



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

«07» декабря 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ГЕНЕРАТОРЫ СВЧ СИГНАЛОВ MPG200

Методика поверки

РТ-МП-1846-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика применяется для поверки генераторов СВЧ сигналов MPG200 (далее – генераторы), 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, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022;

- передача 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 года № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 – 10.7 настоящей методики поверки применяется метод прямых измерений.

В результате поверки генераторов должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведённые в Приложении А настоящей 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
Проверка диапазона частот и определение относительной погрешности установки частоты	Да	Да	10.1
Проверка диапазона установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала и определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала	Да	Да	10.2
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода RF	Да	Нет	10.3
Определение уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей	Да	Да	10.4
Определение уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей, при отстройке от несущей свыше 1 МГц	Да	Да	10.5
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов относительно несущей 6 ГГц в полосе 1 Гц при уровне выходного сигнала +33 дБ (1 мВт) и отстройке от несущей 10 кГц	Да	Да	10.6
Определение параметров выходных сигналов в режиме импульсной модуляции	Да	Нет	10.7
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 18 до 28;
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)от 86 до 106 (от 645 до 795)

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки генераторов допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей по радиотехническим средствам измерений, освоившие работу с генераторами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки генераторов 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	Термогигрометры UNITESS THB 1 модификация THB 1B, рег. № 70481-18
	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	
п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений		
п.10.1	Эталон единицы частоты, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, частота 10 МГц	Стандарты частоты рублиевые GPS-12RG, рег. № 43830-10

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.10.1	Эталоны единицы частоты, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4 разряда ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 для измерения сигнала в диапазоне частот от 5,7 до 7,3 ГГц	Частотомеры универсальные CNT-90XL, рег. № 41567-09
п.10.2	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461 в диапазоне значений мощности от минус 10 до 34 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 5,7 до 7,3 ГГц	Преобразователи измерительные NRP-Z24, Рег. № 37008-08
п.10.3	Средства измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот от 5,7 до 7,3 ГГц	Анализаторы электрических цепей векторные ZVA50, рег. № 48355-11
п.10.4-10.5	Средства измерений спектральных составляющих синусоидального сигнала в диапазоне частот от 0,1 до 40 ГГц, уровень собственных гармонических искажений не более минус 70 дБ относительно несущей	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опцией B1, рег. № 63528-16
п.10.6	Средство измерений спектральной плотности мощности фазовых шумов в диапазоне частот от 5,7 до 7,3 ГГц, уровень собственных фазовых шумов не более минус 157 дБн/Гц при отстройке от несущей 10 кГц	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опцией B1, рег. № 63528-16
п.10.7	Средства измерений параметров сигналов с импульсной модуляцией в диапазоне частот от 5,7 до 7,3 ГГц, полоса анализа сигналов 320 МГц, динамический диапазон от минус 90 до 10 дБ (1 мВт)	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опциями B1, K7 и B320, рег. № 63528-16
	Генератор импульсных сигналов в диапазоне частот от 1 Гц до 25 МГц, длительность сигнала не менее 20 нс, амплитуда сигнала от 2,5 до 4 В, длительность фронта импульсного сигнала не более 2,9 нс	Генераторы сигналов произвольной формы 33622A, рег. № 79866-20
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
10.6	Аттенюатор фиксированный 20 дБ	Диапазон частот от 5,7 до 7,3 ГГц, входная мощностью до 3 Вт	Аттенюатор коаксиальный BW-N20W5+

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 ИЕС 61010-1-2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже второй 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 генератора следующим требованиям:

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

– наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию, заводской номер генератора;

– наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный генератор;

– наружная поверхность генератора не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу генератора;

– разъемы генератора должны быть чистыми;

– комплектность генератора должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации.

Зафиксировать результаты внешнего осмотра в таблице Б.2 приложения Б.

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.

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 генератора на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Генератор СВЧ сигналов MPG200. Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Включить генератор. Выдержать поверяемый генератор 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

При опробовании проверяется работоспособность генератора. Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране генератора после включения прибора. Убедиться в работоспособности сенсорного интерфейса на экране и возможности установки и настройки основных параметров и режимов измерений генератора в соответствии с диапазонами и дискретностью установки параметров, указанных в описании типа на генераторы.

Зафиксировать результаты опробования в таблице Б.3 приложения Б.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если:

- сообщения о неисправности на экране генератора отсутствуют;
- основные параметры и режимы измерений генератора устанавливаются и настраиваются в рамках диапазонов, указанных в описании типа на генераторы.

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

Войти в дополнительное меню, расположенное в левом верхнем углу графического интерфейса на экране, значок .

В дополнительном меню при входе в раздел **Версия ПО** должна отобразиться информация об установленном ПО: наименование и номер версии.

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения, отображаемые в данном разделе, должны соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

Зафиксировать результаты проверки версии программного обеспечения в таблице Б.4 приложения Б.

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 Проверка диапазона частот и определение относительной погрешности установки частоты

Проверку диапазона частот и определение относительной погрешности установки частоты проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL и стандарта частоты GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

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

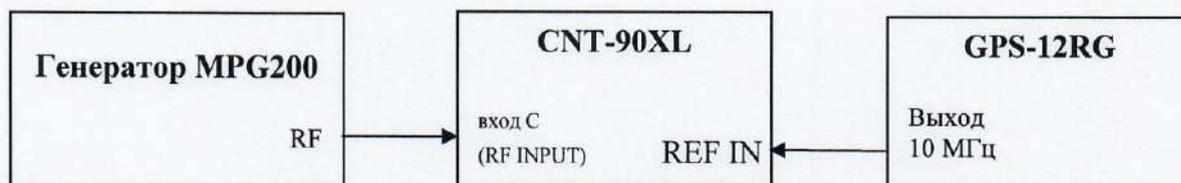


Рисунок 1 – Структурная схема соединения СИ для проверки диапазона частот и определения относительной погрешности установки частоты

На частотомере универсальном CNT-90XL установить импеданс 50 Ом, число разрядов 12, уровень синхронизации 50 %, режим работы от внешней опорной частоты, режим измерения частоты.

В генераторе выставить частоту сигнала $F_{НОМ}$ равной 5,7 ГГц, уровень выходной мощности синусоидального сигнала равный 0 дБ (1 мВт).

Подключить выход «RF» генератора с помощью кабеля СВЧ к входу С частотомера.

Активировать выходной сигнал с генератора нажатием кнопки «RF».

Провести измерения значения частоты выходного синусоидального сигнала с помощью частотомера.

Зафиксировать результаты измерений как $F_{ИЗМ}$, Гц, в таблице Б.5 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот, указанных в таблице Б.5 приложения Б.

Зафиксировать результаты измерений как $F_{ИЗМ}$, Гц, в таблице Б.5 приложения Б.

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

Проверку диапазона установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала и определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала проводят методом прямых измерений с помощью преобразователя измерительного NRP-Z24 (далее NRP-Z24).

10.2.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

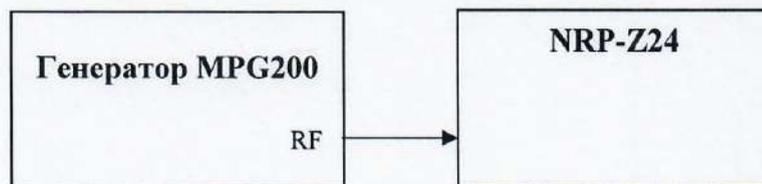


Рисунок 2 – Структурная схема соединения СИ для проверки диапазона установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала и определения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала

В генераторе выставить значение частоты $F_{уст}$ 5,7 ГГц и значение уровня мощности $P_{уст}$ выходного сигнала минус 10 дБ (1мВт).

На преобразователя измерительного NRP-Z24 установить значение частоты $F_{уст}$ для корректировки частотной зависимости.

Активировать выходной сигнал генератора.

Провести измерения уровня мощности выходного сигнала генератора.

Зафиксировать результаты измерений P_{NRP} , дБ (1 мВт), в таблице Б.6 приложения Б.

Повторить измерения для всех значений частот $F_{уст}$ и значений уровня мощности $P_{уст}$ выходного сигнала в соответствии с таблицей Б.6 приложения Б.

10.3 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода RF

Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода RF генератора проводят методом прямых измерений с помощью анализатора электрических цепей векторного ZVA50 (далее – анализатор цепей).

Подготовить анализатор цепей для измерения коэффициента стоячей волны по напряжению выхода в соответствии с руководством по эксплуатации.

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

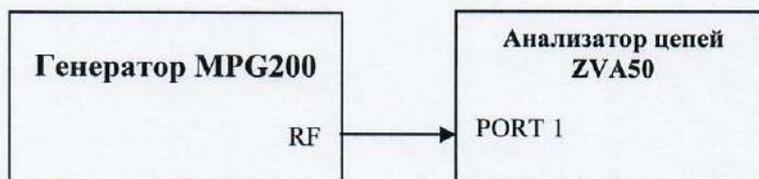


Рисунок 3 – Структурная схема соединения СИ для определения коэффициента стоячей волны по напряжению выхода RF

В генераторе выставить значение частоты $F_{уст}$ 6,5 ГГц и значение уровня мощности $P_{уст}$ выходного сигнала минус 10 дБ (1мВт).

Активировать выходной сигнал генератора.

На анализаторе цепей установить режим измерения КСВН в полосе частот от 5,7 до 7,3 ГГц. Определить максимальное значение КСВН в полосе частот от 5,7 до 7,3 ГГц (исключая $F_{уст}$ 6,5 ГГц), результаты измерений зафиксировать в таблице Б.7 приложения Б.

Устанавливая на генераторе значения частот $F_{уст}$, указанные в таблице Б.7 приложения Б, определить максимальное значение КСВН в полосе частот от 5,7 до 7,3 ГГц (не включая $F_{уст}$). Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.7 приложения Б.

10.4 Определение уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей

Определение уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опцией B1 (далее FSWP50).

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

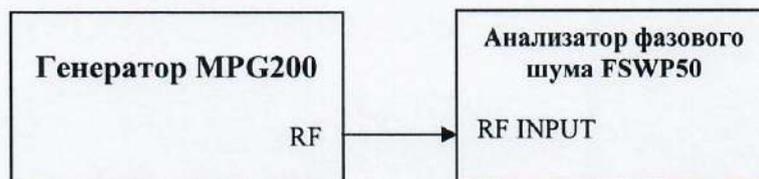


Рисунок 4 – Структурная схема соединения СИ для определения уровня гармонических составляющих и уровня негармонических составляющих при отстройке от несущей более 1 МГц

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, опорный уровень 10 дБ (1 мВт), значение центральной частоты 13 ГГц, полосу пропускания 1 кГц, полосу обзора 26 ГГц, аттенуатор - авто.

На генераторе выставить значение частоты $F_{уст}$ 5,7 ГГц и значение уровня мощности $P_{уст}$ выходного сигнала 5 дБ (1 мВт).

Активировать выходной сигнал генератора.

С помощью маркера измерить гармонические составляющие при отстройке от частоты основной гармоники на частоту $F_{ГС2} = F_{осн} \cdot 2$ и $F_{ГС3} = F_{осн} \cdot 3$.

Зафиксировать результаты измерений $P_{ГС}$, дБ относительно несущей, в таблице Б.8 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот основной гармоники и частот гармонических составляющих, указанных в таблице Б.8 приложения Б.

Зафиксировать результаты измерений $P_{ГС}$, дБ относительно несущей, в таблице Б.8 приложения Б.

10.5 Определение уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей при отстройке от несущей более 1 МГц

Определение уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей при отстройке от несущей более 1 МГц проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опцией B1.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, опорный уровень 10 дБ (1 мВт), значение центральной частоты 5,7 ГГц, полосу пропускания 10 кГц, полосу обзора согласно столбцу 2 таблицы Б.9 приложения Б, аттенуатор - авто.

В генераторе выставить значение частоты $F_{уст}$ 5,7 ГГц и значение уровня мощности $P_{уст}$ выходного сигнала 0 дБ (1 мВт).

Активировать выходной сигнал генератора.

Измерить на анализаторе уровень негармонических составляющих $P_{НГС}$ в полосе обзора анализатора, указанной в столбце 2 таблицы Б.9, для отстроек от несущей не менее 1 МГц, исключая гармонические составляющие генератора, а также промежуточные частоты и зеркальные каналы анализатора. Записать максимальное измеренное значение в столбец 3 таблицы Б.9 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот основной гармонике и частот негармонических составляющих, указанных в таблице Б.9 приложения Б.

Зафиксировать результаты измерений $P_{нгс}$, дБ относительно несущей, в таблице Б.9 приложения Б.

10.6 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов относительно несущей 6 ГГц в полосе 1 Гц при уровне выходного сигнала +33 дБ (1 мВт) и отстройке от несущей 10 кГц

Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов относительно несущей 6 ГГц в полосе 1 Гц при уровне выходного сигнала +33 дБ (1 мВт) и отстройке от несущей 10 кГц проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50.

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

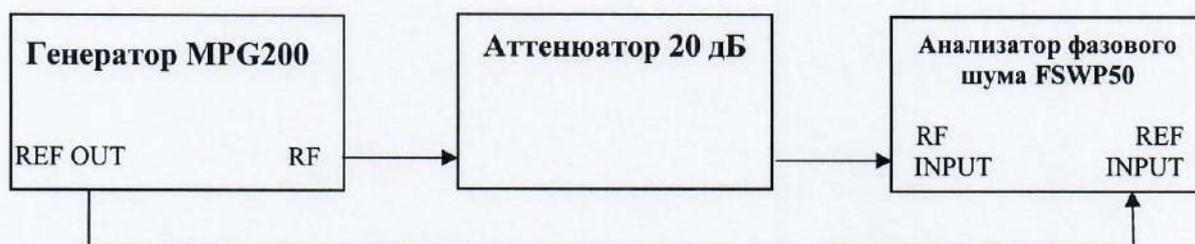


Рисунок 5 – Структурная схема соединения СИ для определения спектральной плотности мощности фазовых шумов

На генераторе выставить значение частоты 6,0 ГГц и значение уровня мощности выходного сигнала 33 дБ (1 мВт).

На FSWP50 установить частоту 6 ГГц, опорный уровень +13 дБ (1 мВт), режим измерения фазового шума, диапазон отстроек от 1 до 100 кГц и количество кросс-корреляций, необходимое для достижения требуемой чувствительности. Маркером в режиме измерения фазового шума провести измерения при отстройке 10 кГц от несущей.

Активировать выходной сигнал генератора.

Зафиксировать результаты измерений в столбец 2 таблицы Б.10 приложения Б.

10.7 Определение параметров выходных сигналов в режиме импульсной модуляции

Проверку минимальной длительности импульса, длительности фронта, диапазона частот повторения импульсов и определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опциями В1, К7 и В320.

10.7.1 Определение минимальной длительности импульса и длительности фронта.

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



Рисунок 6 – Структурная схема соединения СИ для определения параметров выходных сигналов в режиме импульсной модуляции

На поверяемом генераторе выставить значение частоты $F_{УСТ}$ 5,7 ГГц и значение уровня мощности $P_{УСТ}$ выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе 33622А установить положительный импульсный сигнал с амплитудой сигнала 4 В (уровень TTL от 2,5 до 5 В), период радиоимпульса 40 нс, длительность радиоимпульса 20 нс. Активировать выходной сигнал генератора 33622А и поверяемого генератора. Включить режим импульсной модуляции поверяемого генератора, активировав переключатель в разделе меню «Модуляция».

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 320 МГц, значение центральной частоты 6 ГГц, время развертки 400 нс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинке.

Провести с помощью маркеров FSWP50 измерение длительности радиоимпульса и длительности фронта радиоимпульса по уровням 10 % и 90 % амплитуды импульса.

Зафиксировать результаты измерений τ_f , нс, в таблице Б.11 приложения Б.

Повторить измерения для значения частоты $F_{УСТ}$ 6,5 и 7,3 ГГц. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.11 приложения Б.

10.7.2 Проверка диапазона частот повторения импульсов

На поверяемом генераторе выставить значение частоты $F_{УСТ}$ 6,5 ГГц и значение уровня мощности $P_{УСТ}$ выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе 33622А установить положительный выходной сигнал меандр частотой 1 Гц и амплитудой сигнала 4 В.

Активировать выходные сигналы генератора 33622А и поверяемого генератора, включить режим импульсной модуляции поверяемого генератора.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 1 кГц, значение центральной частоты 30 ГГц, время развертки 4 с. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинке.

Провести измерение частоты повторения импульсов.

Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.12 приложения Б.

На генераторе 33622А установить положительный выходной сигнал меандр частотой 25 МГц и амплитудой сигнала 4 В.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 320 МГц, значение центральной частоты 30 ГГц, время развертки 400 нс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинке.

Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.12 приложения Б.

10.7.3 Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами

На поверяемом генераторе выставить значение частоты $F_{УСТ}$ 5,7 ГГц и значение уровня мощности $P_{УСТ}$ выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе 33622А установить положительный выходной сигнал меандр частотой 1 Гц и амплитудой сигнала 4 В.

Активировать выходной сигнал генератора 33622А и поверяемого генератора, включить режим импульсной модуляции поверяемого генератора.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции К7 режим отображения RF Power, полосу анализа 1 кГц, значение центральной частоты 5,7 ГГц, время развертки 4 с. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Определить подавление сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами (КП) с помощью маркера FSWP50, как разность между максимальным и минимальным уровнем сигнала (разница уровней между вершиной и паузой прямоугольного сигнала). При необходимости на FSWP50 включить режим усреднения.

Зафиксировать результаты измерений КП_{ИЗМ}, дБ, в таблице Б.13 приложения Б.

Повторить измерения для значения частоты F_{УСТ} 6,5 и 7,3 ГГц. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.13 приложения Б.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений F_{ИЗМ} рассчитать относительную погрешность установки частоты δF по формуле

$$\delta F = \frac{F_{\text{НОМ}} - F_{\text{ИЗМ}}}{F_{\text{ИЗМ}}}, \quad (1)$$

где F_{ИЗМ} – измеренное значение частоты частотомером, ГГц;

F_{НОМ} – установленное значение частоты на поверяемом генераторе, ГГц.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения относительной погрешности установки частоты δF для всех указанных частот соответствуют нормам, указанным в п.1 таблицы А.1 приложения А.

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений P_{NRP}, дБ (1 мВт), рассчитать абсолютную погрешность установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала ΔP , дБ, по формуле

$$\Delta P = P_{\text{УСТ}} - P_{\text{NRP}}, \quad (2)$$

где P_{NRP} – показания преобразователя измерительного NRP-Z24, дБ (1 мВт),

P_{УСТ} – установленное на генераторе значение уровня мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт).

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные по формуле (2) значения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала для всех установленных значений в диапазоне частот, дБ, соответствуют нормам, указанным в п.5 таблицы А.1 приложения А.

11.3 Результаты поверки по операции по пункту 10.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF во всем частотном диапазоне соответствуют нормам, указанным в п.7 таблицы А.1 приложения А.

11.4 Результаты поверки по операции по пункту 10.4 считаются удовлетворительными, если измеренные значения уровня гармонических составляющих синусоидального сигнала $P_{ГС}$, дБ относительно несущей, для всех указанных частот соответствуют нормам, указанным в п.8 таблицы А.1 приложения А.

11.5 Результаты поверки по операции по пункту 10.5 считаются удовлетворительными, если измеренные значения уровня негармонических составляющих синусоидального сигнала $P_{НГС}$, дБ относительно несущей, для всех указанных частот соответствуют нормам, указанным в п.9 таблицы А.1 приложения А.

11.6 Результаты поверки по операции по пункту 10.6 считаются удовлетворительными, если измеренное значение относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов на частоте 6 ГГц при отстройке от несущей на 10 кГц при уровне выходного сигнала +33 дБ (1мВт) соответствуют нормам, указанным в п.10 таблицы А.1 приложения А.

11.7 Результаты поверки по операции по пункту 10.7.1 считаются удовлетворительными, если измеренные значения минимальной длительности импульса и длительности фронта соответствуют нормам, указанным в п.11.1, 11.2 таблицы А.1 приложения А.

Результаты поверки по операции по пункту 10.7.2 считаются удовлетворительными, если при подаче импульсных сигналов частотой 1 Гц и частотой 25 МГц с генератора импульсов на экране анализатора наблюдается последовательность импульсов, соответствующая огибающей импульсно-модулированного сигнала.

Результаты поверки по операции по пункту 10.7.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами соответствуют нормам, указанным в п. 11.4 таблицы А.1 приложения А.

11.8 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, 9 и 10, и соответствие действительных значений метрологических характеристик генератора требованиям, указанным в таблице А.1 приложения А настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемого генератора 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 0,03 до 37,50 ГГц».

12 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 расчётов заносят в протокол поверки в соответствии с формой протокола, утверждённой 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»



С. Н. Гольшак

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



А. С. Каледин

Приложение А
к РТ-МП-1846-441-2025
(обязательное)

Основные метрологические характеристики генераторов СВЧ сигналов MPG200

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1 Диапазон частот, ГГц	от 5,7 до 7,3
2 Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$
3 Дискретность установки частоты, Гц	0,001
4 Диапазон установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала, дБ (1 мВт)	от -10 до +34
5 Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала, дБ	$\pm 0,9$
6 Дискретность установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала, дБ	0,1
7 Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF, не более	1,35
8 Уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей, дБ, не более	-45
9 Уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала относительно несущей, при отстройке от несущей свыше 1 МГц, дБ, не более	-70
10 Спектральная плотность мощности фазовых шумов относительно несущей 6 ГГц в полосе 1 Гц при уровне выходного сигнала +33 дБ (1 мВт) и отстройке от несущей 10 кГц, дБ, не более	-122
11 Параметры выходных сигналов в режиме импульсной модуляции	
11.1 Минимальная длительность импульса, нс	20
11.2 Длительность фронта, нс, не более	10
11.3 Диапазон частот повторения импульсов	от 1 Гц до 25 МГц
11.4 Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, дБ, не менее	80

Приложение Б
к РТ-МП-1846-441-2025
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки генераторов СВЧ сигналов MPG200 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.)	
Напряжение питающей сети, В	
Частота питающей сети, Гц	

Таблица Б.2 – Внешний осмотр

Вид проверки	Заключение
Внешний вид генератора должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данный генератор, при этом допускается незначительное изменение дизайна генератора, не влияющее на однозначное определение типа генератора по внешнему виду	
Наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию, заводской номер генератора	
Наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный генератор	
Наружная поверхность генератора не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу генератора	
Разъемы генератора должны быть чистыми	
Комплектность генератора должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации	

Таблица Б.3 – Опробование

Вид проверки	Заключение
Сообщения о неисправности на экране генератора отсутствуют	
Основные параметры и режимы измерений генератора устанавливаются и настраиваются в рамках диапазонов, указанных в описании типа на генераторы.	

Таблица Б.4 – Проверка программного обеспечения средства измерений

Вид проверки	Заключение
Номер версии ПО, должен быть не ниже V1.0.0	

Таблица Б.5 – Проверка диапазона частот выходных сигналов и определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала (δF)

Номинальное значение частоты F , ГГц	Измеренное значение частоты $F_{\text{ИЗМ}}$, ГГц	Рассчитанное значение δF	Допустимые значения δF , не более	Нижний предел допускаемых значений $F_{\text{МИН}}$, ГГц	Верхний предел допускаемых значений $F_{\text{МАКС}}$, ГГц	Вывод о соответствии
5,700000000			$\pm 1 \cdot 10^{-7}$	5,699 999 430	5,700 000 570	
6,500000000			$\pm 1 \cdot 10^{-7}$	6,499 999 350	6,500 000 650	
7,300000000			$\pm 1 \cdot 10^{-7}$	7,299 999 270	7,300 000 730	

Таблица Б.6 – Проверка диапазона установки уровня мощности выходного сигнала и определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала (ΔP)

Уровень, установленный на генераторе $P_{\text{УСТ}}$, дБ (1 мВт)	Частота $F_{\text{УСТ}}$, ГГц	Измеренные значения $P_{\text{НРР}}$, дБ (1 мВт)	Рассчитанные значения ΔP , дБ	Допустимые значения ΔP , дБ, не более	Вывод о соответствии
-10	5,7			0,9	
0	5,7			0,9	
10	5,7			0,9	
20	5,7			0,9	
34	5,7			0,9	
-10	6,5			0,9	
0	6,5			0,9	
10	6,5			0,9	
20	6,5			0,9	
34	6,5			0,9	
-10	7,3			0,9	
0	7,3			0,9	
10	7,3			0,9	
20	7,3			0,9	
34	7,3			0,9	

Таблица Б.7 – Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF

Установленные значения частоты на генераторе, ГГц	Измеренный максимальный КСВН выхода RF	Допустимый КСВН выхода RF, не более	Вывод о соответствии
5,7		1,35	
6,5		1,35	
7,3		1,35	

Таблица Б.8 – Определение уровня гармонических составляющих относительно несущей ($P_{ГС}$)

Установленные значения частоты на генераторе $F_{осн}$, ГГц	Частота гармонической составляющей $F_{ГС2}, F_{ГС3}$, ГГц	Измеренные значения $P_{ГС}$, дБ относительно несущей	Допустимые значения $P_{ГС}$, дБ относительно несущей, не более	Вывод о соответствии
5,7	11,4		-45	
5,7	17,1			
6,0	12,0			
6,0	18,0			
6,5	13,0			
6,5	19,5			
7,0	14,0			
7,0	21,0			
7,3	14,6			
7,3	21,9			

Таблица Б.9 – Определение уровня негармонических составляющих относительно несущей при отстройке от несущей более 1 МГц ($P_{НГС}$)

Установленные значения частоты на генераторе $F_{осн}$, ГГц	Полоса обзора анализатора, ГГц	Измеренные значения $P_{НГС}$, дБ относительно несущей	Допустимые значения $P_{НГС}$, дБ относительно несущей, не более	Вывод о соответствии
5,7	от 5,7 до 6,0		-70	
6,0	от 5,7 до 6,3			
6,5	от 6,2 до 6,8			
7,0	от 6,7 до 7,3			
7,3	от 7,0 до 7,3			

Таблица Б.10 – Определение относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов

Установленное значение частоты на генераторе, ГГц	Измеренные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц	Допустимые значения спектральной плотности мощности фазовых шумов, дБ относительно несущей в полосе 1 Гц, не более	Вывод о соответствии
6,0		-122	

Таблица Б.11 – Проверка минимальной длительности импульса и определение длительности фронта в режиме ИМ

Установленные значения частоты на генераторе $F_{осн}$, ГГц	Измеренные значения $\tau_{ф}$, нс	Допустимые значения $\tau_{ф}$, нс, не более	Измеренные значения $\tau_{имп}$, нс	Допустимые значения минимальной $\tau_{имп}$, нс, не более	Вывод о соответствии
1	3	4		20	5
5,7		10			
6,5					
7,3					

Таблица Б.12 – Проверка диапазона частот повторения импульсов в режиме ИМ

Установленные значения частоты на генераторе импульсов	Вывод о соответствии
1 Гц	
25 МГц	

Таблица Б.13 – Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме ИМ

Установленные значения частоты на генераторе, ГГц	Измеренные значения коэффициента подавления $KП_{изм}$, дБ	Допустимые значения коэффициента подавления, дБ, не менее	Вывод о соответствии
5,7		80	
6,5			
7,3			