



ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ

SG8-HP01M

SG8-HPSS01M

Технические характеристики

Rev. 1.1

ООО "АДВАНТЕХ"

17 октября 2011 г.

111250, Москва,
ул. Красноказарменная,
д.13, стр.1,
тел. +7 (495) 721-47-74, 728-08-03
info@advantex.ru
<http://advantex.ru>

IF/RF & Microwave Design
Advantex

Версии документа

Версия	Дата	Описание
0.1	19 июня 2009г.	Предварительная версия. Основана на расчетных характеристиках входящих в состав генератора узлов
0.2	15 декабря 2009г.	Основана на измерении опытного образца на базе синтезатора LNO-HP03M-RF
1.0	6 июля 2011г.	Основана на измерении мелко-серийного образца на базе синтезатора LNO-HP30M-RF совместно с блоком двух-частотного синтезатора опорной частоты LNO-REF-20M-RF.
1.1	17 октября 2011г.	Добавлен график чувствительности входа REF In, исправлено потребление по переменному току, указаны размеры с учетом ножек и разъемов, исправлен температурный уход внутренней опорной частоты, исправлено значение размаха входного сигнала, соответствующий полной шкале АЦП (при ед. усилении) в табл. 10.

Содержание

1	Краткое описание	6
1.1	Отличительные особенности	6
1.2	Основные характеристики	6
1.3	Система обозначений. Дополнительные опции	7
1.4	Область применения	7
1.5	Органы управления и индикации	9
1.6	Структурная схема	11
2	Технические характеристики	12
2.1	Параметры ВЧ-сигнала	12
2.1.1	Частотные характеристики	12
2.1.2	Амплитудные характеристики	14
2.2	Модуляция	18
2.2.1	Частотная модуляция	27
2.2.2	Фазовая модуляция	29
2.3	Интерфейсы управления	29
3	Эксплуатационные характеристики	30
4	Схема измерений	30

Список таблиц

1	Описание обозначений маркировки	8
---	---	---

2	Совместимость опций	8
3	Коэффициент деления K в зависимости от выходной частоты	13
4	Частотные характеристики ВЧ-сигнала	14
5	Параметры опорного генератора	15
6	Спектральные характеристики	17
7	Режим качания частоты	17
8	Амплитудные характеристики ВЧ-сигнала	23
9	Режим качания уровня ВЧ-сигнала	24
10	Параметры входа AUX In и Mic In	26
11	Частотная модуляции ВЧ-сигнала	27
12	Фазовая модуляции ВЧ-сигнала	29
13	Сигналы интерфейса RS-232 для подключения к СОМ-порту компьютера	31
14	Эксплуатационные характеристики	32

Список иллюстраций

1	Обозначение генератора	7
2	Лицевая панель генератора SG8	10
3	Задняя панель генератора SG8	11
4	Структурная схема блока синтезатора частоты (опция HP)	12
5	Структурная схема блока синтезатора частоты (с опцией подавления “шпор” SS)	13
6	Процесс переключения частоты	15
7	Чувствительность входа REF In	16
8	Подавление 2-ой и 3-й гармоники относительно основной от частоты первой (основной) гармоники при разных уровнях выходного сигнала	16
9	Фазовый шум выходного опорного сигнала REF Out (147 МГц)	18
10	Фазовый шум выходного сигнала	19
11	Уровень выходного сигнала от частоты при разных установленных значениях	20
12	Погрешность установки уровня в калиброванной области	21
13	Уровень выходного сигнала в выключенном состоянии (RF Out – OFF)	22
14	КСВ и коэффициент отражения по выходу RF Out	22
15	Режим качания уровня ($F_c=1$ GHz)	24
16	Переходной процесс изменения уровня на 1 и 5 dB	25
17	Переходной процесс изменения уровня на 10 и 20 dB	25
18	Схема входных цепей AUX In и Mic In	25
19	Демодулированный FM-сигнал и его спектр (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – прямоугольник, частота 1 kHz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz)	27

20	Демодулированный FM-сигнал и его спектр (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 1 kHz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz) . . .	28
21	Демодулированный FM-сигнал (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 100 Hz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz)	28
22	Демодулированный PhM-сигнал (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 1 kHz, девиация 65°, центральная частота 267 MHz)	29
23	Демодулированный PhM-сигнал	30
24	Схема измерений	31

1 Краткое описание

1.1 Отличительные особенности

- Высокая мощность выходного сигнала
- Произвольная частота внешнего опорного генератора
- Небольшие габаритные размеры
- Невысокая стоимость

1.2 Основные характеристики

Ниже в сжатом виде представлены основные характеристики. Подробные параметры и дополнительные условия для указанных здесь значений приведены в разделе 2 на с. 12.

- Диапазон частот: **10 MHz – 8 GHz**;
- Минимальный шаг перестройки частоты: не более **0.001 Hz**;
- Спектральные характеристики
 - уровень негармонических составляющих:
 - * HPSS: **–65 dBc**;
 - * HP: **–50 dBc**;
 - уровень гармонических составляющих: **–30 dBc**;
 - Фазовый шум: **–120 dBc/Hz @ 1GHz, 10 kHz offset**;
- Высокий уровень мощности выходного сигнала: до **+28 dBm**;
- Погрешность уровня выходного сигнала: **±0.1 dB**;
- Высокая равномерность АЧХ: **0.2 dBpp**;
- Регулировка фазового сдвига
 - диапазон перестройки: **360°**;
 - минимальный шаг: **0.15° @ 1 GHz**;
- Частота внешнего опорного генератора
 - диапазон: **20 – 150 MHz**;
- Интерфейс управления: **RS-232, USB**;
- Диапазон рабочих температур: **0..+40 °C**;
- Габаритные размеры: В x Ш x Г: **2U x 42HP($\frac{1}{2}$ 19") x 315 mm**.



Рис. 1: Обозначение генератора

1.3 Система обозначений. Дополнительные опции

Полное название генератора состоит из следующих частей (рис. 1):

1. линейка оборудования (тема и название проекта)
2. аппаратные опции, тип модификации
3. номер модификации
4. вариант сборки
5. исполнение (тип корпуса)

В таблице 1 дано описание позиций и возможные дополнительные опции, в название они вписываются в том же порядке, что и в таблице, совместимость опций указана в таблице 2.

1.4 Область применения

Многоцелевой генератор сигналов

Частотный диапазон генератора охватывает частоты радиовещания, телевидения, гражданской и сотовой связи, беспроводных компьютерных сетей, радиорелейной связи. Это дает возможность использования для отладки и тестирования перечисленных систем. Высокий уровень мощности выходного сигнала позволяет компенсировать дополнительные потери в тракте тестирования. Удобный интерфейс, крупные элементы управления, контрастный экран позволяют быстро получить желаемый сигнал на выходе. Графический дисплей на основе органических светодиодов позволяет использовать генератор при температурах ниже нуля. Малые габаритные размеры экономят место в стойке, позволяя разместить два прибора по горизонтали, высотой 2U.

Перестраиваемый опорный генератор

Малый шаг перестройки частоты вместе с достаточно низким уровнем фазового шума в области низких частот позволяют использовать генератор в качестве источника сигнала опорной частоты при тестировании допустимых отклонений частот тактовой синхронизации и гетеродинов систем связи. Малый уровень фазовых шумов в области низких частот достигается за счет использования делителей вплоть до нижнего диапазона, а не переноса частот вниз.

Измерение точки децибельной компрессии P_{1dB} мощных выходных каскадов

Высокая мощность выходного сигнала позволяет проводить измерения точки

Таблица 1: Описание обозначений маркировки

Обозначение	Описание
Позиция 1. Линейка оборудования	
SG8	Генератор (скалярный) сигналов (Signal Generator), частота до 8 GHz
Позиция 2. Аппаратные опции	
HP	Высокий уровень мощности (High Power), малая абсолютная ошибка уровня выходного сигнала в широком диапазоне температур за счет АРУ по выходу
SS	Опция дополнительного подавления “шпор” (Spur Suppression)
Позиция 3. Номер модификации	
01	Номер модификации изделия ^①
Позиция 4. Программные опции и варианты сборки ^②	
M	Внутренний опорный генератор 147 MHz ^③
Позиция 5. Исполнение (тип корпуса) ^④	
C2U42HP315	Корпус (“C”) высотой 2U (88.9 mm), шириной 42HP (213.36 mm), глубиной 315 mm

① Номер модификации увеличивается на единицу при очередном изменении печатной платы или входящих в состав узлов

② Вариант сборки печатных плат, прошивки программируемой логики и микроконтроллеров

③ Основной (по-умолчанию) вариант сборки и прошивки

④ По требованию возможна поставка без корпуса (в виде набора блоков: синтезатор, блок вторичного питания, плата управления)

Таблица 2: Совместимость опций

		Аппаратные опции	
		HP	SS
Варианты сборки	M	✓	✓
Аппаратные опции	SS	✓	

децибельной компрессии и уровня насыщения P_{SAT} мощных выходных каскадов без использования внешних преобразовательных усилителей. Как правило, мощные усилители обладают невысоким коэффициентом усиления, поэтому наличие высокого уровня сигнала непосредственно на выходе генератора существенно упрощает процесс тестирования.

Измерение точек пересечения IP_2 и IP_3 интермодуляции второго и третьего порядков

Спектральная чистота выходного сигнала, низкие нелинейные искажения выходного каскада генератора и высокий уровень мощности, обеспечивающий компенсацию потерь в аттенюаторах перед сумматором, дают возможность корректного измерения параметров интермодуляции практически любого тракта.¹

Измерение АЧХ тракта

Хорошая равномерность АЧХ генератора в широком диапазоне частот, обеспечиваемая системой автоматической регулировки усиления и цифровой коррекцией, позволяют проводить измерения модуля передаточной характеристики тестируемого тракта.²

Отладка приемо-передающих узлов связной и измерительной техники

Высокий уровень сигнала и небольшой фазовый шум позволяет использовать генератор в качестве гетеродина для пассивных балансных смесителей, требующих, как правило, высокий уровень гетеродина для обеспечения требуемой линейности тракта.

При отладке некоторых систем требуется, чтобы несколько гетеродинов, входящих в тракт переноса, были жестко связаны по частоте с некоторым внешним опорным сигналом. Причем опорная частота может существенно отличаться от стандартного ряда фиксированных опорных частот, предлагаемых большинством генераторов. В данном случае SG8 позволяет использовать сигнал произвольной частоты в качестве опорного, не предъявляя требований к его стабильности и точности.

Автоматизированные системы тестирования

Внешние интерфейсы управления (RS-232, USB) и стандартный протокол SCPI позволяют автоматизировать процесс тестирования при серийном изготовлении оборудования, а также использовать в научных лабораториях, где множество приборов объединены в один стенд, управляемый одним компьютером.

1.5 Органы управления и индикации

На рисунке 2 приведен вид лицевой панели генератора.

1. RF Out – выход ВЧ-сигнала, разъем N-типа;
2. RF LED – индикатор ВЧ-сигнала;
3. RF ON/OFF – вкл./выкл. ВЧ-сигнала;

¹Данный тип измерений предполагает использование двух генераторов

²Совместно с анализатором спектра

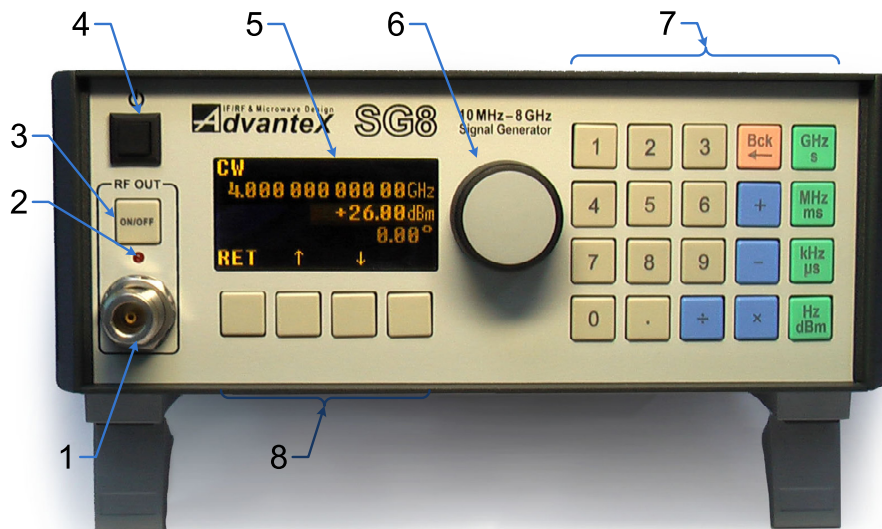


Рис. 2: Лицевая панель генератора SG8

4. Power ON/OFF – вкл./выкл. питания (выключает вторичный блок питания);
5. графический дисплей;
6. ручка плавной регулировки значений частоты, мощности и т.д.;
7. цифровая клавиатура;
8. кнопки контекстного меню;

На задней панели расположены следующие элементы (рис. 3):

1. общий выключатель питания $\sim 220V AC$;
2. разъем USB, тип B;
3. RS-232 – интерфейс управления через COM-порт компьютера, разъем типа D-Sub, 9-pin, female;
4. вентилятор;
5. GND – клемма заземления;
6. REF Out – выход сигнала опорной частоты, разъем типа SMA;
7. REF In – вход внешнего сигнала опорной частоты, разъем типа SMA;

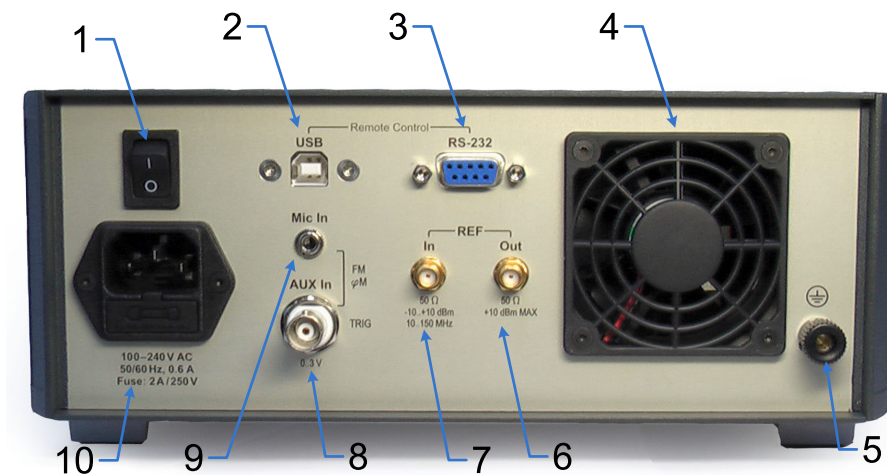


Рис. 3: Задняя панель генератора SG8

- 8. AUX In – дополнительный аналоговый вход / вход синхронизации, разъем типа BNC;
- 9. Mic In – вход для подключения микрофона;
- 10. разъем питания $\sim 220V$ AC с предохранителем.

1.6 Структурная схема

На рис. 4 приведена структурная схема блока синтеза частот, составляющего основной узел прибора. Частота опорного сигнала подается на блок вход частотно-фазового детектора PFD (Phase-Frequency Detector). С выхода детектора сигнал подается на петлевой фильтр, затем на ГУН (VCO) с октавным диапазоном. Через ответвитель сигнал подается на фиксированный делитель, затем на блок прямого цифрового синтеза DDS (Direct Digital Synthesizer), включенный в обратной петле системы фазовой автоподстройки. Сигнал с выхода DDS подается на отрицательный вход частотно-фазового детектора. Сигнал с ГУНа подается на блок делителей частоты, за которым следует блок фильтрации. Сигнал с блока фильтрации подается на блок автоматической регулировки усиления АРУ (AGC – Automatic Gain Control), затем на выход RF Out.

При определенных соотношениях выходной и опорной частоты на выходе СВЧ-синтезатора неизбежно возникают “шпоры”, генерируемые блоком DDS. Избежать этого эффекта можно применив переключаемый источник опорной частоты. На рис. 5 приведена структурная схема прибора с опцией дополнительного подавления “шпор”. Отличия заключаются в формировании второй опорной частоты для блока СВЧ-синтезатора. Опорная частота с внутреннего генератора подается на синтезатор кварцевым ГУНом и узкой

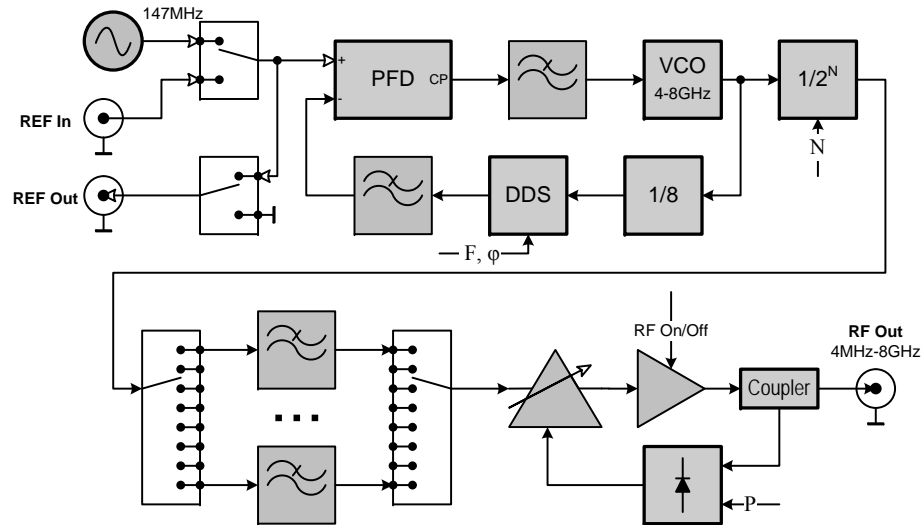


Рис. 4: Структурная схема блока синтезатора частоты (опция HP)

петлей обратной связи. Синтезатор формирует частоту 150 МГц. Сигналы с внутреннего опорного генератора и синтезатора второй опорной частоты подаются на коммутатор, затем на вход опорной частоты СВЧ-синтезатора. В зависимости от установленной частоты на выходе RF Out используется опорный сигнал 147 либо 150 МГц. Выбор осуществляется автоматически. За счет жесткой связи по фазе частот 147 и 150 МГц сохраняется точность шага перестройки выходной частоты, а узкая полоса передачи по фазе позволяет не ухудшить характеристики по фазовому шуму на выходе.

2 Технические характеристики

2.1 Параметры ВЧ-сигнала

2.1.1 Частотные характеристики

Частотная сетка выходного сигнала определяется следующим выражением

$$f_{out} = \frac{2^{51}}{K \cdot M} \cdot f_{ref}, \quad (1)$$

где K (выходной делитель) берется из таблицы 3, f_{ref} – опорная частота, M – задаваемое целое, в диапазоне $M_{min} \leq M \leq M_{max}$, границы определяются выражением

$$M_{min} = 2^{48} \cdot \frac{f_{ref} [\text{Hz}]}{10^9}, \quad M_{max} = 2 \cdot M_{min}.$$

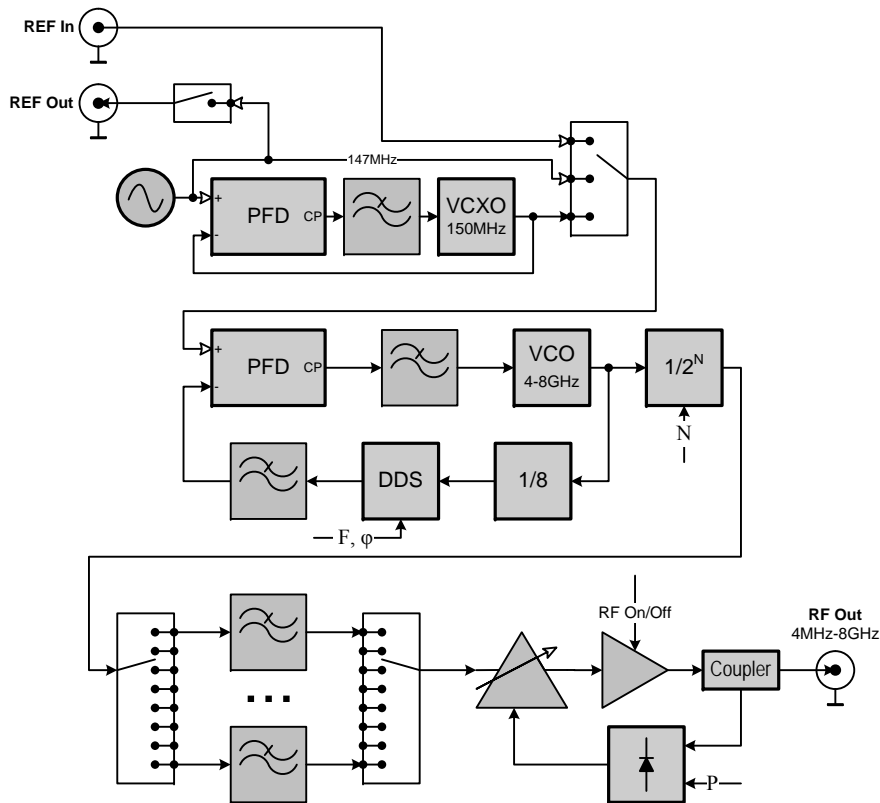


Рис. 5: Структурная схема блока синтезатора частоты (с опцией подавления “шпор” SS)

Таблица 3: Коэффициент деления K в зависимости от выходной частоты

f_{out} , MHz	3.90625-7.8125	7.8125-15.625	15.625-31.25	31.25-62.5	62.5-125	
K	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	
f_{out} , MHz	125-250	250-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000
K	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	1

Таблица 4: Частотные характеристики ВЧ-сигнала

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон		3.90625		8000	MHz
Минимальный шаг*	во всей полосе			0.28	mHz
Время установки	от фронта сигнала на входе AUX In (перестройка частоты во всем диапазоне)	2.5		4.5	ms
Минимальный шаг перестройки фазы**	$f_{OUT} = f_{REF}$			0.022°	
Максимальный шаг перестройки фазы без разрыва фазы***	$f_{OUT} = f_{REF}$		50°		

* Для произвольного опорного сигнала шаг определяется выражением 2

** Минимальный шаг перестройки фазы равен $\Delta\varphi = \frac{360^\circ}{2^{14}} \cdot f_{out}/f_{ref}$, где f_{out} – выходная частота, f_{ref} – опорная частота

*** Максимальный шаг перестройки фазы $\Delta\varphi_{max} = \Delta\varphi_{ref} \cdot f_{out}/f_{ref}$, где f_{out} – выходная частота, f_{ref} – опорная частота, $\Delta\varphi_{ref}$ – максимальный шаг на опорной частоте

Минимальный шаг перестройки частоты определяется дифференцированием выражения 1:

$$\frac{df_{out}}{dM} = -\frac{2^{51}}{K \cdot M^2} \quad (2)$$

В таблице 4 приведены основные частотные характеристики выходного сигнала для $f_{ref} = 147$ MHz (вариант сборки “М”) при $T = 25^\circ C$ (если не указано иное). Таблица 5 содержит параметры опорного генератора, определяющего стабильность, таблица 6 – спектральные характеристики выходного сигнала, таблица 7 – параметры режима качания частоты, рис. 6 – графики процесса переключения частоты. На рис. 8 приведен график уровня второй и третьей гармоник относительно первой. Последующие гармоники имеют меньший уровень. На рис. 9, 10 приведены графики фазового шума.

2.1.2 Амплитудные характеристики

В таблице 8 приведены характеристики уровня выходного ВЧ-сигнала при $T = 25^\circ C$ (если не указано иное). На рис. 14 показаны КСВ и коэффициент отражения S11 по выходу RF Out. В таблице 9 приведены параметры режима качания амплитуды выходного сигнала. На рис. 16, 17 изображены переходные процессы переключения уровня по сигналу внешней синхронизации на входе AUX In, на рис. 15 графики качания уровня (режим SWL). На рис. 11 приведены максимальный и минимальный уровни сигнала, а

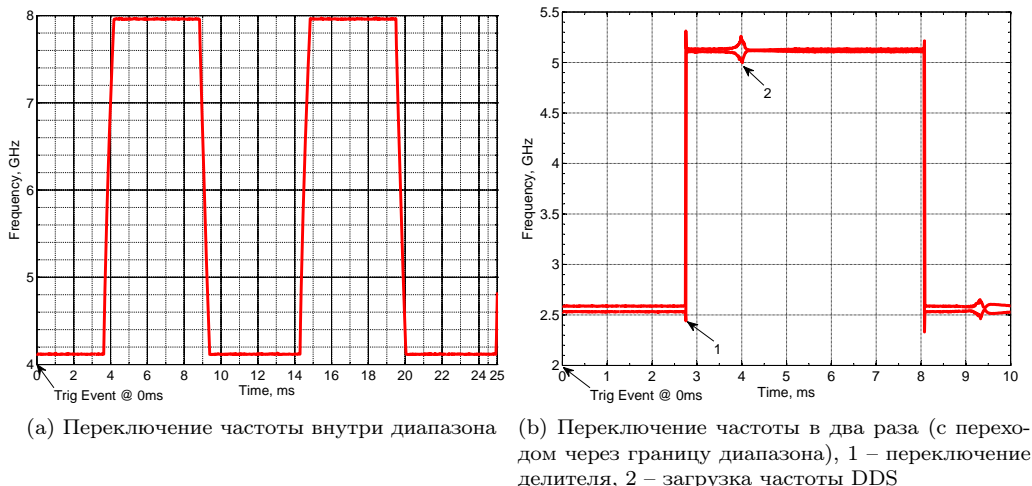


Рис. 6: Процесс переключения частоты

Таблица 5: Параметры опорного генератора

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Частота			147		МГц
Точность настройки	при 25°C		±5		ppm
Температурная нестабильность	0..+55°C		±5		ppm
Выход опорной частоты (REF Out)					
Выходное сопротивление			50		Ω
Уровень (от внутреннего источника)	SG8-HP	-3.5	0	+4.5	dBm
	SG8-HPSS	-5		+5	
Усиление (при повторении внешнего источника)	SG8-HP	-1		+1	dB
Вход опорной частоты (REF In)					
Входное сопротивление			50		Ω
Уровень	см. рис. 7	-10		+10	dBm
Частота		20		150	МГц
Допустимый уровень негармонических составляющих	$ f_{offset} \leq 1 \text{ MHz},$ $f_{ref} = 10 \text{ MHz}$			-70	dBc
	$ f_{offset} \leq 1 \text{ MHz},$ $f_{ref} = 100 \text{ MHz}$			-60	dBc

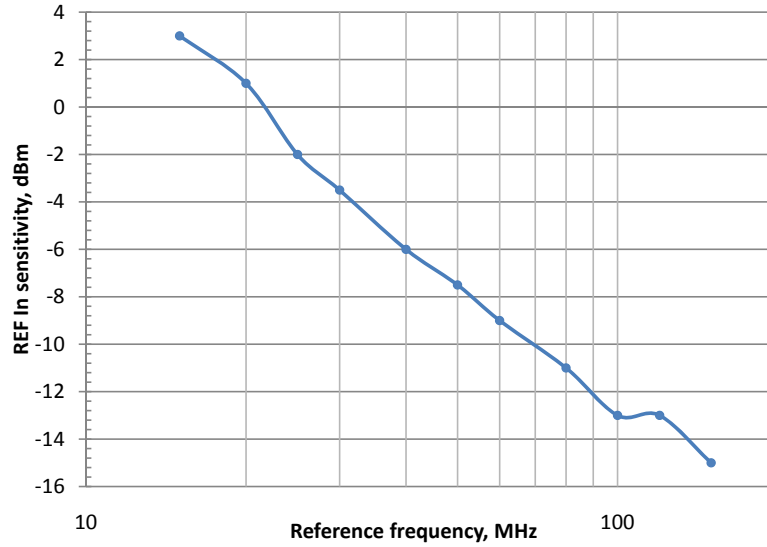


Рис. 7: Чувствительность входа REF In

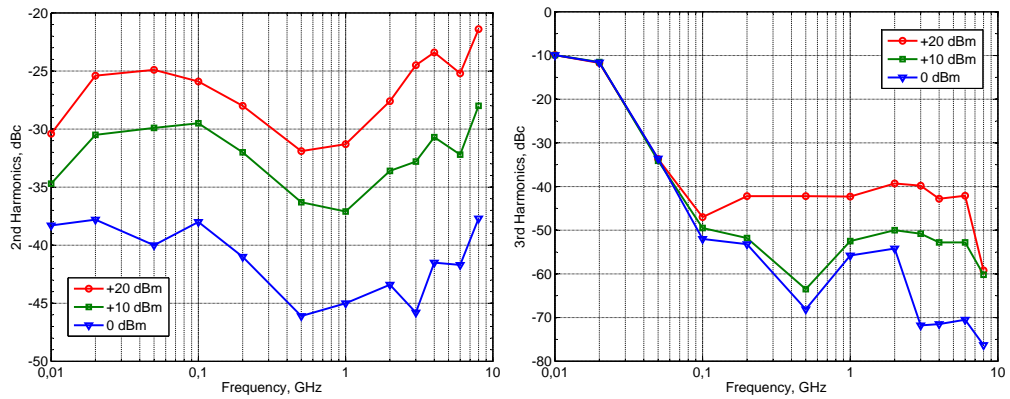


Рис. 8: Подавление 2-ой и 3-й гармоники относительно основной от частоты первой (основной) гармоники при разных уровнях выходного сигнала

Таблица 6: Спектральные характеристики

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Уровень второй гармоники (10 MHz ≤ f_{OUT} ≤ 8 GHz)	$P_{OUT} = 0$ dBm		-40	-35	dBc
	$P_{OUT} = +10$ dBm		-30	-25	dBc
	$P_{OUT} = +20$ dBm		-25	-20	dBc
Уровень третьей гармоники (100 MHz ≤ f_{OUT} ≤ 8 GHz)	$P_{OUT} = 0$ dBm		-60	-50	dBc
	$P_{OUT} = +10$ dBm		-50	-45	dBc
	$P_{OUT} = +20$ dBm		-40	-35	dBc
Негармонические составляющие*, 4 GHz < f_{OUT} ≤ 8 GHz	SG8-HP, $ f_{offset} ≤ 1$ MHz, $P_{OUT} ≥ +0$ dBm		-50		dBc
	SG8-HPSS, $ f_{offset} ≤ 1$ MHz, $P_{OUT} ≥ +0$ dBm		-65		dBc
	$ f_{offset} ≥ 1$ MHz, $P_{OUT} ≥ +0$ dBm		-70		dBc
Шум при дальней отстройке	$ f_{offset} ≥ 10$ MHz, $P_{OUT} = +20$ dBm, $f_{OUT} = 8$ GHz		-145	-140	dBc/Hz
Фазовый шум, $P_{OUT} = +20$ dBm, $f_{OUT} = 1$ GHz, @ offset:	1 kHz		-114		dBc/Hz
	10 kHz		-120		dBc/Hz
	100 kHz		-120		dBc/Hz
	1 MHz		-132		dBc/Hz
	10 MHz		-135		dBc/Hz
Среднеквадратичный джиттер	$f_{OUT} = 8$ GHz, в полосе от 1 kHz до 10 MHz		70		fs
Остаточная частотная модуляция			2.8		kHz
Остаточная фазовая модуляция			0.2		deg
Интегральный фазовый шум			-52		dBc

* Для других диапазонов частот максимальный уровень негармонических составляющих улучшается (т.е. уменьшается) пропорционально -6 dB на октаву

Таблица 7: Режим качания частоты

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон		3.90625		8000	МГц
Время шага (Dwell Time)		0.001		2	s
Разрешение			0.1		ms

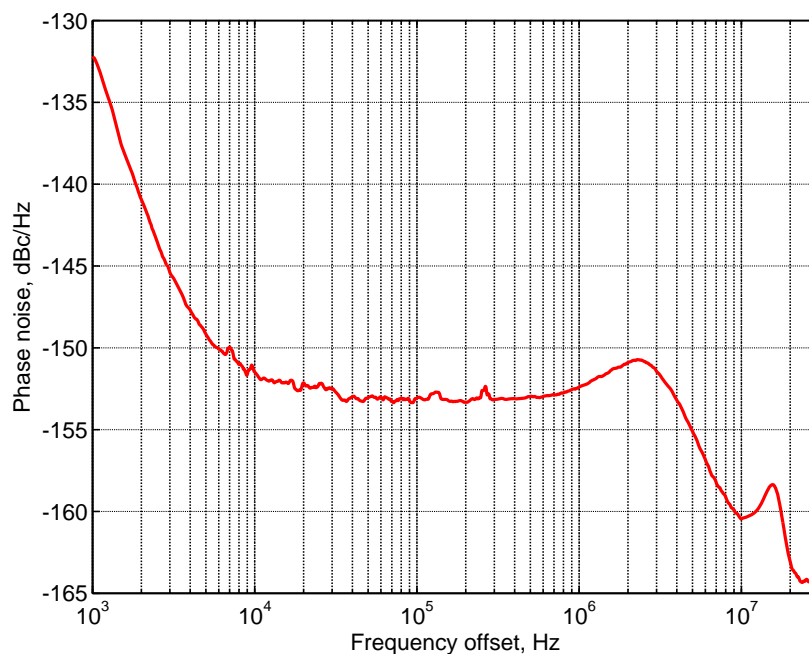


Рис. 9: Фазовый шум выходного опорного сигнала REF Out (147 МГц)

также маска области калибровки³ и сканированные значения уровня при разных заданных значениях.⁴ На рис. 12 показана ошибка уровня выходного сигнала в калиброванной области. На рис. 13 приведен уровень пролаза выходного сигнала при выключенном выходном каскаде.

2.2 Модуляция

Данная модификация генератора поддерживает два типа аналоговой модуляции: частотную и фазовую. В качестве модулирующего сигнала можно использовать либо внутренний генератор, выдающий два типа сигналов (синусоиду и прямоугольник), либо внешний сигнал, подаваемый на вход AUX In или микрофонный вход Mic In. При этом сигналы с этих входов подаются далее на АЦП и уже в цифровой форме используется для управления частотой и фазой. Параметры входа AUX In приведены в таблице 10, на рис. 18 приведена схема входных цепей.

³При установке значений вне калиброванной области на экран прибора в статусной строке выводится сообщение UNC (uncalibrated)

⁴На данном рисунке приведен пример калиброванной области, границы конкретного прибора могут отличаться от указанных

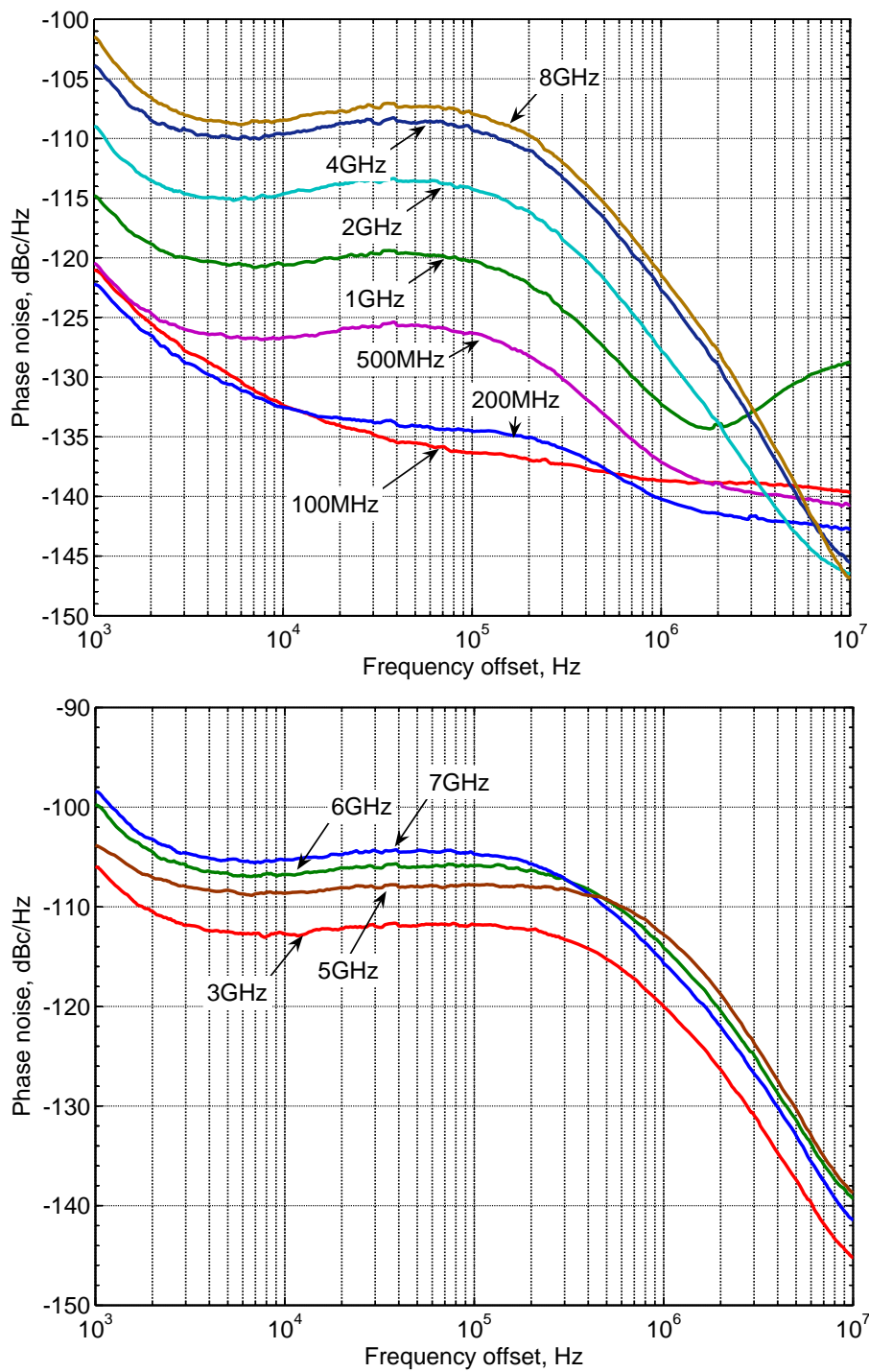


Рис. 10: Фазовый шум выходного сигнала

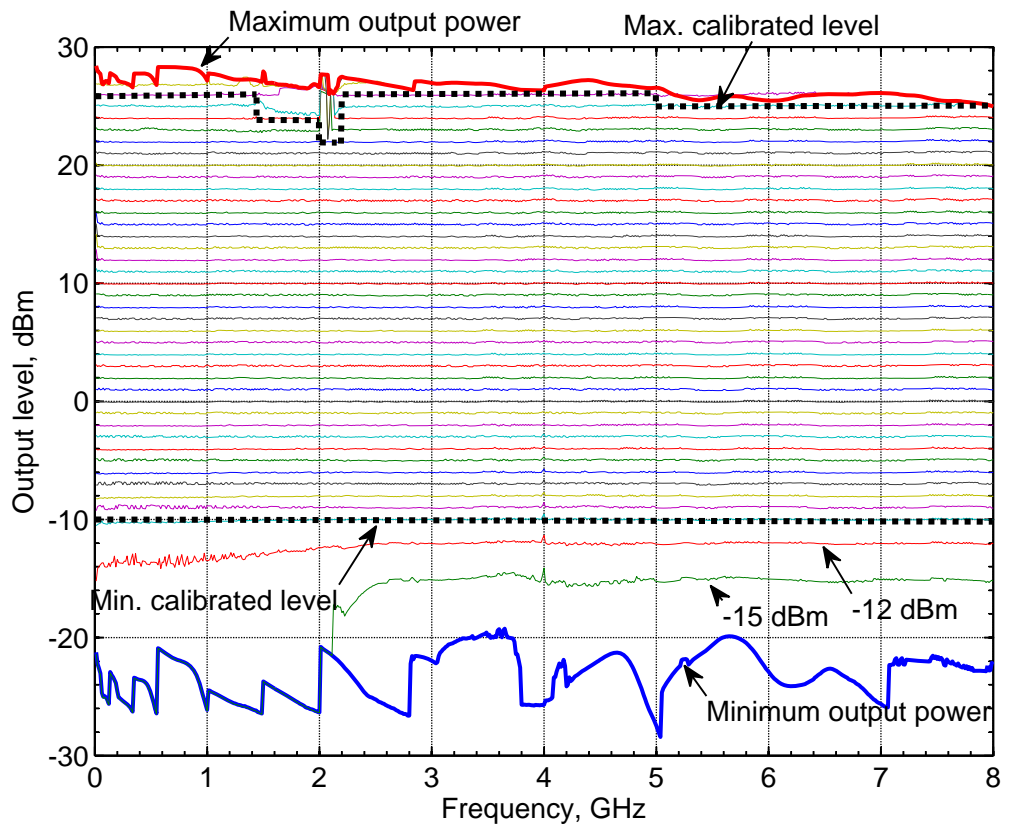


Рис. 11: Уровень выходного сигнала от частоты при разных установленных значениях

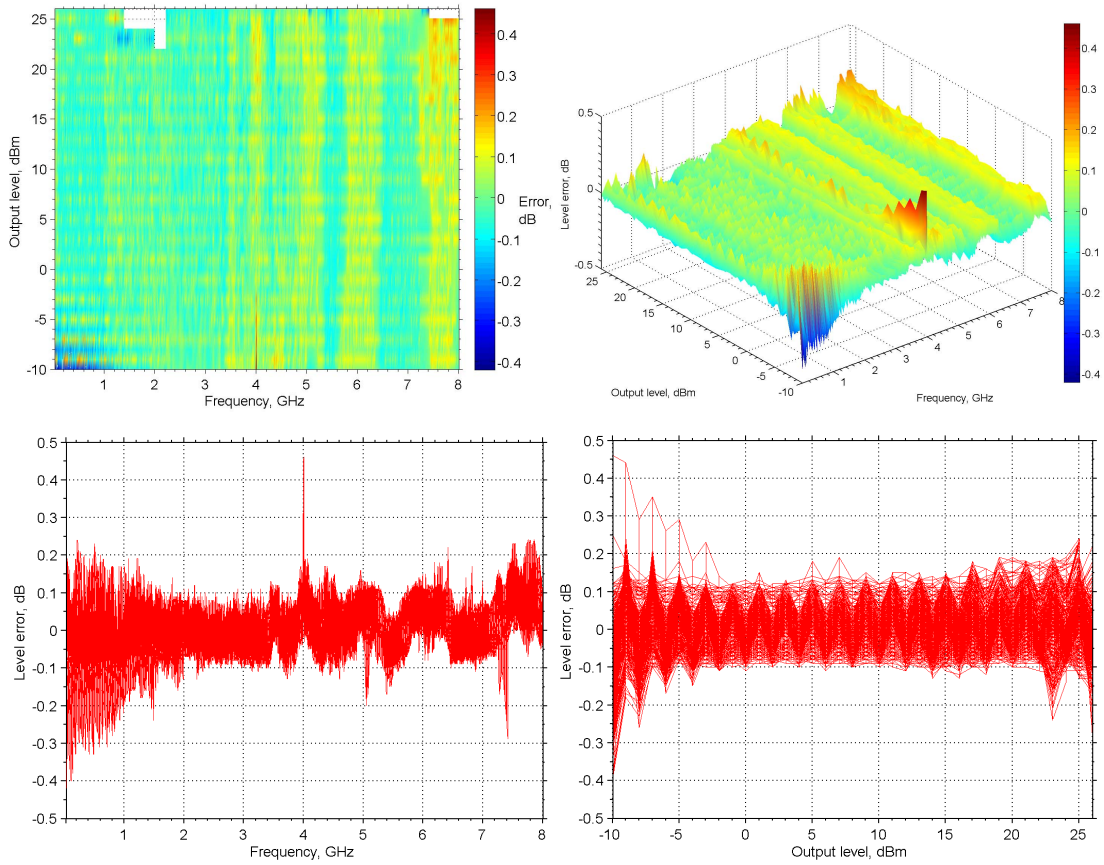


Рис. 12: Погрешность установки уровня в калиброванной области

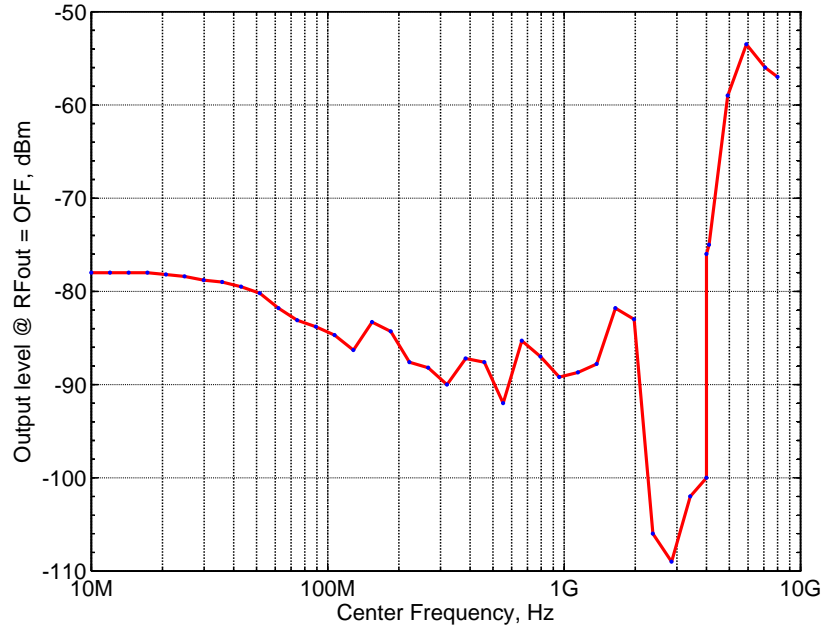


Рис. 13: Уровень выходного сигнала в выключенном состоянии (RF Out – OFF)

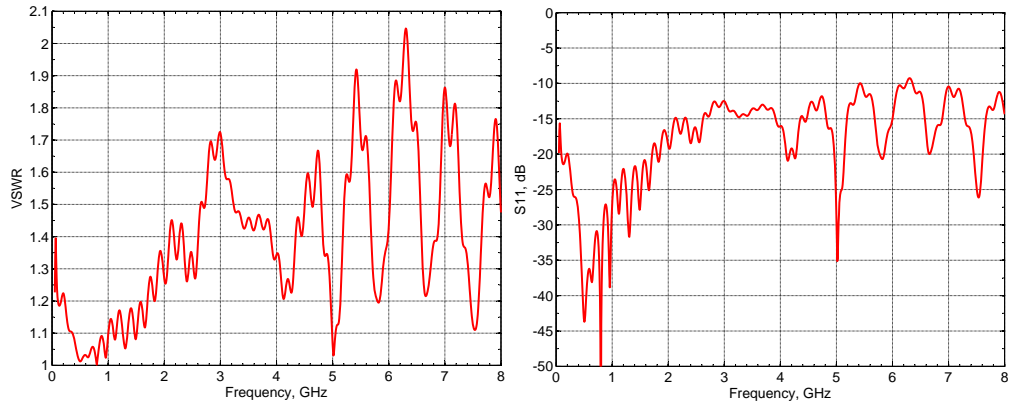


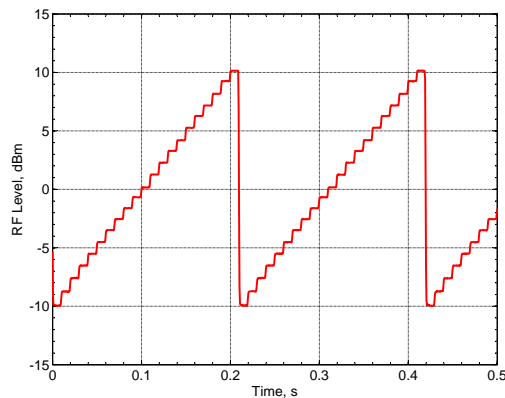
Рис. 14: КСВ и коэффициент отражения по выходу RF Out

Таблица 8: Амплитудные характеристики ВЧ-сигнала

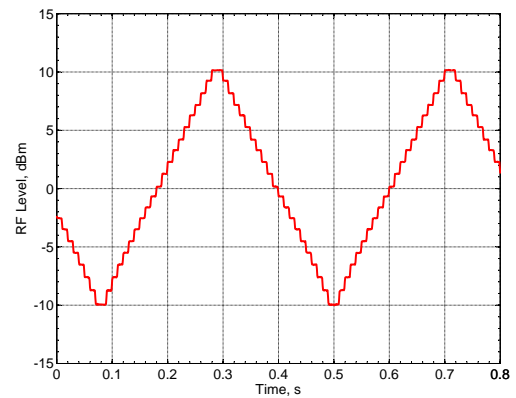
Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон перестройки		-20		+28	dBm
Калиброванный диапазон перестройки (диапазон захвата АРУ)	максимальный	-10		+26	dBm
	минимальный	-10		+22	dBm
Разрешение			0.05		dB
Абсолютная погрешность	$25 \text{ MHz} < f_{OUT} \leq 8 \text{ GHz}$ $0 \leq P_{OUT} \leq 20 \text{ dBm}$		± 0.1	± 0.2	dBm
	$25 \text{ MHz} < f_{OUT} \leq 8 \text{ GHz}$ для P_{OUT} в диапазоне калибровки		± 0.3	± 0.5	dBm
Температурный уход уровня			0.01		dB/°C
Неравномерность АЧХ	$25 \text{ MHz} < f_{OUT} \leq 8 \text{ GHz}$ $0 \leq P_{OUT} \leq 20 \text{ dBm}$		0.2	0.3	dBpp
	$25 \text{ MHz} < f_{OUT} \leq 8 \text{ GHz}$ $0 \leq P_{OUT} \leq 20 \text{ dBm}$ в полосе $\Delta f \leq 25 \text{ MHz}$		0.1		dBpp
КСВ (выход 50 Ω)	$50 \text{ MHz} < f_{OUT} \leq 8 \text{ GHz}$		1.8	2.1	
Время переключения уровня	от фронта сигнала на входе AUX In, при переключении в диапазоне 20 dB от начального значения	2	2.5	3	ms
Допустимая мощность обратной волны				1	W
Допустимое постоянное напряжение на выходе RF Out		0		8	V

Таблица 9: Режим качания уровня ВЧ-сигнала

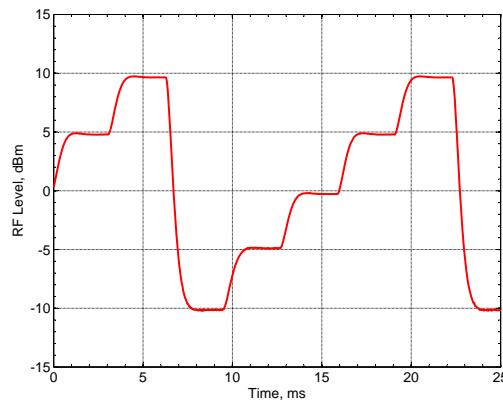
Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон	$10 \text{ MHz} < f_{out} \leq 6 \text{ GHz}$	-10		+25	dB
	$6 \text{ GHz} < f_{out} \leq 8 \text{ GHz}$	-10		+22	dB
Время		0.0032		2	s
Разрешение		0.1			ms



(a) пила, шаг 10 ms, 1dB



(b) треугольник, шаг 10 ms, 1 dB



(c) пила, шаг 3.2 ms, 5 dB

Рис. 15: Режим качания уровня ($F_c=1 \text{ GHz}$)

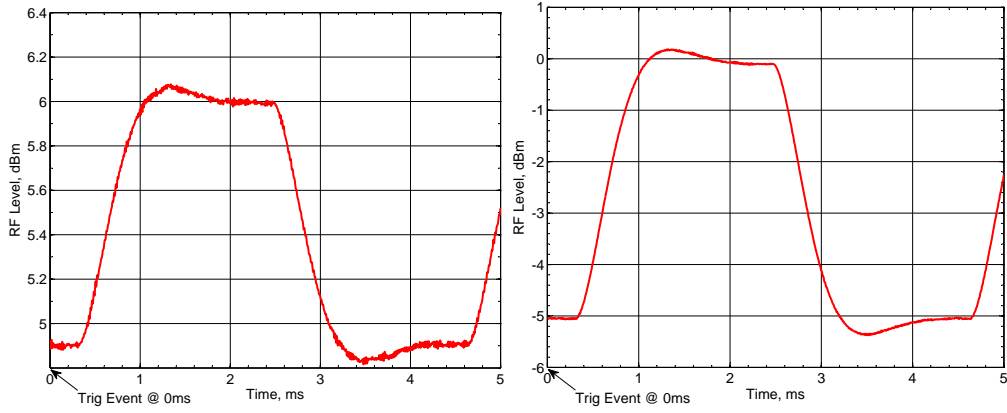


Рис. 16: Переходной процесс изменения уровня на 1 и 5 dB

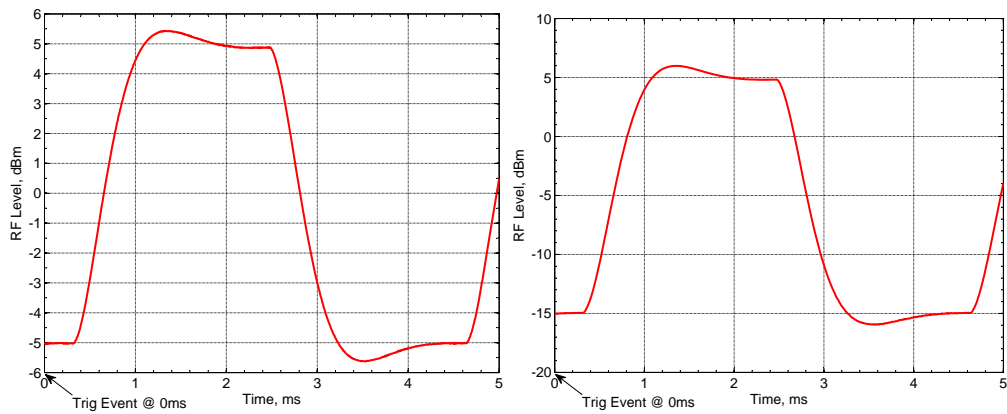


Рис. 17: Переходной процесс изменения уровня на 10 и 20 dB

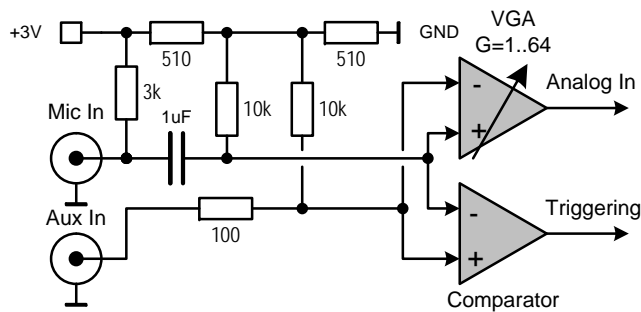


Рис. 18: Схема входных цепей AUX In и Mic In

Таблица 10: Параметры входа AUX In и Mic In

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Режим АЦП					
Полоса пропускания	AUX In	DC		100	kHz
	Mic In	0.1		100	kHz
Частота дискретизации		6	10	10	kHz
Разрядность дискретизации		12			bit
Входное сопротивление	AUX In*		10		kΩ
	Mic In**		3		kΩ
Размах входного сигнала, соответствующий полной шкале АЦП	при единичном усилении			±1	V
Смещение входного сигнала, соответствующее нулевому значению АЦП			1.5		V
Регулировка усиления		×1		×64	
Режим компаратора					
Скорость срабатывания	AUX In		1		μs
Диапазон напряжений		0		3	V
Смещение			1.5		V
Гистерезис			50		mV

* Утяжка на питание +1.5V

** Утяжка на питание +3V

Таблица 11: Частотная модуляции ВЧ-сигнала

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон частот модулирующего сигнала		DC		2.5	kHz
Максимальная девиация	f_C – центральная частота выходного сигнала		$\frac{1}{64} \times f_C$		Hz
Крутизна характеристики	задается программно			$\frac{1}{64} \times f_C$	Hz/V

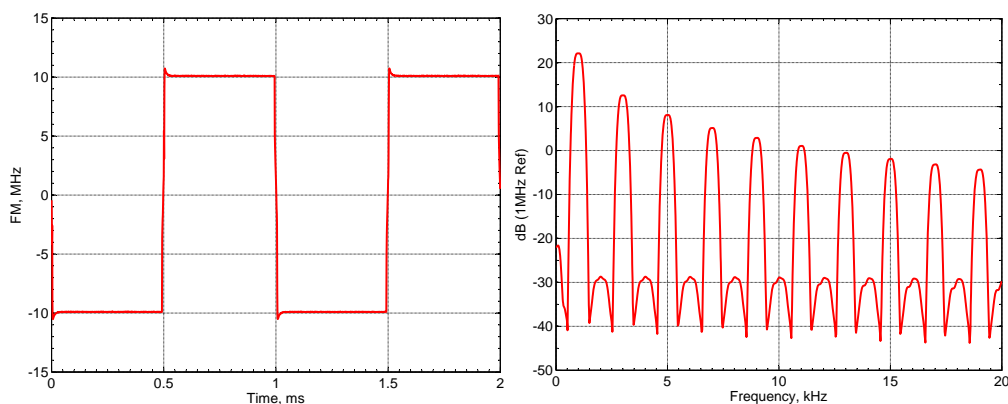


Рис. 19: Демодулированный FM-сигнал и его спектр (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – прямоугольник, частота 1 kHz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz)

2.2.1 Частотная модуляция

Параметры частотной модуляции приведены в таблице 11. Максимальная девиация частоты ограничивается худшим случаем расположения центральной частоты относительно диапазонов выходного делителя, когда центральная частота размещена на границе диапазонов (табл. 3). В таком случае используется небольшой запас ГУНа по частоте, который составляет около $0.025 \times f_L$ и $0.035 \times f_H$, где f_L и f_H – нижняя и верхняя границы диапазона делителя соответственно. С учетом запаса вводится ограничение, равное $1/64$ от центральной частоты. Например, для центральной частоты 1 GHz максимальная девиация составит около 15 MHz.

На рис. 19, 20, 21 показаны графики демодулированного сигнала и его спектр.

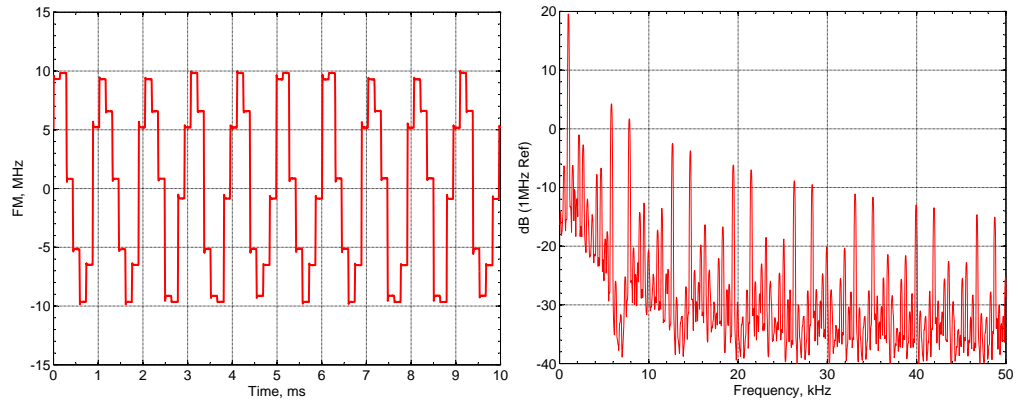


Рис. 20: Демодулированный FM-сигнал и его спектр (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 1 kHz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz)

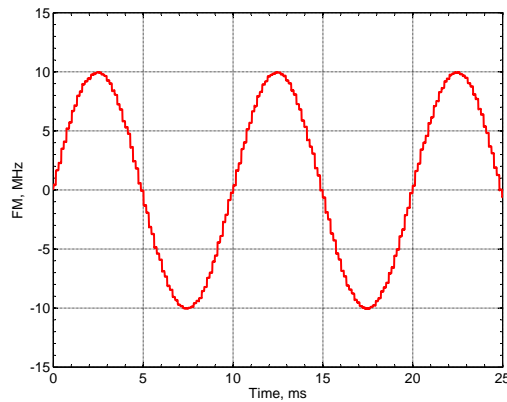


Рис. 21: Демодулированный FM-сигнал (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 100 Hz, девиация 10 MHz, центральная частота 1 GHz)

Таблица 12: Фазовая модуляции ВЧ-сигнала

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Диапазон частот модулирующего сигнала		DC		2.5	kHz
Крутизна характеристики*	$f_{out} = f_{ref}$			50	deg/v
Максимальная скорость изменения фазы			1.2		kHz

* Максимальная крутизна характеристики увеличивается пропорционально f_{out}/f_{ref}

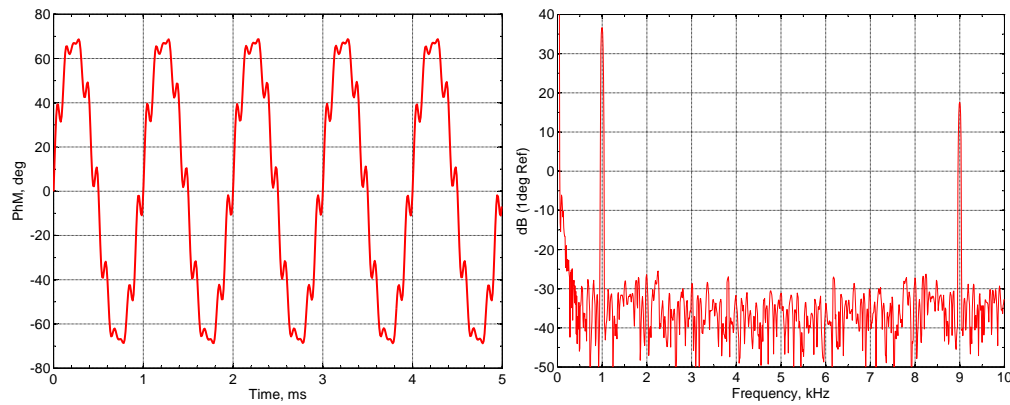


Рис. 22: Демодулированный PhM-сигнал (источник модулирующего сигнала – внутренний, форма – синусоида, частота 1 kHz, девиация 65°, центральная частота 267 MHz)

2.2.2 Фазовая модуляция

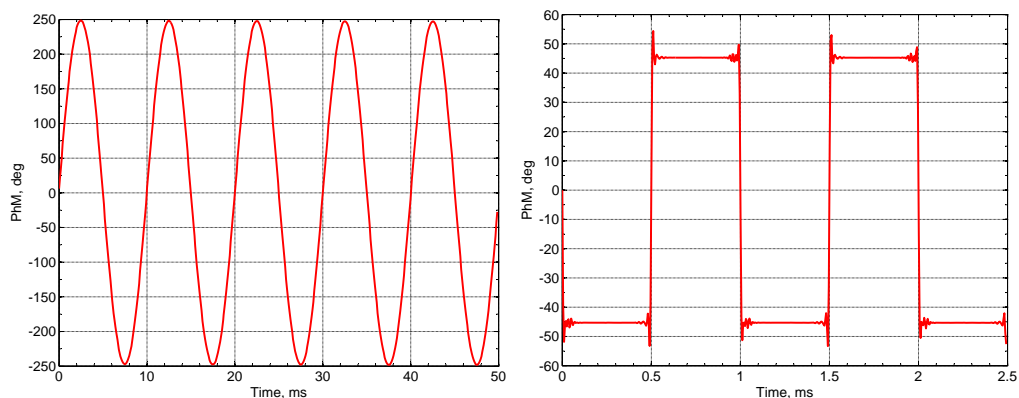
Параметры фазовой модуляции приведены в таблице 12. Максимальная девиация фазы рассчитывается также, как диапазон перестройки фазы из таблицы 4.

На рис. 22, 23 показаны графики демодулированного сигнала и его спектр.

2.3 Интерфейсы управления

В генераторе предусмотрены интерфейсы RS-232 и USB. Любой из них может быть использован как для управления по протоколу SCPI, так и обновления прошивки контроллера, управляющего узлами генератора. Для подключения компьютера через USB используется стандартный драйвер моста USB-to-UART мс. CP2102, последнюю версию которого можно скачать с сайта производителя Silicon Labs – www.silabs.com.

Для интерфейса RS-232 используется разъем типа 9-pin D-sub, female.



(a) синусоидальный модулирующий сигнал 100 Hz, $F_c=267$ MHz
 (b) прямоугольный модулирующий сигнал 1 kHz, $F_c=6$ GHz

Рис. 23: Демодулированный PhM-сигнал

Назначение контактов приведено в таблице 13.

3 Эксплуатационные характеристики

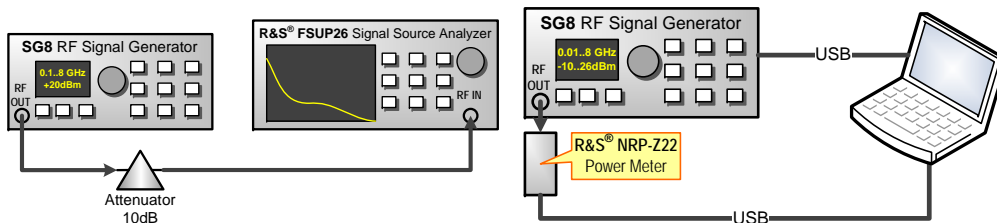
В таблице 14 приведены основные эксплуатационные характеристики.

4 Схема измерений

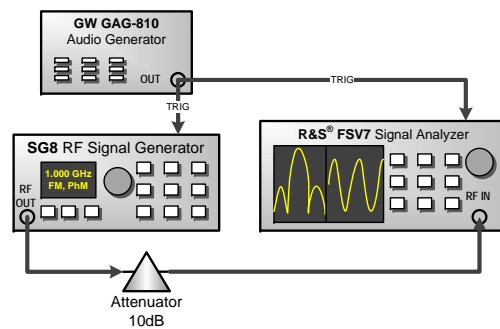
На рис. 24а представлена схема измерения фазового шума, на рис. 24б – уровня выходного сигнала, на рис. 24с – параметров частотной и фазовой модуляции, а также процессов переключения уровня и частоты выходного сигнала. Для измерения переключения частоты использованы диапазоны 7.8125-15.625 и 15.625-31.25, входящие в полосу демодуляции анализатора сигналов. Поскольку исходный сигнал формируется в диапазоне 4-8 ГГц, то полученные результаты можно применить ко всему диапазону.

Таблица 13: Сигналы интерфейса RS-232 для подключения к COM-порту компьютера

PC (9-pin D-sub Male)		SG8 (9-pin D-sub Female)	
Сигнал	№ конт.	№ конт.	Сигнал
DCD	1	1	соединен с контактами 4 и 6
RxD	2	2	TxD
TxD	3	3	RxD
DTR	4	4	соединен с контактами 1 и 6
GND	5	5	GND
DSR	6	6	соединен с контактами 1 и 4
RTS	7	7	соединен с контактом 8
CTS	8	8	соединен с контактом 7
RI	9	9	не подсоединен



(a) Измерение фазового шума, уровня гармоник (b) Измерение и калибровка уровня выходного сигнала



(c) Измерение параметров модуляции и переключения частоты и уровня выходного сигнала

Рис. 24: Схема измерений

Таблица 14: Эксплуатационные характеристики

Параметр	Условия	мин.	тип.	макс.	Ед.
Питание	перем. входное напряжение, 47..63 Hz	85		264	V (AC)
	пост. входное напряжение	120		370	V (DC)
Потребление			17	20	W
Импульсный ток при старте	при 115V			13	A
	при 230V			25	A
Внешняя среда	Диапазон рабочих температур	0		+40	°C
	Температура хранения	-40		+71	°C
Вибрации	синусоидальные, 5-150 Hz	2			g
Габаритные размеры	высота (с ножками)			104	mm
	ширина (с ножками)			246	mm
	глубина (с разъемами)			336	mm
Масса			3.5		kg
Рекомендуемый срок повторной калибровки			1		год