



# ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ SG8-HP01M SG8-HPSS01M

Методика поверки  
Версия 1.1

ООО «АДВАНТЕХ»

13 декабря 2011 г.

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



---

## Версии документа

Версия	Дата	Описание
1.0	5 ноября 2011	Методика поверки генератора SG8-HP01M-C2U42HP315 и SG8-HPSS01M-C2U42HP315
1.1	13 декабря 2011	Команда STAT:QUES? заменена на STAT:QUES:COND на рис. 5 Изменен список центральных частот для теста нормированного фазового шума RF Out Изменена маска нормированного фазового шума выходов RF Out и REF Out Изменено максимальное значение нижней границы области калибровки Изменен диапазон уровней выхода REF Out

## Содержание

<b>1</b>	<b>Набор тестов для поверки</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Средства поверки</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Требования к квалификации поверителей</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Условия поверки</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Подготовка к поверке</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Проведение поверки</b>	<b>10</b>
6.1	Набор тестов на отсутствие механических повреждений . . . . .	11
6.2	Набор тестов при включении питания . . . . .	12
6.2.1	Проверка: питание, дисплей, клавиатура, поворотная ручка . . . . .	12
6.2.2	Целостность данных EEPROM . . . . .	13
6.3	Тест захвата петли ФАПЧ . . . . .	13
6.4	Интерфейсы удаленного управления . . . . .	14
6.4.1	Тест USB . . . . .	14
6.4.2	Тест RS-232 . . . . .	14
6.5	Диапазон калиброванной области и погрешность установки уровня сигнала RF Out . . . . .	15
6.6	Частотные / спектральные характеристики сигнала RF Out . . . . .	16
6.6.1	Погрешность установки частоты . . . . .	16
6.6.2	Нормированный фазовый шум . . . . .	18
6.7	Выход опорной частоты REF Out . . . . .	20
6.7.1	Уровень сигнала REF Out . . . . .	20
6.7.2	Фазовый шум сигнала REF Out . . . . .	20
6.8	Чувствительность входа опорной частоты REF In . . . . .	21
6.9	Аналоговые входы . . . . .	22

6.9.1	Mic In . . . . .	22
6.9.2	AUX In / TRIG . . . . .	23
<b>7</b>	<b>Результаты поверки</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Приложения</b>	<b>25</b>
8.1	Приложение SG8_Level_Scan . . . . .	25
8.2	Приложение SG8_TP_LevelScan . . . . .	27
8.3	Приложение SG8_TP_PhaseNoise . . . . .	30

## Список иллюстраций

1	Тест захвата петли ФАПЧ . . . . .	13
2	Тест USB . . . . .	14
3	Тест RS-232 . . . . .	15
4	Тест диапазона калиброванной области и погрешности установки уровня . . . . .	15
5	Алгоритм программы сканирования <b>SG8_Level_Scan</b> . . . . .	16
6	Тест погрешности частоты . . . . .	17
7	Тест фазового шума . . . . .	19
8	Тест уровня сигнала REF Out . . . . .	20
9	Тест фазового шума сигнала REF Out . . . . .	21
10	Тест чувствительности входа REF In . . . . .	22
11	Тест входа Mic In . . . . .	23
12	Тест входа AUX In . . . . .	24
13	Меню настроек COM-порта . . . . .	25
14	Настройки COM-порта . . . . .	25
15	Приложение SG8_Level_Scan . . . . .	26
16	Приложение <b>SG8_TP_LevelScan</b> – выбор файлов и задание области . . . . .	28
17	Приложение <b>SG8_TP_LevelScan</b> – считывание минимальных/максимальных значений и сохранение файлов с графиками . . . . .	29
18	Приложение <b>SG8_TP_PhaseNoise</b> – выбор файла и задание маски фазового шума . . . . .	30
19	Приложение <b>SG8_TP_PhaseNoise</b> – считывание максимальных значений фазового шума и сохранение графика . . . . .	31

## Список таблиц

1	Набор тестов для поверки . . . . .	6
2	Средства поверки . . . . .	7
3	Формат файлов сканирования уровня . . . . .	17
4	Допустимые отклонения уровня и границ области калибровки . . . . .	17
5	Допустимая относительная погрешность частоты . . . . .	18
6	Формат файла фазового шума . . . . .	19

---

7	Маска нормированного фазового шума (приведенного к 1 ГГц) для сигнала RF Out . . . . .	19
8	Допустимые отклонения уровня сигнала REF Out . . . . .	20
9	Маска нормированного фазового шума (приведенного к 1 ГГц) сигнала REF Out . . . . .	21

Данный документ определяет методы и средства поверки следующих приборов:

**SG8-HP01M-C2U42HP315** – SG8 Генератор сигналов 10 МГц – 8 ГГц (базовая конфигурация)

**SG8-HPSS01M-C2U42HP315** – SG8 Генератор сигналов 10 МГц – 8 ГГц (с опцией дополнительного подавления “шпор”)

Рекомендуемый интервал повторной калибровки: 1 год.

## 1 Набор тестов для поверки

Таблица 1: Набор тестов для поверки

Тест №	Название теста	Раздел
Набор тестов на отсутствие механических повреждений		
1.1	Механические дефекты/повреждения (дисплей, клавиатура, разъемы)	6.1 на с. 11
Набор тестов при включении питания		
2.1	Проверка: питание, дисплей, клавиатура, поворотная ручка	6.2.1 на с. 12
2.2	Целостность данных EEPROM	6.2.2 на с. 13
Тест захвата петли ФАПЧ		
3.1	Тест захвата ФАПЧ на частоте 1ГГц+1ГГц	6.3 на с. 13
3.2	Тест захвата ФАПЧ на частоте 1ГГц-1ГГц	
Интерфейсы удаленного управления		
4.1	USB: ответ на команду *IDN?	6.4.1 на с. 14
4.2	RS-232: ответ на команду *IDN?	6.4.2 на с. 14
Диапазон калиброванной области и погрешность установки уровня сигнала RF Out		
5.1	Минимальное значение верхней границы области калибровки	6.5 на с. 15
5.2	Максимальное значение нижней границы области калибровки	
6.1	Погрешность в диапазоне уровня Pout=0..+20дБм	
6.2	Погрешность во всей калиброванной области	
Частотные / спектральные характеристика сигнала RF Out		
7.1	Погрешность установки частоты	6.6.1 на с. 16
7.2	Нормированный фазовый шум	6.6.2 на с. 18
Выход опорной частоты REF Out		
8.1	Уровень сигнала REF Out	6.7.1 на с. 20
8.2	Фазовый шум сигнала REF Out	6.7.2 на с. 20
Чувствительность входа опорной частоты REF In		

(продолжение на следующей странице)

(продолжение таблицы 1, начало на противоположной странице)

Тест №	Название теста	Раздел
9.1	Захват ФАПЧ при внешнем опорном сигнале 20МГц, +10дБм	6.8 на с. 21
9.2	Захват ФАПЧ при внешнем опорном сигнале 150МГц, -10дБм	
Аналоговые входы		
10.1	Mic In	6.9.1 на с. 22
10.2	AUX In / TRIG	6.9.2 на с. 23

## 2 Средства проверки

Таблица 2: Средства проверки

Описание	Названия приборов	Характеристики указанных приборов	Требуемые характеристики	Тест №
Детектор средней мощности	R&S NRP-Z22	КСВН < 1.2 (10 МГц .. 8 ГГц) Абсолютная погрешность измерения уровня выходного сигнала, T <sub>a</sub> = 20 .. 25°C: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 .. 100 МГц, -57 .. +20 дБм: 0.079 дБ</li> <li>• 10 .. 100 МГц, +20 .. +30 дБм: 0.088 дБ</li> <li>• 100 МГц .. 4 ГГц, -57 .. +20 дБм: 0.085 дБ</li> <li>• 100 МГц .. 4 ГГц, +20 .. +30 дБм: 0.098 дБ</li> <li>• 4 ГГц .. 12.4 ГГц, -57 .. +20 дБм: 0.116 дБ</li> <li>• 4 ГГц .. 12.4 ГГц, +20 .. +30 дБм: 0.125 дБ</li> </ul>	T <sub>a</sub> = 20 .. 25°C, 10 МГц .. 8 ГГц, -10 .. +26: 0.25 дБ 0 .. +20: 0.15; Управление через ПК.	6, 8.1

(продолжение на следующей странице)

(продолжение таблицы 2, начало на с. 7)

Описание	Названия приборов	Характеристики указанных приборов	Требуемые характеристики	Тест №
Анализатор источников сигнала	R&S FSUP8	<p>Частотный диапазон: 1 МГц .. 8 ГГц;            Фазовый шум на центральной частоте 1 ГГц при смещении:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 кГц: -130 дБн/Гц</li> <li>• 10 кГц: -139 дБн/Гц</li> <li>• 100 кГц: -150 дБн/Гц</li> <li>• 1 МГц: -160 дБн/Гц</li> <li>• 10 МГц: -165 дБн/Гц</li> </ul> <p>Погрешность измерения при смещении 100 Гц .. 10 МГц : &lt; 1 дБ            Температурная стабильность опорной частоты: <math>\pm 0.08</math> ppm (+5 .. +40°C)            Старение: <math>\pm 0.1</math> ppm/год</p>	<p>Частотный диапазон: 1 МГц .. 8 ГГц;            Фазовый шум на 1 ГГц:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 кГц: -120 дБн/Гц</li> <li>• 10 кГц: -130 дБн/Гц</li> <li>• 100 кГц: -130 дБн/Гц</li> <li>• 1 МГц: -145 дБн/Гц</li> <li>• 10 МГц: -150 дБн/Гц</li> </ul> <p>Погрешность измерения при смещении 100 Гц .. 10 МГц : &lt; 2.5 дБ;            Управление через ПК.</p>	7.2, 8.2
Анализатор спектра	ADVANTEST R3267	<p>Частотный диапазон: 100 Гц .. 8 ГГц;            Min RBW: 1 Гц            Температурная стабильность опорной частоты: <math>\pm 0.1</math> ppm (0 .. +40°C)            Старение: <math>\pm 0.1</math> ppm/год</p>	<p>Частотный диапазон: 10 МГц .. 8 ГГц;            Min RBW: 30 Гц</p>	3, 9
Частотомер	EZ DIGITAL FC-3000	<p>Стабильность опорной частоты: <math>\pm 1</math> ppm            Частотный диапазон: DC .. 3 ГГц</p>	<p>Стабильность опорной частоты: <math>\pm 1</math> ppm            Частотный диапазон: DC .. 100 МГц</p>	7.1

(продолжение на следующей странице)

(продолжение таблицы 2, начало на с. 7)

Описание	Названия приборов	Характеристики указанных приборов	Требуемые характеристики	Тест №
Генератор сигналов	R&S SMC100A (B-101)	Частотный диапазон: 9 кГц .. 1.1 ГГц	Частотный диапазон: 20 МГц .. 150 МГц	9
ПК		Intel Pentium Dual Core 3GHz, 200GB HDD; Interfaces: 2xUSB, RS-232, Ethernet; Software: WinXP, Tcl/Tk, R&S®NRP-Toolkit, VISA and IVI-COM drivers for equipment remote control, R&S®NRPZ_VXIPNP v2.1.5, MCR v7.14	Hardware: CPU 2GHz, 100GB HDD; Interfaces: 2xUSB and RS-232 (D-sub, 9-pin, male), Ethernet; Software: WinXP, Tcl/Tk, VISA and IVI-COM drivers for equipment remote control, R&S®NRP-Toolkit v2.1.10, R&S®NRPZ_VXIPNP v2.1.5, MCR v7.14	4, 5, 6, 7.2, 8.2
Лабораторный источник постоянного напряжения	Mastech HY1502D	0 .. 15 VDC, 2A	0 .. +3 VDC, I <sub>source</sub> > 10 mA, R <sub>out</sub> < 100Ω	10.2
Вольтметр постоянного напряжения	Fluke 15B	Диапазон измерения: 0.1 мВ .. 1кВ Точность: 0.5% + 3 LSD ед.	0 .. +3 VDC, точность 5%	10.2
Микрофон	Genius MIC-01A	100 Гц - 10 кГц, 3.5mm jack, 2.2 kΩ	2-конт. электретный, +3VDC через 3кΩ	10.1

Также может быть использовано другое оборудование, если оно удовлетворяет приведенным требованиям. Приборы, существенно влияющие на точность измерения основных параметров должны быть откалиброваны и иметь свидетельство о поверке.

### 3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки могут быть допущены лица, аттестованные в качестве поверителя и имеющие практический опыт работ в области радиотехнических измерений не менее 2-х лет.

Перед проведением операций поверки поверителю необходимо изучить руководство по эксплуатации на генераторы SG8.

### 4 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия (если не указано специально):

- Температура окружающей среды:  $T_a=23^{+5}_{-3}$  °C (для теста № 6  $T_a=23^{+2}_{-3}$  °C)
- Относительная влажность воздуха: 20 .. 70%
- Атмосферное давление:  $750\pm 30$  мм. рт. ст.
- Напряжение питания:  $220\pm 20$  V AC
- Частота сети питания:  $50\pm 1$  Гц, с содержанием гармоник не более 5%.

### 5 Подготовка к поверке

1. Изучить руководство по эксплуатации SG8 и используемых при поверке средств измерений.
2. Удостовериться, что условия поверки удовлетворяют требованиям, указанным выше.
3. Перед включением приборов должно быть проверено выполнение требований безопасности (заземление, допустимые уровни сигнала, и т.д.)
4. Включить прибор и подождать 15 мин. для разогрева прибора.

### 6 Проведение поверки

При проведении поверки, каждому тесту в результате ставится одно из следующих значений статуса:

**ПРОПУЩЕН** – означает, что тест по какой-то причине пропущен (причина указывается в примечании);

**НЕИСПРАВЕН** – результаты теста не удовлетворяют требованиям данного документа;

УСПЕШНО – тест пройден успешно, все измеренные значения находятся в пределах диапазонов, указанных в данном документе.

Значение статуса может сопровождаться примечаниями или заключением. Предопределенные значения заключений следующие:

**необходима перекалибровка**

**перекалиброван** – указывается в случае, если заключение предыдущего тестирования было “необходима перекалибровка” или какие-либо части прибора, соответствующие тесту были перекалиброваны.

**требуется настройки**

**настроен** – указывается в случае, если заключение предыдущего тестирования было “требуется настройки” или какие-либо части прибора, соответствующие тесту были настроены.

**требуется ремонта**

**отремонтирован** – указывается в случае, если заключение предыдущего тестирования было “требуется ремонта” или какие-либо части прибора, соответствующие тесту были отремонтированы.

**требуется замены**

**заменен** – указывается в случае, если заключение предыдущего тестирования было “требуется замены” или какие-либо части прибора, соответствующие тесту были заменены.

По завершении каждого теста рекомендуется добавлять описание при назначении статуса и заключения.

## 6.1 Набор тестов на отсутствие механических повреждений

Произвести осмотр на отсутствие следующих механических дефектов или повреждений:<sup>1</sup>

**Корпус** Корпус, ножки и другие видимые механические части не должны иметь повреждений или глубоких царапин.

**Дисплей** Дисплей должен быть целым и не иметь царапин на видимой поверхности.

---

<sup>1</sup>Если прибор не является новым (т.е. когда он возвращен на повторную калибровку или ремонт), допускается наличие царапин или незначительных повреждений корпуса или дисплея, если это не влияет на функциональность или технические характеристики прибора.

**Разъемы** Осмотреть следующие разъемы RF Out (N-тип), REF In и REF Out (SMA-тип), AUX In (BNC-тип), Mic In, RS-232 и USB. Все лепестки центрального контакта разъема N-типа не должны иметь повреждений. Резьба разъемов SMA и N-типа не должна иметь повреждений. Целостность резьбы может быть проверена путем накручивания специальной насадки либо проверенной ответной части разъема.

Если все перечисленные выше требования выполняются, данному тесту присваивается значение “УСПЕШНО”, в противном случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”, подробное описание неисправности заносится в раздел Примечания.

## 6.2 Набор тестов при включении питания

### 6.2.1 Проверка: питание, дисплей, клавиатура, поворотная ручка

1. Включить питание прибора.
2. В течении 2-5 секунд на дисплее должны появиться надписи и данные, соответствующие текущему режиму работы.
3. Проверить кнопки меню (RET, UP, DOWN, SEL/OPT). Они должны работать в соответствии с руководством по эксплуатации.
4. Проверить клавиатуру:
  - (a) Выделить с помощью кнопок меню любое числовое поле, например, частоту в режиме CW. Последовательно нажимать кнопки 1, 2,..9, “.” и 0. Соответствующие цифры и точка должны появляться на экране после каждого нажатия.
  - (b) Нажать кнопку ВСК, при этом последняя введенная цифра должна удалиться.
  - (c) Выйти из режима ввода с помощью нажатия кнопки меню DOWN или UP.
  - (d) Выделить поле центральной частоты в режиме CW. Нажать последовательно кнопки Hz, kHz, MHz, GHz. Текущее значение частоты должно выражаться в Hz, kHz, MHz, GHz после нажатия соответствующей кнопки.
  - (e) Выделить поле уровня выходного сигнала в режиме CW. Ввести любое действительное значение уровня и нажать кнопку dBm. Новое значение должно отобразиться на экране.
  - (f) Для того, чтобы проверить кнопки математических операций, следует выделить поле центральной частоты в режиме CW и ввести последовательности типа CDE (см. Руководство по эксплуатации SG8) для команд “-”, “+”, “×”, “÷”.

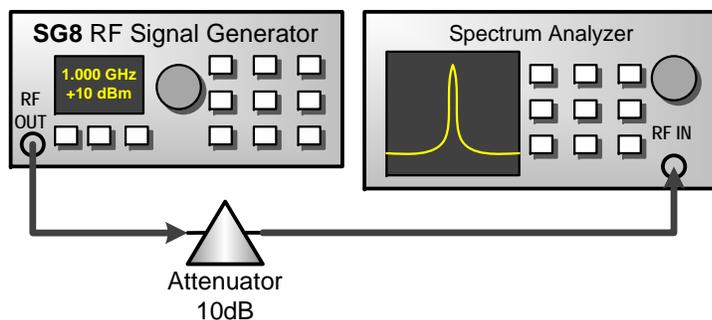


Рис. 1: Тест захвата петли ФАПЧ

5. Проверка поворотного энкодера: выделить поле центральной частоты в режиме CW, нажать (и отпустить) поворотный энкодер для активации режима редактирования поля, затем вращать энкодер – отображаемое значение должно меняться в соответствии со вращением ручки энкодера.

Если все перечисленные выше требования выполняются, данному тесту присваивается значение “УСПЕШНО”, в противном случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”, подробное описание неисправности заносится в раздел Примечания.

### 6.2.2 Целостность данных EEPROM

Войти в пункт меню Info. Проверить, что поля Part Number, Serial Number и Date имеют корректные значения, и что поля Part Number и Serial Number, отображаемые на экране, совпадают с указанными на задней панели прибора. Если все перечисленные выше требования выполняются, данному тесту присваивается значение “УСПЕШНО”, в противном случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”, подробное описание неисправности заносится в раздел Примечания.

### 6.3 Тест захвата петли ФАПЧ

Соединить приборы, как показано на рис. 1. Установить следующие настройки анализатора спектра:

Center frequency = 1 GHz;  
 Span = 1 MHz;  
 RBW = 1 kHz;  
 VBW = 100 Hz;  
 Ref level = 0 dBm;

Установить настройки генератора SG8:

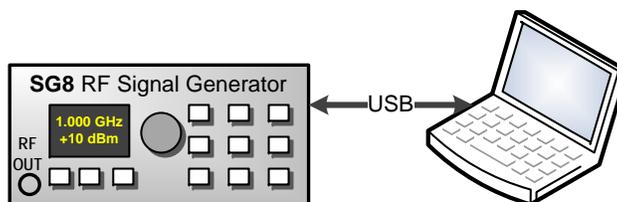


Рис. 2: Тест USB

Mode = CW;  
Level = +10 dBm;

Установить частоту и проверить спектр сигнала:

1. 1 000 000 001 Гц – спектр должен иметь стабильную форму, соответствующую синусоидальному сигналу (в этом случае присваивается “УСПЕШНО”). Если это не так, значит отсутствует захват ФАПЧ при низком управляющем сигнале на входе ГУНа (в этом случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”).
2. 999 999 999 Гц – спектр должен иметь стабильную форму, соответствующую синусоидальному сигналу (в этом случае присваивается “УСПЕШНО”). Если это не так, значит отсутствует захват ФАПЧ при высоком управляющем сигнале на входе ГУНа (в этом случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”).

## 6.4 Интерфейсы удаленного управления

### 6.4.1 Тест USB

Соедините приборы, как показано на рис. 2. Запустите стандартное приложение Nureg Terminal и установите настройки, приведенные в Руководстве по эксплуатации SG8.

Введите следующую команду SCPI:

```
*IDN?
```

Генератор SG8 должен вернуть строку в виде: *<Manufacturer>*, *<Part Number>*, *<Serial Number>*, *<Firmware Revision>*, например

```
Advantex,SG8-HP01M-C2U42HP315,57065-9090-001,R1.0
```

Если SG8 вернул соответствующую строку,тесту присваивается значение “УСПЕШНО”, в противном случае – “НЕИСПРАВЕН”.

### 6.4.2 Тест RS-232

Соедините приборы, как показано на рис. 3. Выполните пункты теста, аналогично разделу 6.4.1.

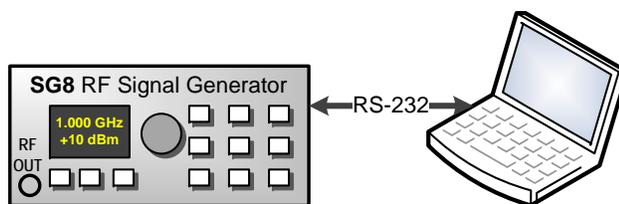


Рис. 3: Тест RS-232

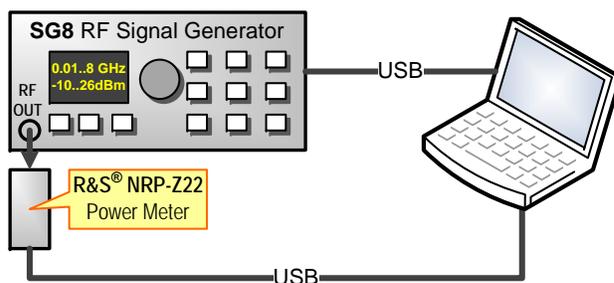


Рис. 4: Тест диапазона калиброванной области и погрешности установки уровня

## 6.5 Диапазон калиброванной области и погрешность установки уровня сигнала RF Out

1. Соедините приборы, как показано на рис. 4.
2. Убедитесь, что температура окружающей среды находится в диапазоне от +20 до +25 °С для обеспечения максимальной точности измерений.
3. Запустите приложение **SG8\_Level\_Scan**, укажите начальные, конечные значения уровня и частоты и шаг сканирования, затем нажмите кнопку “Scan”. Алгоритм программы показан на рис. 5. В результате сканирования приложение формирует следующие файлы: **SG8\_level\_<Serial\_No>.csv** и **SG8\_status\_<Serial\_No>.csv**. Файл **SG8\_level\_<Serial\_No>.csv** содержит измеренные значения мощности при заданных значениях частоты и уровня, выставленного в генераторе SG8. Первая строка файла содержит список частот в МГц, первая колонка файла содержит уровни мощности в дБм, которые были заданы в приборе при сканировании. (таблица 3). Значения разделены точкой с запятой “;”. Файл **SG8\_status\_<Serial\_No>.csv** имеет тот же формат, но содержит статус измеренных точек. Нулевое значение означает, что точка, соответствующая данной выставленной в приборе частоте и мощности, находится в калибровочной области, другое значение означает, что точка находится вне области калибровки.

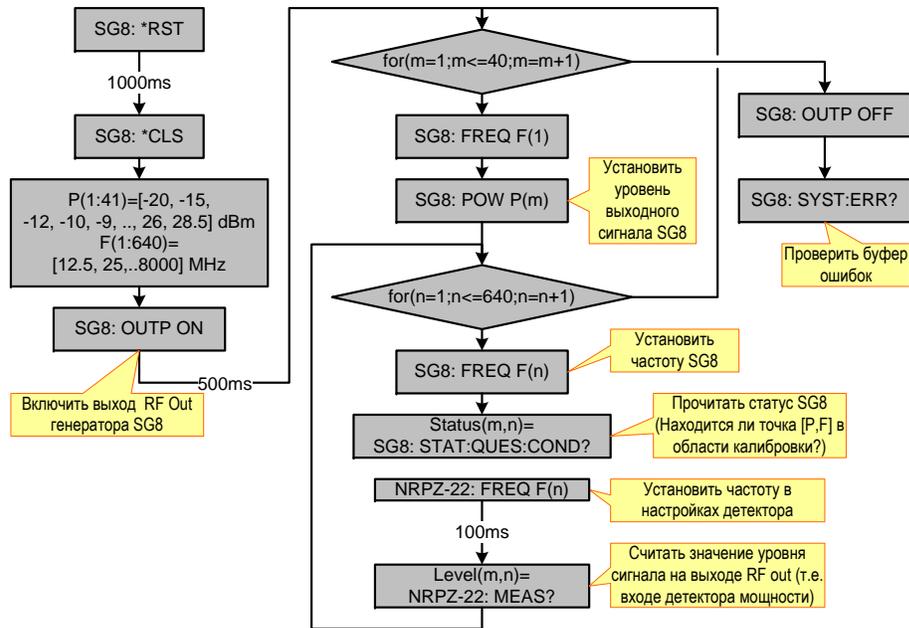


Рис. 5: Алгоритм программы сканирования SG8\_Level\_Scan

- Запустите приложение SG8\_TP\_LevelScan, выберите файлы SG8\_level\_<Serial\_No>.csv и SG8\_status\_<Serial\_No>.csv, затем нажмите кнопку “Process”. Данная программа ищет минимальное и максимальное значение ошибки (разность между измеренным и установленным значением) в области калибровки и в области от 0 до +20 дБм. Программа также выводит график семейства сканированных уровней от частоты и контурный график абсолютной погрешности установленного уровня. Эти графики прилагаются к техническому отчету.
- Сравните минимальные и максимальные значения ошибки уровня с указанными в таблице 4. Если измеренные значения находятся в пределах указанных диапазонов, тест пройден успешно.

## 6.6 Частотные / спектральные характеристики сигнала RF Out

### 6.6.1 Погрешность установки частоты

- Соедините приборы, как показано на рис. 6.
- Установите частоту  $F_o=100$  МГц и уровень в соответствии с чувствительностью используемого частотомера.

Таблица 3: Формат файлов сканирования уровня

(a) Level scan (файл SG8\_level\_<Serial\_No>.csv)      (b) Status scan (файл SG8\_status\_<Serial\_No>.csv)

dBm\MHz;	12.5;	25;	...	8000	dBm\MHz;	12.5;	25;	...	8000
-20;	-22;	-21.5;	...	-18	-20;	8;	8;	...	8
-15;	-14;	-14.3;	...	-14	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	-5;	0;	0;	...	0
28.5;	27.1;	27.2;	...	25.3	...	...	...	...	...
					28.5;	8;	8;	...	8

Таблица 4: Допустимые отклонения уровня и границ области калибровки

Тест №	Описание	Значение
5.1	Минимальное значение верхней границы области калибровки	+22 dBm
5.2	Максимальное значение нижней границы области калибровки	-8 dBm
6.1	Абсолютная погрешность при Pout=0..+20 дБм	±0.2dB
6.2	Абсолютная погрешность в области калибровки	±0.5dB

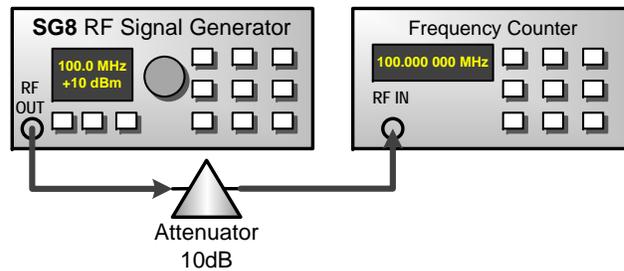


Рис. 6: Тест погрешности частоты

Таблица 5: Допустимая относительная погрешность частоты

Описание	Значение	Ед.
Относительная погрешность частоты	$\pm(5\text{--Собственная погрешность частотомера})$	ppm

- Измерьте частоту  $F_i$  сигнала на входе частотомера.
- Найдите относительную погрешность частоты из следующего выражения:  $E_{ppm} = \frac{F_i - F_o}{F_o} \cdot 10^6$  [ppm].
- Если найденное значение относительной погрешности находится в указанном диапазоне (таблица 5), тест пройден успешно.

Частота может быть также измерена с помощью анализатора спектра, если стабильность его опорной частоты удовлетворяет требованиям, указанным в таблице 2.

- Для того, чтобы измерить частоту указанным способом, соедините приборы, как показано на рис. 1.
- Установите частоту генератора SG8: 1 ГГц, уровень: +10 дБм.
- Установите следующие настройки анализатора спектра – center frequency: 1 GHz, span: 10 kHz, RBW: 100 Hz, VBW: 10 Hz, Ref level: 0 dBm.
- Вызовите функцию маркера центральной частоты (CF marker), значение частоты выведется на экране анализатора спектра.
- Следуйте инструкциям, приведенным выше для определения значения  $E_{ppm}$  и сравните его с указанным в таблице 5.

### 6.6.2 Нормированный фазовый шум

- Соедините приборы, как показано на рис. 7.
- Запустите приложение **SG8\_RFOut\_PhaseNoise**. Оно устанавливает уровень +20 дБм и последовательно значения центральной частоты: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ГГц. Для каждой частоты снимается график фазового шума в дБн/Гц при отстройке от 1 кГц до 10 МГц. Программа на выходе выдает файл **SG8\_RFout\_PhN\_<Serial\_No>.csv**, его формат приведен в таблице 6. Первая строка содержит значения отстройки в Гц, первая колонка – значения центральной частоты в ГГц.
- Запустите приложение **SG8\_TP\_PhaseNoise**, выберите файл **SG8\_RFout\_PhN\_<Serial\_No>.csv** и нажмите кнопку “Process”. Программа рассчитает нормированный фазовый шум (приведенный к центральной частоте 1 ГГц) в соответствии со следующим выражением

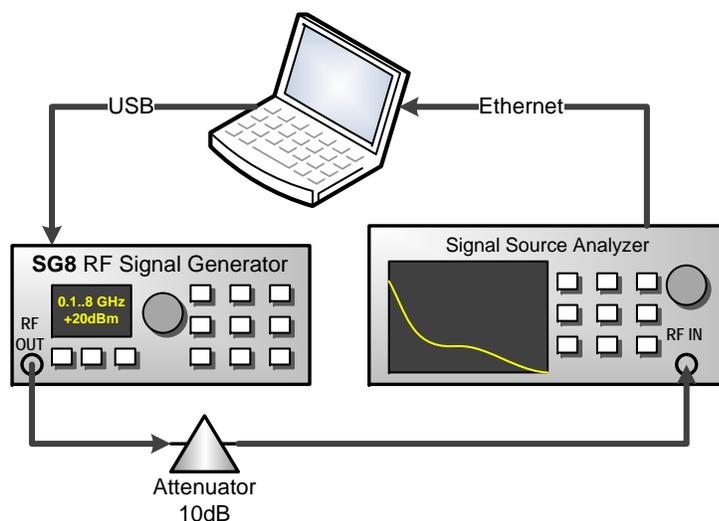


Рис. 7: Тест фазового шума

Таблица 6: Формат файла фазового шума

CF-GHz\Offset-Hz;	1000;	1100;	...	10000000
0.5;	-122;	-123;	...	-135
0.5;	-116;	-117;	...	-135
...	...	...	...	...
8;	-100;	-101;	...	-140

$\Phi_{1GHz} = \Phi_{Fc} - 20 \log \frac{F_c[GHz]}{1[GHz]}$ , затем найдет максимальные значения среди всех центральных частот при значениях отстройки, указанных в таблице 7, затем выводит график. График и файл прилагаются к техническому отчету.

4. Если нормированный фазовый шум для любой центральной частоты ниже маски, указанной в таблице 7, тест пройден успешно.

Таблица 7: Маска нормированного фазового шума (приведенного к 1 ГГц) для сигнала RF Out

Отстройка, кГц	1	10	100	1000	10000
Фазовый шум, дБн/Гц	-100	-115	-115	-115	-125

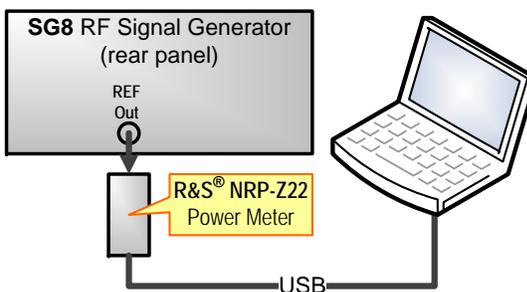


Рис. 8: Тест уровня сигнала REF Out

Таблица 8: Допустимые отклонения уровня сигнала REF Out

	мин.	макс.
Уровень сигнала REF Out, дБм	-5	+10

## 6.7 Выход опорной частоты REF Out

### 6.7.1 Уровень сигнала REF Out

1. Соедините приборы, как показано на рис. 8.
2. Включите выход REF Out (см. Руководство по эксплуатации).
3. Измерьте уровень сигнала на выходе REF Out.
4. Если уровень находится в диапазоне, указанном в таблице 8, тест пройден успешно.

### 6.7.2 Фазовый шум сигнала REF Out

1. Соедините приборы, как показано на рис. 9.
2. Включите выход REF Out (см. Руководство по эксплуатации).
3. Запустите приложение **SG8\_REFOut\_PhaseNoise**. Эта программа выдает файл `SG8_REFout_PhN_<Serial_No>.csv`, его формат подобен указанному в таблице 6, разница заключается только в том, что он имеет только одну строку – для центральной частоты, равной внутренней опорной частоте. (147 МГц).
4. Запустите приложение **SG8\_TP\_PhaseNoise**, выберите файл `SG8_RFout_PhN_<Serial_No>.csv` и нажмите кнопку "Process". Программа рассчитает нормированный фазовый шум (приведенный к 1 ГГц), затем выведет значения при отстройках, заданных в таблице 9, и выведет график. График прикладывается к техническому отчету.

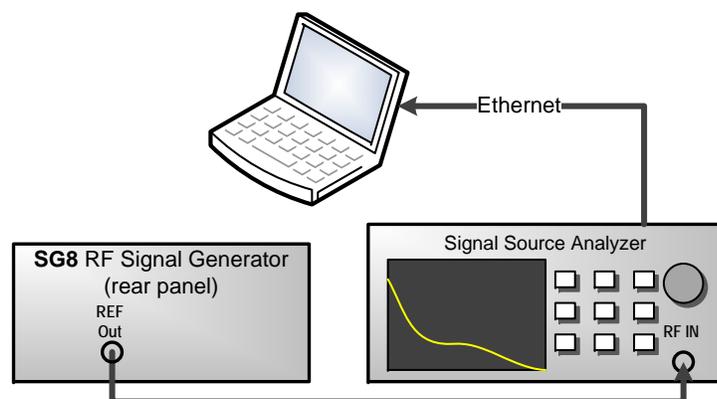


Рис. 9: Тест фазового шума сигнала REF Out

Таблица 9: Маска нормированного фазового шума (приведенного к 1 ГГц) сигнала REF Out

Отстройка, кГц	1	10	100	1000	10000
Фазовый шум, дБм/Гц	-110	-125	-125	-125	-125

5. Если нормированный фазовый шум меньше маски, приведенной в таблице 9, тест пройден успешно.

### 6.8 Чувствительность входа опорной частоты REF In

Соедините приборы, как показано на рис. 10.

Включите вход внешней опорной частоты (REF In), см. Руководство по эксплуатации SG8.

Установите следующие настройки анализатора спектра:

Center frequency = 1 GHz;  
 Span = 1 MHz;  
 RBW = 1 kHz;  
 VBW = 100 Hz;  
 Ref level = 0 dBm;

Установите следующие настройки генератора SG8:

Mode = CW;  
 Level = +10 dBm;  
 Frequency = 1 GHz.

Проведите следующие тесты:

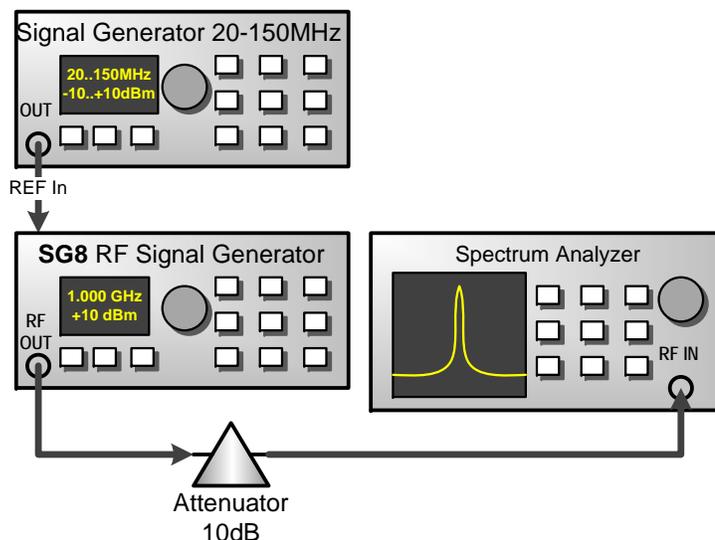


Рис. 10: Тест чувствительности входа REF In

Тест № 9.1. Подайте сигнал внешней опорной частоты 20 МГц и уровень +10 дБм. Установите значение внешней опорной частоты в настройках SG8 равное 20 МГц. Спектр должен иметь стабильную форму, соответствующую синусоидальному сигналу (в этом случае присваивается “УСПЕШНО”). Если нет – отсутствует захват ФАПЧ при внешнем опорном сигнале 20 МГц и +10 дБм (в этом случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”).

Тест № 9.2. Подайте сигнал внешней опорной частоты 150 МГц и уровень –10 дБм. Установите значение внешней опорной частоты в настройках SG8 равное 150 МГц. Спектр должен иметь стабильную форму, соответствующую синусоидальному сигналу (в этом случае присваивается “УСПЕШНО”). Если нет – отсутствует захват ФАПЧ при внешнем опорном сигнале 150 МГц и –10 дБм (в этом случае присваивается “НЕИСПРАВЕН”).

## 6.9 Аналоговые входы

### 6.9.1 Mic In

1. Соедините приборы, как показано на рис. 11.
2. Установите значение усиления 64 (см. Руководство по эксплуатации).
3. Установите режим FM с внешним модулирующим сигналом.

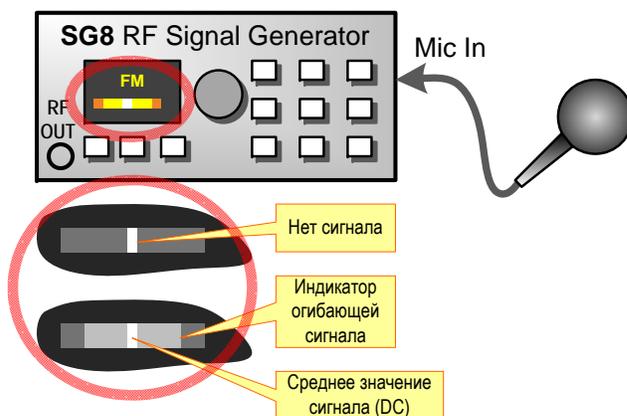


Рис. 11: Тест входа Mic In

4. Скажите что-нибудь в микрофон, при этом графический индикатор покажет уровень модулирующего сигнала. Индикатор представляет полный диапазон АЦП. Если он показывает уровень, сравнимый с полным размахом, (см. рис. 11), тест пройден успешно.

#### 6.9.2 AUX In / TRIG

1. Соедините приборы, как показано на рис. 12.
2. Установите в настройках SG8 усиление 1 (см. Руководство по эксплуатации).
3. Установите режим FM с внешним модулирующим сигналом.
4. Вращая ручку регулировки блока питания, подайте постоянное напряжение от 0.5..0.6 В до 2.4..2.5 В, индикатор среднего значения при этом должен сместиться от крайнего левого до крайнего правого положения (см. рис. 12). Если это так, тест пройден успешно.

## 7 Результаты поверки

Результаты тестирования заносятся в документ под названием “Технический отчет”, который содержит таблицу с обзором результатов тестов, а также подробные данные по измеренным значениям с указанием погрешности прибора, используемого при измерении. График сканирования уровня, контурный график абсолютной ошибки уровня, графики нормированного фазового шума выходов RF Out и REF Out также должны быть приложены к отчету. Каждый тест должен иметь статус и может сопровождаться заключением и/или примечанием с описанием причины провала теста.

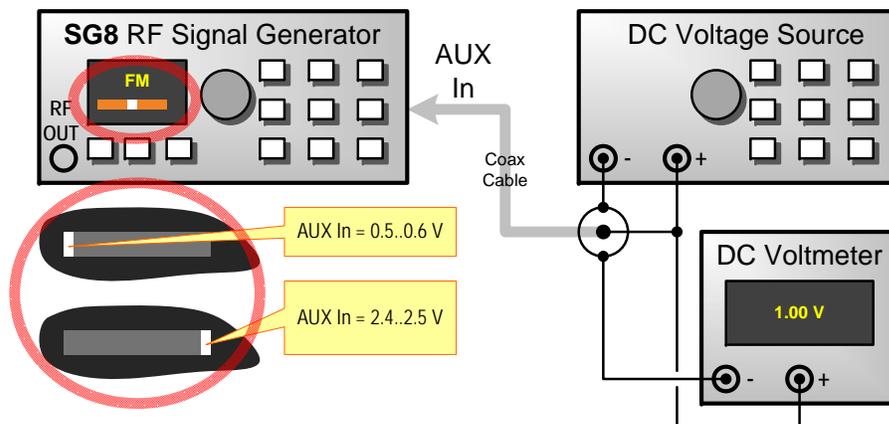


Рис. 12: Тест входа AUX In

Если все тесты имеют статус “УСПЕШНО”, поверенный таким образом прибор сопровождается документом под названием “Технический паспорт”, который по сути имеет то же содержание, что и “Технический отчет” (т.е. Технический отчет становится Техническим паспортом, если все тесты пройдены успешно). Технический паспорт выдается в двух случаях – для нового прибора (после заводской стандартной калибровки), и для не нового прибора, когда прибор возвращается на повторную калибровку или ремонт (после заводской стандартной перекалибровки). Последний случай отличается от первого требованиями, предъявляемыми к Тесту № 1.

Файлы, содержащие данные измерений прилагаются к Техническому паспорту на цифровом носителе, например CD, или могут быть отправлены по электронной почте по запросу покупателя.



Рис. 13: Меню настроек COM-порта

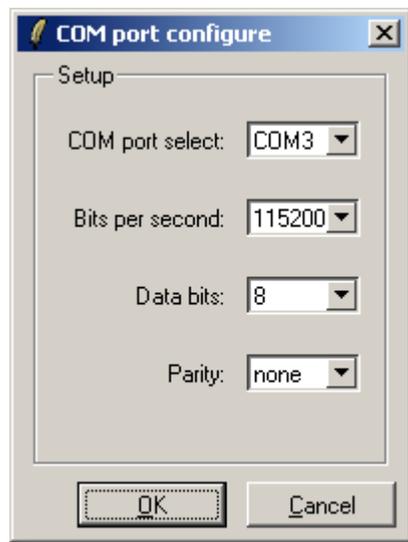


Рис. 14: Настройки COM-порта

## 8 Приложения

### 8.1 Приложение SG8\_Level\_Scan

Данная программа обеспечивает автоматизацию измерения уровня ВЧ-сигнала для набора частот и выходных мощностей, задаваемых в генераторе SG8. Программа работает в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 5. Для создания файлов со сканированными уровнями и статусами (см. таблицу 3) следуйте следующим инструкциям:

1. Запустите программу.
2. Выберите пункт меню Setup>COM configure (рис. 13) и настройте параметры COM-порта (рис. 14). Настройки COM-порта приведены в Руководстве по эксплуатации. Следует иметь в виду, что если вы используете для соединения USB порт, то он также представлен в системе, как COM-порт, что обеспечивается драйвером моста USB-to-UART.

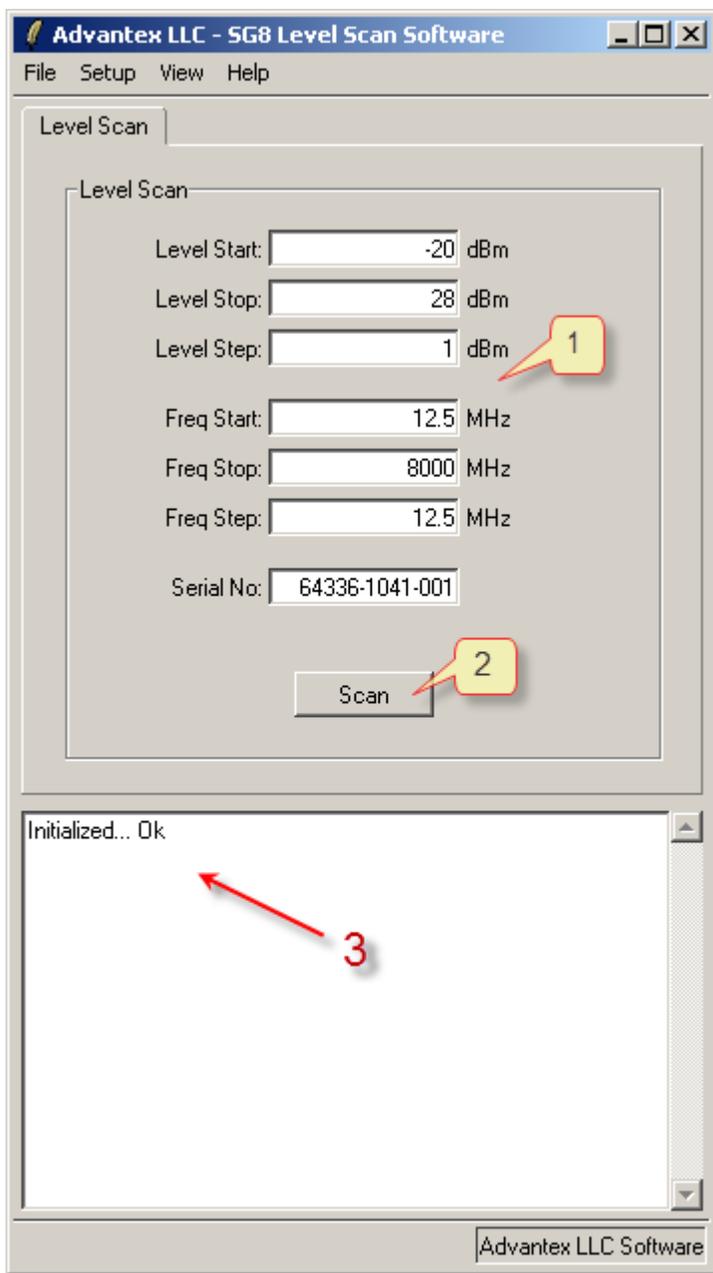


Рис. 15: Приложение SG8\_Level\_Scan

3. Укажите начальные и конечные значения, а также шаг для уровня и частоты (поз. 1, рис. 15). Рекомендуется использовать шаг сетки уровня 1 дБ, поскольку шаг, используемый в алгоритме калибровки равен 2 дБ. Таким образом, можно снять данные между точками, используемыми при калибровке, где ошибка теоретически достигает максимальных значений. То же самое относится и к сетке частот. Калибровочные точки по частоте следующие: от 10 МГц до 100 МГц используется шаг 1 МГц, от 100 МГц до 1 ГГц используется шаг 10 МГц, от 1 ГГц до 8 ГГц используется шаг 25 МГц. Таким образом, если использовать сетку 12.5 МГц, всегда найдутся точки, не совпадающие с калибровочными.
4. Нажмите кнопку “Scan” (поз. 2, рис. 15), текущие значения частоты и уровня будут отображаться в окне (поз. 3, рис. 15). Как только программа завершит сканирование, появится строка “Done in .. minutes and .. seconds”, и в корневой директории программы создадутся два файла – SG8\_level\_<Serial\_No>.csv и SG8\_status\_<Serial\_No>.csv. Эти два файла содержат данные сканирования уровня со статусом и далее обрабатываются программой SG8\_TP\_LevelScan (см. следующий раздел).

## 8.2 Приложение SG8\_TP\_LevelScan

Эта программа берет файлы сканирования уровня со статусом и находит минимальные и максимальные значения ошибки в калибровочной и заданной областях на плоскости мощность-частота. Она также создает файлы рисунков с графиком сканирования уровня и контурным графиком абсолютной погрешности. Для этого следуйте приведенным инструкциям:

1. Выберите файл сканирования уровня (SG8\_level\_<Serial\_No>.csv), поз. 1, рис. 16.
2. Выберите файл сканирования статуса (SG8\_status\_<Serial\_No>.csv), поз. 2, рис. 16.
3. Если необходимо, измените значения, задающие область, поз. 3. Значения по-умолчанию приведены на рисунке.
4. Нажмите кнопку “Process” (поз. 4).
5. Сохраните контурный график абсолютной погрешности уровня (поз. 5, рис. 17) и график сканирования уровня (поз. 6).
6. Таблица, см. поз. 7, рис. 17, содержит минимальное и максимальное значение ошибки уровня в области калибровки. Поля установленного уровня и частоты (level set и frequency) соответствуют координатам этих точек на плоскости мощность-частота. Минимальные и максимальные значения полей верхней и нижней границы (high bound, low

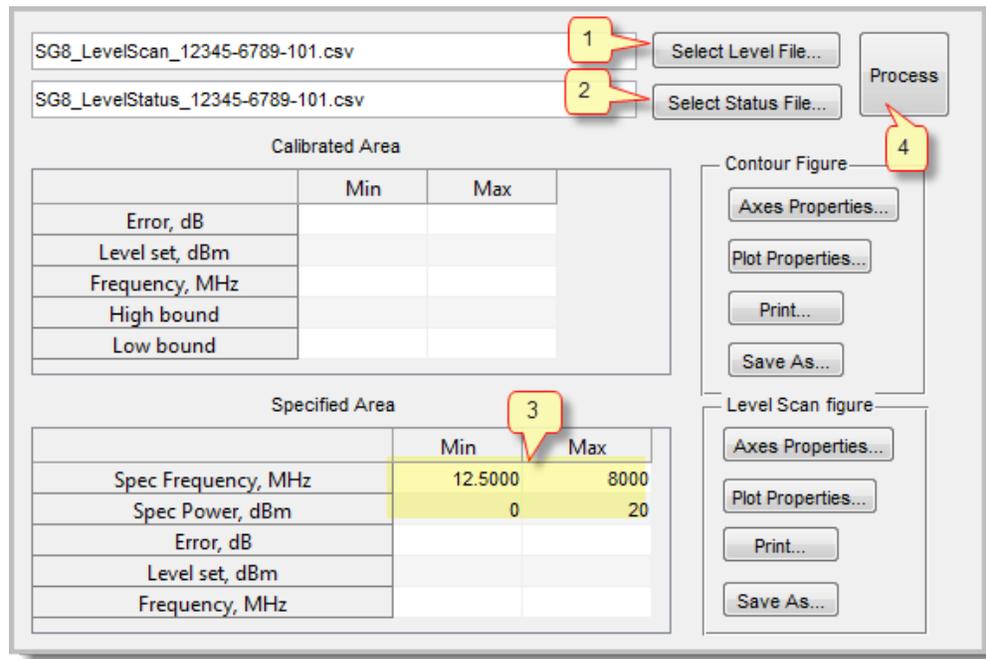


Рис. 16: Приложение SG8\_TP\_LevelScan – выбор файлов и задание области

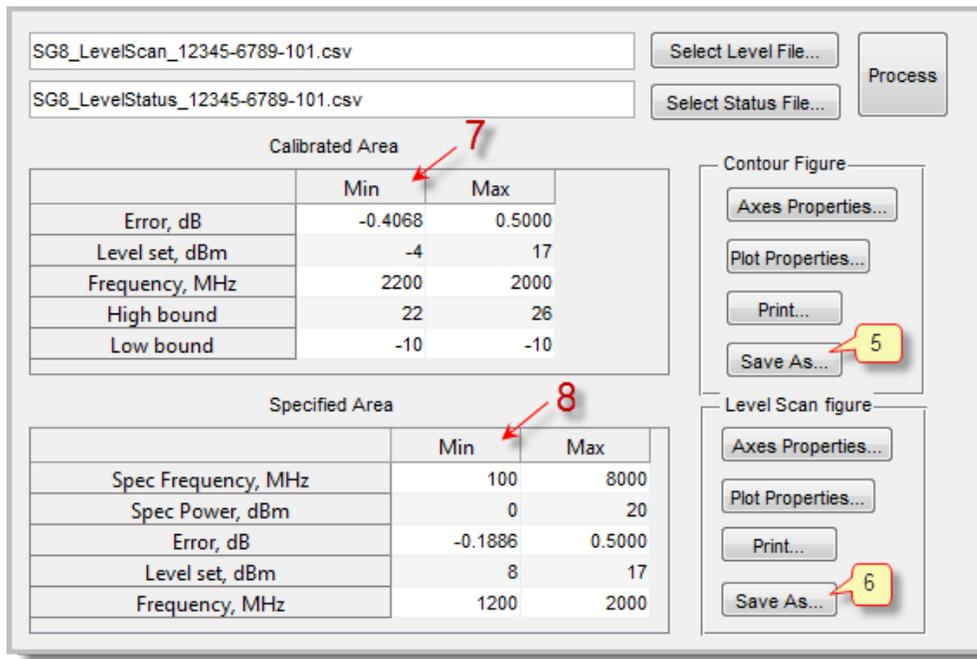


Рис. 17: Приложение SG8\_TP\_LevelScan – считывание минимальных/максимальных значений и сохранение файлов с графиками

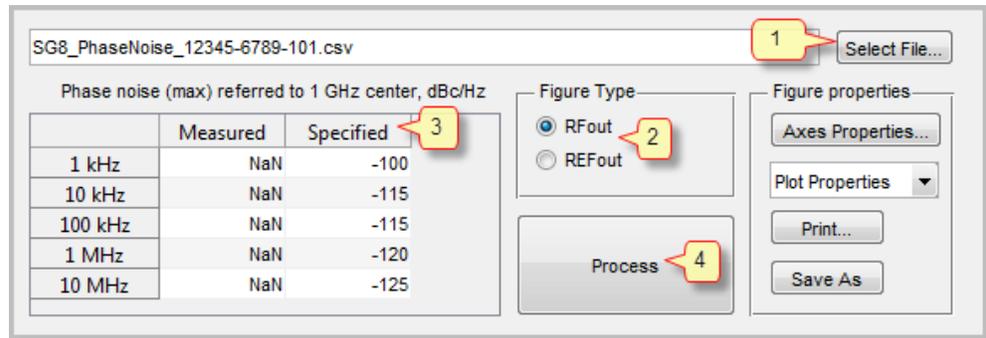


Рис. 18: Приложение SG8\_TP\_PhaseNoise – выбор файла и задание маски фазового шума

bound) соответствуют кривым, представляющим верхнюю и нижнюю границу области калибровки. Эти кривые также представлены на графике сканирования уровня в виде толстых красных пунктирных линий.

7. Таблица, см. поз. 8, содержит минимальное и максимальное значение ошибки уровня в области, заданной пользователем с помощью полей Spec Frequency и Spec Power min/max. По-умолчанию задана прямоугольная область от 0 до +20 дБм, от 12.5 до 8000 МГц. Если заданная область находится вне зоны сканирования, она автоматически обрезается, чтобы удовлетворить данному условию.

### 8.3 Приложение SG8\_TP\_PhaseNoise

Эта программа берет файлы сканирования фазового шума сигнала с выхода RF Out или REF Out и рассчитывает нормированный фазовый шум, приведенный к 1 ГГц, затем она находит максимумы при заданных отстройках и сохраняет график, таким образом можно сравнить измеренные данные с заданной маской. Следуйте инструкции:

1. Выберите файл с измеренными значениями фазового шума:  
 SG8\_RFout\_PhN\_<Serial\_No>.csv – для RF Out и  
 SG8\_REFout\_PhN\_<Serial\_No>.csv – для REF Out (поз. 1, рис. 18).
2. Выберите опцию, соответствующую заданному файлу (поз. 2).
3. Если необходимо, измените значения маски, заданные по-умолчанию (поз. 3).
4. Нажмите кнопку “Process” (поз. 4).
5. Сохраните график (поз. 5, рис. 19).

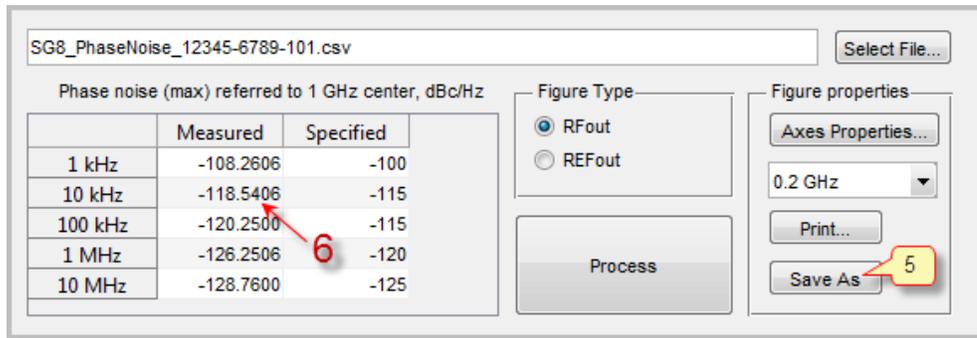


Рис. 19: Приложение **SG8\_TP\_PhaseNoise** – считывание максимальных значений фазового шума и сохранение графика

6. Таблица (поз. 6) содержит максимальные значения нормированного фазового шума по всем центральным частотам при заданной отстройке.