

СОГЛАСОВАНО

**Генеральный директор
АО «АКТИ-Мастер»**



В.В. Федулов

«25» августа 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Генераторы СВЧ сигналов MBG100

**Методика поверки
МП MBG100/2023**

**Москва
2023**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на генераторы СВЧ сигналов MBG100 (далее – генераторы), изготавливаемые компанией ООО «Миг Трейдинг», Россия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики, определяемые при проведении поверки

Наименование характеристики	Значение	
Диапазон частот выходного сигнала без опций с опцией HF20	от 100 кГц до 13 ГГц от 100 кГц до 20 ГГц	
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$	
Диапазон установки уровня мощности выходного сигнала, дБм в диапазонах частот: от 100 кГц до 200 МГц включительно свыше 200 МГц до 4 ГГц включительно свыше 4 ГГц до 6 ГГц включительно свыше 6 ГГц до 13 ГГц включительно свыше 13 ГГц до 18 ГГц включительно свыше 18 ГГц до 20 ГГц включительно	без опций	с опцией H01
	от -20 до +16	от -20 до +20
	от -20 до +20	от -20 до +27
	от -30 до +20	от -30 до +27
	от -30 до +16	от -30 до +25
	от -30 до +14	от -30 до +22
Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала, дБ	$\pm 0,9$	
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF, не более	2,0	
Относительный уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала, дБн, не более в диапазонах частот: от 200 кГц до 600 МГц включительно свыше 600 МГц до 12 ГГц включительно свыше 12,0 ГГц до 20,0 ГГц включительно свыше 20,0 ГГц до 26,5 ГГц включительно	-25	
	-45	
	-35	
	-30	
	-75	
Относительный уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала при отстройке от несущей более 1 МГц, дБн, не более	-75	
	-133	
	-128	
	-122	
	-115	
	-112	
Относительная спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройке от несущей на 10 кГц при уровне выходного сигнала +10 дБм, дБн/Гц, не более		
на частотах несущей:		
1 ГГц	-133	
3 ГГц	-128	
6 ГГц	-122	
13 ГГц	-115	
20 ГГц	-112	
Параметры выходного сигнала в режиме импульсной модуляции (с опцией S05)		
Минимальная длительность импульса, нс, не более	20	
Длительность фронта, нс, не более	10	
Диапазон частот повторения импульсов	от 1 Гц до 25 МГц	

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, дБ, не менее	80
Параметры выходного сигнала встроенного генератора импульсов (с опцией S05)	
Диапазон частот повторения импульсов	от 1 Гц до 50 МГц
Максимальный размах выходного сигнала на высокоомную нагрузку, В, не менее	3
Минимальная длительность импульса, нс, не более	10
Длительность фронта, нс, не более	5
Примечания: дБм – уровень мощности в дБ относительно 1 мВт; дБн – уровень мощности в дБ относительно уровня несущей; дБн/Гц – уровень мощности в дБ относительно уровня несущей, приведенный к полосе 1 Гц	

1.3 При поверке обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственным эталонам:

- ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022г. № 2360;
- ГЭТ 26-2010 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461.

1.4 Все операции поверки выполняются методом прямых измерений.

1.5 На основании письменного заявления пользователя (заявителя) допускается проводить периодическую поверку генераторов СВЧ сигналов MBG100 для меньшего числа измеряемых величин и на меньшем числе поддиапазонов измерений:

- в диапазоне частот генератора без опций при наличии опции HF20;
- в диапазоне установки уровня мощности выходного сигнала без опций при наличии опции H01;
- без определения коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции при наличии опции S05;
- без определения параметров выходного сигнала встроенного генератора импульсов при наличии опции S06.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.4
Проверка программного обеспечения (ПО)	да	да	9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Определение диапазона частот выходного сигнала и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	да	да	10.1
Определение диапазона установки уровня мощности выходного сигнала и относительной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала	да	да	10.2
Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала	да	да	10.3
Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала при отстройке от несущей более 1 МГц	да	да	10.4
Определение относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке от несущей на 10 кГц при уровне выходного сигнала +10 дБм	да	нет	10.5
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF	да	нет	10.6
Определение минимальной длительности импульса, длительности фронта и диапазона частот повторения импульсов в режиме импульсной модуляции (с опцией S05)	да	нет	10.7
Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции (с опцией S06)	да	да	10.8
Определение параметров выходного сигнала встроенного генератора импульсов (с опцией S06)	да	да	10.9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

В соответствии с ГОСТ 8.395–80 и с учетом условий применения генератора, а также средств поверки, при проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха в помещении (23 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.)

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, имеющие документ о квалификации в соответствии с действующими нормативно–правовыми актами в области аккредитации. Специалист, выполняющий поверку, должен быть аттестован по группе электробезопасности не ниже 4 (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Номер пункта методики поверки или раздела	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер ФИФ ОЕИ
1	2	3	4
Измеритель температуры, влажности и атмосферного давления	3 8.2	Средства измерений температуры, относительной влажности и атмосферного давления; абсолютная погрешность измерений температуры в диапазоне от 0 до 50 °С в пределах $\pm 0,5$ °С; абсолютная погрешность измерений относительной влажности в диапазоне от 30 до 80 % в пределах ± 3 %; абсолютная погрешность измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа в пределах $\pm 0,2$ кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д; рег. № 46434-11
Стандарт частоты	10.1	Средство измерений частоты электромагнитных колебаний, соответствующее требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022. Относительная погрешность воспроизведения частоты 10 МГц в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-11}$	Стандарт частоты рубидиевый FS725; рег. № 31222-06
Частотомер	10.1	Средство измерений частоты электромагнитных колебаний в диапазоне от 100 кГц до 20 ГГц, количество разрядов индикации частоты не менее 9; вход внешней синхронизации 10 МГц	Частотомер универсальный Tektronix FCA3000; рег. № 51532-12 Анализатор фазового шума FSWP26 с опцией анализатора спектра В1; рег. № 63528-16
Ваттметр поглощаемой мощности	10.2	Средство измерений мощности электромагнитных колебаний, соответствующее требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461. Относительная погрешность измерения уровня мощности от минус 30 до 20 дБм на частотах от 100 кГц до 20 ГГц в пределах $\pm 0,25$ дБ (± 6 %)	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP40T; рег. № 69958-17

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Анализатор спектра	10.3	Средство измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне от минус 90 до 20 дБм, в диапазоне частот от 100 кГц до 26,5 ГГц, относительная погрешность измерения уровня мощности в пределах ± 2 дБ	Анализатор фазового шума FSWP26 с опцией анализатора спектра В1; рег. № 63528-16
	10.4		
Анализатор фазового шума	10.5	Средство измерений спектральной плотности мощности фазовых шумов в диапазоне частот от 1 до 20 ГГц, уровень собственных фазовых шумов не более минус 157 дБн/Гц на частоте несущей 1 ГГц при отстройке от несущей 10 кГц	Анализатор фазового шума FSWP26; рег. № 63528-16
Анализатор электрических цепей	10.6	Средство измерений КСВН в диапазоне от 1 до 5, в диапазоне частот от 100 кГц до 20 ГГц, относительная погрешность измерения КСВН ≤ 2 в пределах ± 15 %	Анализатор параметров радиотехнических трактов и сигналов портативный MS2038C; рег. № 46703-11
Осциллограф цифровой	10.7	Средство измерений интервалов времени в диапазоне от 1 нс до 10 с, входное сопротивление 50 Ом, полоса пропускания не менее 2 ГГц, относительная погрешность частоты опорного генератора в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-5}$	Осциллограф цифровой DPO7254C; рег. № 53104-13
Генератор сигналов произвольной формы		Воспроизведение сигнала прямоугольной формы частотой 25 МГц, длительностью 20 нс, амплитудой 3 В, длительностью фронта не более 2,5 нс	Генератор сигналов произвольной формы AFG3252C; рег. № 53102-13
Анализатор спектра		Средство измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне значений от минус 90 до 20 дБм, на частоте 1 ГГц, относительная погрешность измерения уровня мощности в пределах ± 2 дБ	Анализатор фазового шума FSWP26 с опцией анализатора спектра В1; рег. № 63528-16
Осциллограф цифровой	10.8	Средство измерений интервалов времени в диапазоне от 1 нс до 10 с, импульсного электрического напряжения в диапазоне от 100 мВ до 5 В; входное сопротивление 50 Ом и 1 МОм, полоса пропускания не менее 300 МГц, относительная погрешность частоты опорного генератора в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-5}$; относительная погрешность измерения напряжения в пределах ± 3 %	Осциллограф цифровой DPO7254C; рег. № 53104-13
Вспомогательные средства поверки			
Кабели, адаптеры	раздел 10	Тип BNC, N, K, SMA; диапазон частот от 100 кГц до 26,5 ГГц (в зависимости от операции поверки)	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Аттенюатор	10.2	Номинальное ослабление 10 или 20 дБ, диапазон частот от 100 кГц до 20 ГГц, входная мощность до 1 Вт	

5.2 Допускается применение других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019–80.

6.2 Необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в руководстве по эксплуатации генераторов, а также меры безопасности, указанные в руководствах по эксплуатации средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра генератора проверяются:

- правильность маркировки и комплектность;
- чистота и исправность разъемов;
- исправность органов управления, четкость фиксации их положений;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослабления крепления элементов конструкции (определяется на слух при наклонах генератора).

7.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого генератора, 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 Перед началом выполнения дальнейших операций поверки следует изучить руководство по эксплуатации генератора, а также руководства по эксплуатации средств поверки.

8.2 Выполнить контроль условий поверки в соответствии с требованиями, указанными в разделе 3 настоящей методики поверки. Для контроля условий проведения поверки использовать средства измерений температуры, относительной влажности и атмосферного давления, указанные в таблице 2.

8.3 Для выполнения дальнейших операций используемые средства поверки и поверяемый генератор должны быть подключены к сети 230 В, 50 Гц и выдержаны во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

Минимальное время прогрева генератора составляет 15 минут.

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

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

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

В дополнительном меню при входе в раздел **Опции** должна отобразиться информация об установленных опциях генератора.

Идентификационный номер версии программного обеспечения должен быть не ниже V1.0.0.

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

Определение метрологических характеристик генератора выполнить по процедурам, изложенным в пунктах 10.1 ÷ 10.9 в соответствии с наличием установленных опций генератора.

Полученные результаты должны удовлетворять критериям подтверждения соответствия метрологическим требованиям, которые приведены в п. 11 данной методики поверки.

Допускается фиксировать результаты измерений качественно без указания действительных измеренных значений, если заявителем поверки не предъявлен запрос по их представлению в протоколе поверки.

При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

10.1 Определение диапазона частот выходного сигнала и относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

10.1.1 Подготовить к работе частотомер Tektronix FCA3000, стандарт частоты FS725 и анализатор фазового шума FSWP26 согласно руководству по эксплуатации, включить на анализаторе режим анализатора спектра.

10.1.2 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.1.3 Соединить кабелем BNC(m-m) вход синхронизации “Ext Ref Freq Input” частотомера с выходом “10 MHz” стандарта частоты FS725, включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках частотомера.

10.1.4 Соединить кабелем BNC(m-m), используя адаптер, выход “RF” генератора с каналом А частотомера Tektronix FCA3000.

10.1.5 Установить на генераторе частоту 100 кГц с уровнем выходной мощности 0 дБм. Включить выход RF генератора. Выполнить отсчет на частотомере, записать его в столбец 2 таблицы 10.1.

10.1.6 Устанавливать на генераторе частоту 10 МГц, записать отсчет на частотомере в столбец 2 таблицы 10.1.

Таблица 10.1 – Погрешность установки частоты выходного сигнала

Номинальное значение частоты F, МГц	Измеренное значение частоты F _{изм} , МГц	Нижний предел допускаемых значений F _{мин} , МГц	Верхний предел допускаемых значений F _{макс} , МГц
0,1		0, 099 999 990	0, 100 000 010
10		9, 999 999 000	10, 000 001 000
без опции HF20			
13000		12 999, 998 700	13 000, 001 300
с опцией HF20			
20000		19 999, 998 000	20 000, 002 000

10.1.7 Соединить кабелем BNC(m-m) вход синхронизации “REF IN” анализатора с выходом “10 MHz” стандарта частоты FS725, включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках анализатора.

10.1.8 Установить на генераторе частоту 13 или 20 ГГц (в зависимости от наличия опции HF20). Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) выход “RF” генератора с входом “RF INPUT” анализатора.

10.1.9 На анализаторе установить:

- опорный уровень (Ref Level): +5 дБм,
- полоса обзора (SPAN): 10 кГц,
- полоса пропускания (RBW): Авто.

10.1.10 Установить центральную частоту на анализаторе, равную частоте генератора. На анализаторе найти пик сигнала и включить маркер частотомера, записать отсчет маркера в столбец 2 таблицы 10.1.

10.1.11 Выключить выход RF генератора. Отсоединить кабели от оборудования.

10.2 Определение диапазона установки уровня мощности выходного сигнала и относительной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала

10.2.1 Подготовить к работе ваттметр поглощаемой мощности, выполнить установку нуля, установить количество усреднений 32.

10.2.2 Присоединить к выходу “RF” генератора ваттметр поглощаемой мощности.

10.2.3 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**. Включить выход RF генератора.

10.2.4 Устанавливать на генераторе клавишами Freq и Level значения уровня и частоты, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы 10.2.1. Вводить на ваттметре соответствующие значения частоты, и записывать отсчеты на ваттметре в столбец 4 таблицы 10.2.1.

10.2.5 Выключить выход RF генератора. Отсоединить ваттметр поглощаемой мощности от выхода “RF” генератора.

Таблица 10.2.1 – Погрешность установки уровня выходной мощности для $P \leq 20$ дБм

Установки генератора		Нижний предел допускаемых значений, дБм	Измеренное значение, дБм	Верхний предел допускаемых значений, дБм
Частота, МГц	Уровень, дБм			
1	2	3	4	5
0,1	+20 ¹⁾	+19,10		+20,90
	+16 ²⁾	+15,10		+16,90
	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
1	+20 ¹⁾	+19,10		+20,90
	+16 ²⁾	+15,10		+16,90
	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90

Продолжение таблицы 10.2.1

	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
10	+20 ¹⁾	+19,10		+20,90
	+16 ²⁾	+15,10		+16,90
	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	+20 ¹⁾	+19,10		+20,90
200	+16 ²⁾	+15,10		+16,90
	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	+20	+19,10		+20,90
1000	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	+20	+19,10		+20,90
6000	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	-30	-30,90		-29,10
	+16	+15,10		+16,90
13000	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	-30	-30,90		-29,10
	для генераторов с опцией HF20			
18000	+14	+13,10		+14,90
	+10	+9,10		+10,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
20000	+12	+11,10		+12,90
	0	-0,90		+0,90
	-10	-10,90		-9,10
	-20	-20,90		-19,10
	-30	-30,90		-29,10
Примечания:				
1) только для генераторов с опцией H01;				
2) только для генераторов без опции H01				

10.2.6 Для генераторов с опцией H01(повышенная выходная мощность) присоединить к выходу "RF" генератора ваттметр поглощаемой мощности через аттенюатор Anritsu 42K-20.

10.2.7 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**. Включить выход RF генератора.

10.2.8 Устанавливать на генераторе клавишами Freq и Level значения уровня и частоты, указанные в столбцах 1 и 2 таблицы 10.2.2. Вводить на ваттметре соответствующие значения частоты и записывать отсчеты на ваттметре в столбец 3 таблицы 10.2.2. Рассчитать значения уровня выходной мощности по формуле (1) и записать в столбец 6 таблицы 10.2.2:

$$P_M = P_O - S_{21}, \text{ дБм}, \quad (1)$$

где: P_O – показания ваттметра на частоте поверки, дБм;

S_{21} - коэффициент передачи аттенюатора на частоте поверки, дБ.

10.2.9 Выключить выход RF генератора. Отсоединить аттенюатор и ваттметр поглощаемой мощности от выхода “RF” генератора.

Таблица 10.2.2 – Погрешность установки уровня выходной мощности для $P > 20$ дБм

Установки генератора		Отсчет значения, P_O , дБм	Коэффициент передачи аттенюатора S_{21} , дБ	Нижний предел допускаемых значений, дБм	Измеренное значение, P_M , дБм	Верхний предел допускаемых значений, дБм
Частота, МГц	уровень, дБм					
1000	+27			+26,10		+27,90
6000	+27			+26,10		+27,90
13000	+25			+24,10		+25,90
для генераторов с опцией HF20						
18000	+22			+21,10		+22,90
20000	+22			+21,10		+22,90

10.3 Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала

10.3.1 Подготовить к работе анализатор фазового шума FSWP26 согласно руководству по эксплуатации, включить на анализаторе режим анализатора спектра.

10.3.2 Соединить кабелем BNC(m-m) выход “REF OUT” на задней панели генератора с входом “REF IN” анализатора.

10.3.3. Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) выход “RF” генератора с входом “RF INPUT” анализатора.

10.3.4 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.3.5 В меню генератора **Сигнал** установить частоту опорного генератора 10 МГц, включить выход “REF OUT”. Включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках анализатора. Допускается синхронизировать генератор и анализатор от внешней опорной частоты (от стандарта частоты).

10.3.6 Включить выход RF генератора.

10.3.7 Установить на генераторе частоту 100 кГц, уровень выходной мощности +5 дБм.

10.3.8 На анализаторе установить:

– опорный уровень (Ref Level): +10 дБм,

– полоса обзора (SPAN): 10 кГц,

– полоса пропускания (RBW): Авто.

10.3.9 Установить центральную частоту на анализаторе, равную частоте генератора. На анализаторе найти пик сигнала и ввести дельта-маркер. Убедиться в том, что отсчет дельта-маркера равен 0,00 дБ.

10.3.10 Установить центральную частоту на анализаторе, равную удвоенной частоте генератора, найти пик сигнала. Записать значение маркера в столбец 2 таблицы 10.3.

10.3.11 Установить центральную частоту на анализаторе, равную утроенной частоте генератора, найти пик сигнала. Записать значение маркера в столбец 3 таблицы 10.3. Отключить дельта-маркер.

Таблица 10.3 – Относительный уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала

Частота, МГц	Измеренное значение относительного уровня гармоник, дБн		Верхний предел допускаемых значений уровня гармоник, дБн	
	вторая гармоника	третья гармоника	вторая гармоника	третья гармоника
0,1			-25	-25
100			-25	-25
1000			-45	-45
5000			-45	-35
8000			-35	-30
для генераторов с опцией HF20				
13250		–	-30	–

10.3.12 Выполнить действия по пунктам 10.3.9 – 10.3.11 для остальных значений частоты генератора, указанных в столбце 1 таблицы 10.3.

10.3.13 Выключить выход RF генератора. Отсоединить адаптер, кабели от оборудования.

10.4 Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала при отстройке от несущей более 1 МГц

10.4.1 Подготовить к работе анализатор фазового шума FSWP26 согласно руководству по эксплуатации, включить на анализаторе режим анализатора спектра.

10.4.2 Соединить кабелем BNC(m-m) выход “REF OUT” на задней панели генератора с входом “REF IN” анализатора.

10.4.3. Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) выход “RF” генератора с входом “RF INPUT” анализатора.

10.4.4 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.4.5 В меню генератора **Сигнал** установить частоту опорного генератора 10 МГц, включить выход “REF OUT”. Включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках анализатора.

10.4.6 Включить выход RF генератора.

10.4.7 Установить на генераторе частоту 0,01 ГГц с уровнем выходной мощности 0 дБм.

10.4.8 Измерить на анализаторе уровень негармонических составляющих в полосе обзора анализатора, указанной в столбце 2 таблицы 10.4, 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 10.4.

10.4.9 Выполнить действия по пунктам 10.4.7 – 10.4.8 для остальных значений частоты генератора, указанных в столбце 1 таблицы 10.4.

10.4.10 Выключить выход RF генератора. Отсоединить кабели от оборудования.

Таблица 10.4 – Относительный уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала

Частота генератора (несущая), ГГц	Полоса обзора анализатора, ГГц	Измеренное значение относительного уровня негармонических составляющих, дБн	Верхний предел допускаемых значений уровня негармонических составляющих, дБн
0,01	от 0,0001 до 3		-75
4	от 3 до 6		
7	от 6 до 10		
11	от 10 до 12		
13	от 12 до 13		
для генераторов с опцией HF20			
13	от 12 до 14		-75
18	от 14 до 20		

10.5 Определение относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке от несущей на 10 кГц при уровне выходного сигнала +10 дБм

10.5.1 Подготовить к работе анализатор фазового шума FSWP26 согласно руководству по эксплуатации.

10.5.2 Соединить кабелем BNC(m-m) выход “REF OUT” на задней панели генератора с входом “REF IN” анализатора. Включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках анализатора.

10.5.3 Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) выход “RF” генератора с входом “RF IN” анализатора.

10.5.4 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.5.5 В меню генератора **Сигнал** установить частоту опорного генератора 10 МГц, включить выход “REF OUT”.

10.5.6 Установить на генераторе частоту 1 ГГц, уровень выходной мощности +10 дБм.

10.5.7 Включить выход RF генератора.

10.5.8 На анализаторе фазового шума FSWP50 установить частоту 1 ГГц, опорный уровень +15 дБм, 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. Записать измеренное значение в столбец 2 таблицы 10.5.

10.5.9 Повторить измерения относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов на частотах несущей: 3 ГГц, 6 ГГц, 13 ГГц, 20 ГГц. Значение частоты устанавливается в зависимости от модификации генераторов и ограничивается верхним значением диапазона частот генератора.

10.5.10 Выключить выход RF генератора. Отсоединить адаптер, кабели от оборудования.

Таблица 10.5 – Относительная спектральная плотность мощности фазовых шумов

Частота, ГГц	Спектральная плотность мощности фазовых шумов, дБн/Гц	Верхний предел допускаемых значений спектральной плотности мощности фазовых шумов, дБн/Гц
1		-133
3		-128
6		-122
13		-115
20 (опция HF20)		-112

10.6 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода RF

10.6.1 Подготовить к работе анализатор параметров радиотехнических трактов и сигналов портативный MS2038С согласно руководству по эксплуатации. Подключить кабель 3,5 мм(m-m) к входу “PORT 2” анализатора, выполнить однопортовую калибровку анализатора на конце кабеля в режиме измерения КСВН при помощи калибровочного набора из комплекта анализатора.

10.6.2 Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) через адаптер выход “RF” генератора с входом “PORT 2” анализатора.

10.6.3 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.6.4 Установить на генераторе частоту 1 ГГц, уровень выходной мощности минус 30 дБм.

10.6.5 Включить выход RF генератора.

10.6.6 Установить на анализаторе параметров радиотехнических трактов и сигналов режим измерения КСВН для входа “PORT 2” в полосе частот от 0,1 МГц до 13 ГГц (при наличии опции HF20 – до 20 ГГц).

10.6.7 Измерить и записать максимальное значение КСВН выхода RF генератора в диапазоне частот генератора в столбец 1 таблицы 10.6.

10.6.8. Выключить выход RF генератора. Отсоединить адаптер, кабель от оборудования.

Таблица 10.6 – КСВН выхода RF

Измеренное значение КСВН	Верхний предел допускаемого значения КСВН
	2,0

10.7 Определение минимальной длительности импульса, длительности фронта и диапазона частот повторения импульсов в режиме импульсной модуляции (при наличии опции S05)

10.7.1 Подготовить к работе осциллограф цифровой DPO7254C, генератор сигналов произвольной формы AFG3252C согласно руководству по эксплуатации.

10.7.2 Собрать схему, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1

10.7.3 Установить на генераторе MBG100 параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.7.4 Установить на выходе генератора MBG100 сигнал с частотой 1 ГГц и уровнем 10 дБм, включить на генераторе режим внешней импульсной модуляции.

10.7.5 Установить на выходе 1 генератора AFG3252C прямоугольный импульс с периодом следования 40 нс, длительностью импульса 20 нс и амплитудой 3 В.

10.7.6 Установить входное сопротивление канала 1 осциллографа 50 Ом, с помощью внешней синхронизации добиться устойчивого изображения радиоимпульсов на экране осциллографа. Установить коэффициент развертки канала 1 таким образом, чтобы на экране осциллографа наблюдалось от двух до трех радиоимпульсов.

10.7.7 Измерить при помощи маркеров на экране осциллографа длительность радиоимпульсов и длительность фронта радиоимпульсов в режиме внешней импульсной модуляции, округлить значения чисел до целых, записать значения в столбец 2 таблицы 10.7.

10.7.8 Выключить выход RF генератора. Отсоединить кабели от оборудования.

Таблица 10.7 Определение параметров выходного сигнала в режиме импульсной модуляции (опция S05)

Наименование характеристики	Измеренное значение	Значение параметра	
		Не менее	Не более
Внешняя импульсная модуляция			
Минимальная длительность импульса		–	20 нс
Длительность фронта		–	10 нс
Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами		80 дБ	–
Внутренняя импульсная модуляция (при наличии опции S06)			
Диапазон частот повторения импульсов		от 1 Гц до 25 МГц	
Минимальная длительность импульса		–	20 нс
Длительность фронта		–	10 нс

Операции по п. 10.7.9 - 10.7.14 выполнить только при наличии опции S06

10.7.9 Включить на генераторе MBG100 режим внутренней импульсной модуляции с периодом следования 40 нс, длительностью импульса 20 нс.

10.7.10 Соединить кабелем BNC(m-m) выход "PULSE OUT" генератора MBG100 с входом внешней синхронизации осциллографа. С помощью внешней синхронизации добиться устойчивого изображения радиоимпульсов на экране осциллографа.

10.7.11 Измерить при помощи маркеров на экране осциллографа длительность радиоимпульсов и длительность фронта радиоимпульсов в режиме внутренней импульсной модуляции, округлить значения чисел до целых, записать значения в столбец 2 таблицы 10.7.

10.7.12 Измерить при помощи маркеров на экране осциллографа период повторения радиоимпульсов, округлить значение до целых. Рассчитать значение частоты повторения импульсов по формуле (2) и записать в столбец 2 таблицы 10.7:

$$F = 1/T, \text{ Гц}, \quad (2)$$

где: T – измеренное значение периода повторения радиоимпульсов, с.

10.7.13 Повторить измерения и расчет значения частоты повторения импульсов по п. 10.7.12 при установке периода следования импульсов 1 с, длительности импульсов 500 мс.

10.7.14 Выключить выход RF генератора. Отсоединить кабели от оборудования.

10.8 Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции (с опцией S05)

10.8.1 Подготовить к работе анализатор фазового шума FSWP26, генератор сигналов произвольной формы AFG3252C согласно руководству по эксплуатации.

10.8.2 Соединить кабелем BNC(m-m) выход "REF OUT" на задней панели генератора с входом "REF IN" анализатора фазового шума FSWP26.

10.8.3 Соединить кабелем 3,5 мм(m-m) выход "RF" генератора с входом "RF INPUT" анализатора.

10.8.4 В меню генератора Сигнал установить частоту опорного генератора 10 МГц, включить выход "REF OUT". Включить синхронизацию от внешней опорной частоты 10 МГц в настройках анализатора.

10.8.5 Установить на выходе 1 генератора AFG3252C прямоугольный импульс с периодом следования 1 с, длительностью импульса 0,5 с и амплитудой 3 В. Соединить кабелем BNC(m-m) выход 1 генератора AFG3252C с входом "PULSE IN" генератора MBG100.

10.8.6 Установить на выходе генератора MBG100 частоту 1 ГГц, уровень 10 дБм, включить на генераторе режим внешней импульсной модуляции.

10.8.7 Включить на анализаторе FSWP26 режим работы анализатора спектра с опорным уровнем 15 дБм, нулевой полосой обзора, полосой анализа 1 кГц и временем развертки 2 с. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинке. Маркером измерить уровень сигнала на вершине импульса и в паузе между импульсами. Вычислить коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, как разность между уровнями, записать значение в столбец 2 таблицы 10.7.

10.8.8 Выключить выход RF генератора. Отсоединить кабели от оборудования.

10.9 Определение параметров выходного сигнала встроенного генератора импульсов (с опцией S06)

10.9.1 Подготовить к работе осциллограф цифровой DPO7254C согласно руководству по эксплуатации.

10.9.2 Соединить кабелем BNC(m-m) выход "PULSE OUT" генератора с входом канала 1 осциллографа цифрового.

10.9.3 Установить на генераторе параметры по умолчанию клавишей **Preset**.

10.9.4 Установить на генераторе параметры встроенного генератора импульсов: период следования 20 нс, длительность импульса 10 нс.

10.9.5 Установить входное сопротивление осциллографа цифрового 50 Ом. Измерить осциллографом частоту повторения импульсов, длительность импульсов, округлить значения чисел до целых, записать значения в столбец 2 таблицы 10.9.

10.9.6 Измерить осциллографом длительность фронта импульсов. Записать значение в столбец 2 таблицы 10.9.

10.9.7 Установить на генераторе параметры встроенного генератора импульсов: период следования 1000 мс, длительность импульса 500 мс. Измерить осциллографом частоту повторения импульсов, округлить значения числа до целого, записать в таблицу 10.9.

10.9.8 Установить входное сопротивление осциллографа цифрового 1 МОм. Измерить размах выходного сигнала, записать значения в таблицу 10.9.

10.9.9. Выключить выход "PULSE OUT" генератора. Отсоединить кабель от оборудования.

Таблица 10.9 Определение параметров встроенного генератора импульсов (опция S06)

Наименование характеристики	Измеренное значение	Значение параметра	
		Не менее	Не более
Максимальная частота повторения импульсов		50 МГц	–
Минимальная длительность импульса		–	10 нс
Длительность фронта		–	5 нс
Минимальная частота повторения импульсов		–	1 Гц
Максимальный размах выходного сигнала на высокоомную нагрузку		3 В	–

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты поверки по пункту 10.1 считаются удовлетворительными, если измеренные значения частоты находятся в пределах допускаемых значений $F_{\text{мин}}$ и $F_{\text{макс}}$, указанных в столбцах 3 и 4 таблицы 10.1.

11.2 Результаты поверки по пункту 10.2 считаются удовлетворительными, если измеренные значения уровня мощности находится в пределах допускаемых значений, указанных в столбцах 3 и 5 таблицы 10.2.1. и (при наличии опции H01) в пределах допускаемых значений, указанных в столбцах 5 и 7 таблицы 10.2.2.

11.3 Результаты поверки по пункту 10.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения относительного уровня гармонических составляющих не превышают верхнего предела допускаемых значений, указанных в столбцах 4 и 5 таблицы 10.3.

11.4 Результаты поверки по пункту 10.4 считаются удовлетворительными, если измеренные значения относительного уровня негармонических составляющих не превышают верхнего предела допускаемых значений, указанных в столбце 3 таблицы 10.4.

11.5 Результаты поверки по пункту 10.5 считаются удовлетворительными, если измеренные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов не превышают верхнего предела допускаемых значений, указанных в столбце 3 таблицы 10.5.

11.6 Результаты поверки по пункту 10.6 считаются удовлетворительными, если измеренное значение КСВН выхода RF генератора не превышает верхнего предела допускаемого значения, указанного в столбце 2 таблицы 10.6.

11.7 Результаты поверки по пунктам 10.7 и 10.8 считаются удовлетворительными, если измеренные значения параметров выходного сигнала в режиме импульсной модуляции соответствуют значениям, указанным в столбцах 3 и 4 таблицы 10.7.

11.8 Результаты поверки по пункту 10.9 считаются удовлетворительными, если измеренные значения параметров встроенного генератора импульсов соответствуют значениям, указанным в столбцах 3 и 4 таблицы 10.9.

11.9 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, является обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик генераторов СВЧ сигналов MBG100 требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.8 настоящей методики.

11.10 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик генераторов СВЧ сигналов MBG100 требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.8 принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки представляются в соответствии с действующими правовыми нормативными документами и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 При положительных результатах по запросу пользователя (заявителя) оформляется свидетельство о поверке.

12.3 При положительных результатах поверки на поверяемое средство измерений пользователь наносит знак поверки в соответствии с описанием типа средства измерений.

12.4 При проведении периодической поверки генераторов в сокращенном объеме (только для применяемых величин или поддиапазонов измерений) информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.5 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, по запросу пользователя (заявителя) выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин непригодности.

12.6 По запросу пользователя (заявителя) оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки допускается привести качественные результаты измерений с выводами о соответствии поверенного средства измерений метрологическим требованиям без указания измеренных числовых значений величин, если пользователь (заявитель) не предъявил требование по указанию измеренных действительных значений.