пункте 10.5.2 результаты измерений уровней мощности выходного сигнала сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Полученные значения неравномерности АЧХ относительно $P_{0Гц}$ не должно превышать ± 1 дБ.

11.10 Полученные в пункте 10.5.3 результаты измерений дельта-маркера сравнить с данными, указанными в таблице 11.

Измеренные значения подавления несущей и зеркального канала должны быть не менее предельных значений, указанных в таблице 11.

Таблица 11 - Подавление несущей

Наименование характеристики		Значение
Подавление несущей, в диапазоне частот, дБ, не менее	от 250 МГц до 19,5 ГГц включ.	55
	св.19,5 до 40 ГГц (для опций В1031, В2031, В1040, В1040N)	40
	св.19,5 до 44 ГГц (для опций В1044, В2044, В1044N, В2044N)	30

11.11 Для полученных в пункте 10.6 результатов измерения частоты рассчитать разность между значением измеренной частоты и 1 ГГц и сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Рассчитанные значения разности между измеренной частотой и 1 ГГц должно отличаться от 3706,2 Гц не более чем на $\pm 3,706$ Гц.

11.12 Полученные в пункте 10.7 результаты измерения КСВН сравнить с предельными значениями, указанными ниже.

Измеренные значения КСВН не должны превышать 2,4.

12. Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки произвольной формы.

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 генераторов сигналов векторных SMW200A.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Свидетельство о поверке и извещение о непригодности к применению средства измерений оформляются в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»

С. Н. Гольшак

Начальник сектора
лаборатории № 441 ФБУ «Ростест-Москва»

А. С. Каледин