

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ

ФГУ «Нижегородский ЦСМ»

И. И. Решетник

2011 г.



Генератор сигналов E8663D
Методика поверки

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Операции и средства поверки.....	3
2 Требования к квалификации поверителей.....	4
3 Требования безопасности.....	4
4 Условия поверки.....	5
5 Подготовка к поверке.....	5
6 Проведение поверки.....	5
7 Оформление результатов поверки.....	10

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки генератора сигналов E8663D (далее - генератора), выпускаемого фирмой Agilent Technologies (Малазия), находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

Интервал между поверками – один год.

1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

№	Наименование операции	Пункт методики	Проверочные операции при		Примечание
			первичн. поверке	периодич. поверке	
1	Внешний осмотр	п. 7.1	Да	Да	
2	Опробование	п. 7.2	Да	Да	
3	Подтверждение соответствия программного обеспечения	п. 7.10	Да	Да	
4	Определение погрешности установки частоты.	п. 7.3	Да	Да	
5	Определение максимального уровня выходной мощности	п. 7.4	Да	Нет	
6	Определение погрешности установки уровня мощности	п. 7.5	Да	Да	
7	Определение относительного уровня гармонических составляющих в модулированном выходном сигнале	п.7.6	Да	Нет	
8	Определение погрешности установки девиации частоты	п.7.7	Да	Да	для опции UNT
9	Определение погрешности установки уровня сигнала при импульсной модуляции (относительно несущей)	п.7.8	Да	Да	для опции UNW
10	Определение уровня фазовых шумов	п.7.9	Да	Да	

1.2 Поверка генераторов должна производиться с помощью основных и вспомогательных средств поверки, перечисленных в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наименование и тип средства поверки	Основные технические характеристики средств измерений	Номер пункта методики
Частотомер электронно-счетный 53132A	Диапазон частот от 0 до 12,4 ГГц, Погрешность $\pm 5 \cdot 10^{-6}$	7.3
Стандарт частоты рубидиевый FS725	Частота 10 МГц Погрешность $\pm 5 \cdot 10^{-10}$	7.3
Измеритель мощности E4419B с первичным измерительным преобразователем E9304A	Диапазон частот от 9 кГц до 6 ГГц, уровень входной мощности от -60 до +20 дБм: от -60 до -10 дБм, погрешность $\pm 6,0\%$; от -10 до 0 дБм, погрешность $\pm 5,0\%$; от 0 до 20 дБм, погрешность $\pm 4,0\%$	7.4, 7.5

Продолжение таблицы 1.2

Наименование и тип средства поверки	Основные технические характеристики средств измерений	Номер пункта методики
Ваттметр N1914А с преобразователем N8485А	Диапазон частот от 10 ГГц до 26,5 ГГц, уровень входной мощности от от - 30 до +20 дБм, погрешность $\pm 5,0 \%$	7.4, 7.5
Установка для измерения ослабления и фазового сдвига ДК1-16	Диапазон частот от 10^{-4} до 17,85 ГГц, диапазон измерений ослабления от 0 до 140 дБ в диапазоне частот до 8,2 ГГц, от 0 до 120 дБ в диапазоне частот до 17,85 ГГц, погрешность измерения ослабления \pm (от 0,01 до 0,16) дБ	7.5
Анализатор спектра E4448А	Диапазон частот от 3 Гц до 40 ГГц, динамический диапазон от - 155 до + 30 дБм, погрешность измерения уровня ± 4 дБ, уровень гармонических искажений не более 82 дБ	7.6, 7.7
Анализатор источников сигналов E5052В с СВЧ преобразователем частоты E5053А	Диапазон частот от 10 до 26500 МГц, диапазон отстройки от несущей от 1 Гц до 40 МГц, погрешность измерения фазового шума $\pm (2 - 4)$ дБ	7.9
Генератор сигналов произвольной формы 33250А	Диапазон частот от 1мкГц до 80 МГц; погрешность $\pm 1 \times 10^{-6}$. Напряжение от 10 мВ до 10В.	7.5, 7.8
Осциллограф специальный С9-9	Полоса пропускания 18 ГГц, диапазон напряжений от 10 мВ до 1 В, погрешность измерения временных интервалов $\pm (0,2 + (0,5Dp/Dx))$, при Dx от 5 нс до 100 мкс, где Dx- длительность измеряемого импульса, Dp-длительность развертки	7.8

2.2 Допускается использование других средств измерений, имеющих метрологические характеристики не хуже характеристик средств измерений, приведенных в таблице 2.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений поверены и иметь свидетельства о поверке.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, изучившие эксплуатационную, нормативную – техническую документацию.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений и вспомогательное оборудование.

5. УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования к условиям окружающей среды:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха от 50 до 80 %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт. ст.;
- напряжение питающей сети (230 ± 5) В;
- частота питающей сети ($50 \pm 0,5$) Гц.

6. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы

- проверить наличие технической документации и укомплектованность прибора в соответствии с требованиями технической документации;
- разместить прибор на рабочем месте, обеспечив при этом удобство работы и исключив попадания на прибор прямых солнечных лучей;
- подключить поверяемый прибор и средства поверки к сети и прогреть их в течение времени установления рабочего режима, предусмотренного для них в документации.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Визуальным осмотром проверяются соответствие генератора технической документации в части комплектности, фиксации регулировочных элементов, маркировки. Также проверяют отсутствие видимых повреждений, целостность соединительных кабелей, разъемов.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование проводят после ознакомления с руководством по эксплуатации.

7.2.2 При опробовании производят подготовку генератора к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверяют возможность подключения к электросети, включения генератора. Включают генератор нажатием клавиши включение/выключение (On/Off) питания.

Проверяют работоспособность генератора при выполнении измерительных функций, указанных в руководстве по эксплуатации. Проверяют возможность установки частоты, уровня мощности, свипирования по частоте, параметров частотной, фазовой и импульсной модуляции по показаниям на экране генератора. Опробование производят при всех режимах работы, указанных в технической документации и меню генератора, запуск самотестирования (Selftest). В случае обнаружения ошибок в ходе самотестирования, прибор бракуется.

7.3 Определение погрешности установки частоты

Определение погрешности установки частоты выполняют методом прямых измерений при помощи частотомера 53132А, синхронизированного опорным сигналом 10 МГц стандарта частоты FS 725.

Определение погрешности установки частоты проводят путем сличения установленного значения частоты f_r с показаниями частотомера $f_{эт}$, подключенного к выходу генератора. Измерения выполняют на крайних частотах 100 кГц, 9,0 ГГц и трех произвольно выбранных частотах внутри рабочего диапазона 0,5; 2,0; 3,2 ГГц. Определяют погрешность Δf по формуле:

$$\Delta f = (f_r - f_{эт})/f_{эт}$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешности установки частоты на каждой из заданных частот находятся в пределах $\pm 8 \cdot 10^{-8}$.

7.4 Определение максимального уровня выходной мощности.

Определение максимального уровня выходной мощности проводят с помощью измерителя мощности E4419B с первичным измерительным преобразователем E9304A и ваттметра N1914A с преобразователем N8485A с использованием калиброванного аттенюатора номиналом 10 дБ из состава установки ДК1-16 на частотах:

- режим низких фазовых шумов включен (опция UNY):
 - 1ЕН фильтр включен: 10,00; 100,00; 250,00 МГц;
 - 1ЕН фильтр выключен: 1,00; 10,00; 100,00; 250,00 МГц;
- режим низких фазовых шумов выключен (опция UNY):
 - 1ЕН фильтр включен: 10,00; 100,00; 1000,00; 2000,00 МГц;
 - 1ЕН фильтр выключен: 0,25; 10,00; 100,00; 2500,00; 3200,00; 9000,00 МГц.

На генераторе устанавливают максимальную мощность $P_{г_макс}$. Измеряют мощность на выходе генератора с помощью ваттметра.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальный уровень выходной мощности в диапазоне частот не менее указанных в таблицах 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1 - без опции UNY

Диапазон частот	Установленные опции			
	Стандартное исполнение	1EU	1E1	1E1+1EU
от 10 до 250 МГц (1ЕН фильтр включен)	+12	+12	+12	+12
> 0,25 до 2 ГГц (1ЕН фильтр включен)	+14	+14	+14	+14
от 100 кГц до 250 кГц	+10	+10	+10	+10
> 250 кГц до 10 МГц	+12	+12	+12	+12
> 10 до <60 МГц	+14	+14	+14	+14
от 60 МГц до 250 МГц	+15	+19	+15	+19
> 250 МГц до 400 МГц	+15	+20	+15	+20
> 0,4 до 3,2 ГГц	+15	+21	+15	+21
> 3,2 до 9 ГГц	+15	+22	+14	+21

Таблица 7.2 - с опцией UNY

Диапазон частот	Установленные опции			
	Стандартное исполнение	1EU	1E1	1E1+1EU
Режим низких фазовых шумов включен				
от 10 до 250 МГц (1ЕН фильтр включен)	+11	+11	+11	+11
от 1 до 250 МГц (1ЕН фильтр выключен)	+15	+16	+15	+16
Режим низких фазовых шумов выключен				
от 10 до 250 МГц (1ЕН фильтр включен)	+15	+15	+15	+15
> 0,25 до 2 ГГц (1ЕН фильтр включен)	+15	+16	+15	+16
от 100 кГц до 250 кГц	+10	+10	+10	+10
> 250 кГц до 10 МГц	+14	+14	+14	+14
> 10 до <60 МГц	+15	+16	+15	+16
> 60 МГц до 400 МГц	+15	+20	+15	+20
> 0,4 до 3,2 ГГц	+15	+21	+15	+21
> 3,2 до 9 ГГц	+15	+22	+14	+21

7.5 Определение погрешности установки уровня выходной мощности.

Определение погрешности установки уровня выходной мощности проводят с помощью измерителя мощности E4419B с первичным измерительным преобразователем E9304A или ваттметра N1914A с преобразователем N8485A. При уровне выходной мощности более плюс 10 дБм используют калиброванный аттенюатор номиналом 10 дБ из состава установки ДК1-16. При уровне выходной мощности меньше минус 30 дБм используют установку ДК1-16. Испытываемый генератор и установку синхронизируют по опорному каналу частотой 10 МГц с генератором сигналов 33250А. Измерения проводят на частотах:

- 1) - режим низких фазовых шумов выключен
- 1ЕН фильтр выключен
 - при уровнях мощности плюс 5,00 дБм и от минус 10,00 до минус 90,00 дБм (с шагом 10 дБм) на частотах 195,10; 505,10; 1050,00; 2050,00; 3150,10; 8950,10 МГц;
 - при уровне мощности 0,00 дБм на частотах 0,30; 0,90; 195,10; 505,10; 1050,10; 2050,00; 3150,10; 3250,10; 5000,10; 8950,10 МГц;
 - при уровне мощности 20 дБм на частотах 195,10; 250,10 МГц;
 - при уровне мощности 21 дБм на частотах 505,10; 1050,10; 2050,00; 3150,10; 3250,10; 8950,10 МГц.

- 2) - режим низких фазовых шумов включен (опция UNY)
- 1ЕН фильтр включен
 - при уровнях мощности плюс 11,00 дБм и от плюс 0,00 до минус 90,00 дБм (с шагом 10 дБм) на частоте 195,10 МГц.

Измеряют мощность на выходе генератора. Вычисляют погрешность установки уровня мощности δP по формуле:

$$\delta P = P_r - P_{\text{изм}}, \text{ дБ},$$

где P_r – значение уровня мощности выходного сигнала, установленное на генераторе, дБм;
 $P_{\text{изм}}$ – измеренное значение выходной мощности, дБм.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность установки уровня мощности находятся в пределах значений, указанных в таблице 7.3 и 7.4.

Таблица 7.3 - без опции 1Е1

Частота	Установленный уровень выходной мощности, дБм					
	>20	от 20 до 16	от 16 до 10	от 10 до 0	от 0 до -10	от -10 до -20
От 250 кГц до 2 ГГц ¹	± 0,8	± 0,8	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 1,2
> 2 ГГц до 9 ГГц	± 1,0	± 0,8	± 0,8	± 0,8	± 0,8	± 1,2

Таблица 1.6 - с опцией 1Е1

Частота	Установленный уровень выходной мощности, дБм						
	>20	от 20 до 16	от 16 до 10	от 10 до 0	от 0 до -10	от -10 до -70	от -70 до -90
От 250 кГц до 2 ГГц ¹	± 0,8	± 0,8	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,7	± 0,8
> 2 ГГц до 9 ГГц	± 1,0	± 0,8	± 0,8	± 0,8	± 0,8	± 0,9	± 1,0

7.6 Определение уровня гармонических составляющих в немодулированном выходном сигнале.

Определение относительного уровня гармонических составляющих немодулированного сигнала проводят с помощью анализатора спектра E4448А.

Провести подготовку анализатора спектра к измерениям в соответствии с РЭ.

На генераторе устанавливают частоты (f_0) 1,001; 100,001; 500,001; 1000,001; 2000,000;; 2500,000; 4500,000 МГц (1ЕН фильтр выключен) и 10,001; 100,001; 500,001; 1000,001; 2000,000 МГц (1ЕН фильтр включен). Уровень мощности выходного сигнала устанавливают минус 10 дБм.

Гармонические составляющие основного сигнала определяют на частотах $2 \cdot f_0$, $3 \cdot f_0$.

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если уровень гармонических составляющих относительно немодулированного выходного сигнала не более, указанного в таблице 7.5.

Таблица 7.5

Диапазон частот	Уровень гармонических составляющих, дБ
от 1 до < 10 МГц	-25
от 10 до < 60 МГц	-28
от 10 до < 60 МГц с опцией 1E1, фильтр включен	-45
от 0,06 до < 2 ГГц	-30
от 0,06 до 2 ГГц с опцией 1E1, фильтр включен	-55
> 2 до 9 ГГц	-55

7.7 Определение погрешности установки девиации частоты (опция UNT).

Измерения девиации частоты проводят с помощью анализатора спектра E4448A.

Определение погрешности установки девиации частоты выполняют на несущих частотах 62,50; 250,00 (только для опций UNX и UNY в режиме пониженного фазового шума); 500,10; 750,00; 1000,00 МГц при уровне выходной мощности 0,00 дБм, частоте внутреннего модулирующего генератора 1 кГц, установленной девиации частоты 100 кГц.

Маркером «М» отсчитывают ширину спектра от несущей до крайних значений боковых частот ЧМ сигнала. Фиксируют показания маркера «М» на анализаторе (пиковые значения $w_в$ и $w_н$). За измеренную величину девиации $w_{изм}$ принимают половину ширины спектра наблюдаемого ЧМ сигнала.

Вычисляют относительную погрешность установки девиации частоты (Δw) в соответствии с формулой:

$$\Delta w = \left(\frac{w_{изм} - w_{уст.}}{w_{уст.}} \right) \times 100\%,$$

где $w_{уст.}$ - установленное значение девиации, кГц;

$w_{изм}$ - измеренное значение девиации, кГц.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность установки девиации частоты находится в пределах $\pm 3,52\%$.

7.8 Определение погрешности установки уровня сигнала при импульсной модуляции (относительно несущей).

Определение параметров импульсного сигнала проводят с помощью осциллографа специального С9-9. Ко входу генератора подключают генератор сигналов произвольной формы 33250А. На поверяемом генераторе устанавливают режим ИМ сигнала от внешнего источника модуляции.

Для определения погрешности установки уровня сигнала при импульсной модуляции на генераторе устанавливают для частот менее 3200 МГц длительность импульса внутреннего источника модуляции 2 мкс, для частот более 3200 МГц длительность импульса 1 мкс, период следования импульсов 5 мкс, импульсная модуляция выключена. АРМ включена.

Проводят измерения значение уровня с выключенной модуляцией $V_{выкл}$ на частотах 50,00001; 2600,00001; 8999,99999 (уровень выходного сигнала 5,00 дБм). Повторяют измерения при уровне выходного сигнала 0,00 дБм.

Далее включают импульсную модуляцию. Измеряют значения уровня с включенной модуляцией $V_{вкл}$.

Погрешность установки уровня $\delta P_{имп}$ вычисляется по формуле:

$$\delta P_{имп} = 20 \lg(V_{вкл}/V_{выкл}).$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность установки уровня сигнала при импульсной модуляции (относительно несущей) находится в пределах $\pm 0,5$ дБ.

7.9 Определение уровня фазовых шумов.

Измерение фазового шума генератора проводят с помощью анализатора источников сигналов E5052B с СВЧ преобразователем частоты E5053A. Анализатор с преобразователем подготавливают к работе согласно РЭ. Подключают выход генератора ко входу анализатора источников сигналов. На генераторе устанавливают уровень мощности, максимально возможный на данной частоте несущей.

На анализаторе нажимают autosetting, выбирают необходимый диапазон измерений и устанавливают окно измерения отстроек от несущей в диапазоне от 1 до 100000 Гц, количество усреднений 16. При измерениях на частоте выше 7 ГГц подключают преобразователь частоты согласно РЭ.

Измерения проводят на частотах:

- режим низких фазовых шумов выключен: 100,0; 255,1; 600,0; 1800; 3199,0; 9000,0 МГц;
- режим низких фазовых шумов включен: 10; 100; 250 МГц.

Отстройка от несущей 1 Гц, 10 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц.

Для уменьшения погрешности измерений используют функцию анализатора сигналов – кросскорреляцию, тем самым уменьшая уровень фазовых шумов.

Значение корреляции для частот:

- < 600 МГц 1;
- 600 МГц 5;
- 1800 МГц 20;
- 3199 МГц 25;
- 9000 МГц 500.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если уровень фазовых шумов, дБ/Гц, не превышает значений, приведённых в таблицах 7.6, 7.7, 7.8.

Таблица 7.6 - стандартное исполнение

Частота	Уровень фазовых шумов при отстройке от несущей на 20 кГц
от 250 кГц до 250 МГц	-130
> 250 МГц до 500 МГц	-134
> 500 МГц до 1 ГГц	-130
> 1 ГГц до 2 ГГц	-124
> 2 ГГц до 3,2 ГГц	-120
> 3,2 ГГц до 9 ГГц	-110

Таблица 7.7 - с опцией UNX

Частота	Уровень фазовых шумов при отстройке от несущей на					
	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц
от 250 кГц до 250 МГц	-58	-87	-104	-121	-128	-130
> 250 МГц до 500 МГц	-61	-88	-108	-125	-132	-136
> 500 МГц до 1 ГГц	-57	-84	-101	-121	-130	-130
> 1 ГГц до 2 ГГц	-51	-79	-96	-115	-124	-124
> 2 ГГц до 3,2 ГГц	-46	-74	-92	-111	-120	-120
> 3,2 ГГц до 9 ГГц	-37	-65	-81	-101	-110	-110
Режим низких фазовых шумов включен						
10 МГц	-90	-125	-130	-143	-155	-155
100 МГц	-70	-97	-119	-130	-140	-140

Таблица 7.8 - с опцией UNY

Частота	Уровень фазовых шумов при отстройке от несущей на					
	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц
от 250 кГц до 250 МГц	-64	-92	-115	-123	-138	-141
> 250 МГц до 500 МГц	-67	-93	-111	-125	-138	-142
> 500 МГц до 1 ГГц	-62	-91	-105	-121	-138	-138
> 1 ГГц до 2 ГГц	-57	-86	-100	-115	-133	-133
> 2 ГГц до 3,2 ГГц	-52	-81	-96	-111	-128	-128
> 3,2 ГГц до 9 ГГц	-43	-72	-85	-101	-120	-120
Режим низких фазовых шумов включен						
10 МГц	-96	-126	-140	-155	-155	-155
100 МГц	-80	-105	-120	-138	-150	-150
250 МГц	-68	-100	-114	-133	-144	-144

7.10 Подтверждение соответствия программного обеспечения.

Подтверждение соответствия программного обеспечения прибора осуществляют методом контроля его идентификационного наименования, версии, и контрольной суммы метрологически значимой части ПО.

Для идентификации наименования ПО и его версии необходимо выполнить следующую последовательность операций: включить генератор, дать время для загрузки рабочей программы, далее нажать клавишу Utility, затем выбрать из меню, отображаемую на экране Instrument Info или Diagnostic Info. На экране генератора отобразится требуемая информация.

Для проверки контрольной суммы метрологически значимой части программного обеспечения необходимо скачать ПО для данной модели генератора с сайта фирмы Agilent. При помощи программы, позволяющей узнать контрольную сумму файла, по алгоритму MD5, например программы HashTab, произвести расчет контрольной суммы.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если в результате проверки установлено, что ПО имеет идентификационные характеристики, приведенные в таблице 7.9.

Таблица 7.9

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
ПО для генераторов сигналов серии PSG E8663D	E8257D/E8257N/ E8267D/E8663D PSG Signal Generator Firmware	Версия C.06.10	5F8ABFAF3D3DD105 AB42E2C525223EF8	MD5

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

8.1 Результаты поверки оформляют в соответствии с ПР50.2.006-94.

8.2 В случае соответствия метрологических характеристик генератора установленным требованиям оформляют свидетельство о поверке.

8.2 В случае несоответствия метрологических характеристик генератора установленным требованиям оформляют извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.