

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Генераторы сигналов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG

Назначение средства измерений

Генераторы сигналов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG (далее - генераторы) предназначены для формирования стабильных по частоте и мощности сигналов в диапазоне частот от 250 кГц до 6 ГГц, а также сигналов с частотной (ЧМ), фазовой (ФМ), импульсной (ИМ) модуляциями.

Описание средства измерений

Принцип действия генераторов основан на использовании метода косвенного синтеза, заключающегося в применении фазовой автоподстройки частоты по опорному высокостабильному маломощному сигналу встроенного кварцевого генератора частотой 10 МГц.

Конструктивно генераторы выполнены в виде моноблоков, управление изменением выходных характеристик обеспечивается с помощью наборных клавиш и валкодера, расположенных на лицевой панели. Сигнал с установленными характеристиками снимается с основного выхода 50 Ом. На жидкокристаллический экран выводится информация о текущих функциях. Эта информация может содержать индикаторы состояния, установки частоты и амплитуды, а также сообщения об ошибках. Названия программируемых клавиш располагаются вдоль правой границы экрана

Предусмотрены входные разъемы для обеспечения внешних модулирующих сигналов ЧМ, ФМ, ИМ.

Функциональные возможности генераторов определяются составом опций, входящих в комплект генераторов. Состав опций, их функциональные возможности и наличие в составе генераторов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Опция	Функциональное назначение	Возможность комплектации генератора	
		Agilent E4428C ESG	Agilent E4438C ESG
501	диапазон частот от 250 кГц до 1 ГГц	нет	да
502	диапазон частот от 250 кГц до 1 ГГц	нет	да
503	диапазон частот от 250 кГц до 3 ГГц	да	да
504	диапазон частот от 250 кГц до 4 ГГц	нет	да
506	диапазон частот от 250 кГц до 6 ГГц	да	да
UNB	диапазон уровня выходного сигнала от минус 127 до 17 дБм	да	да
UNJ включает опцию 1E5	уменьшенный фазовый шум	нет	да
1E5	высокостабильная опора	нет	да

Внешний вид генераторов приведен на рисунках 1, 2. При оформлении внешнего вида частотомеров могут использоваться логотипы компаний «Agilent Technologies» или «Keysight Technologies».

Место нанесения наклейки «Знак утверждения типа» и схема пломбировки генераторов от несанкционированного доступа приведена на рисунках 1, 2.

Место нанесения знака об утверждении типа



Рисунок 1 - Внешний вид лицевой панели генераторов



Места пломбировки от несанкционированного доступа

Рисунок 2 – Внешний вид задней панели генераторов

Программное обеспечение

Генераторы имеют встроенное программное обеспечение (ПО). Метрологически значимая часть ПО генераторов представляет собой программный продукт «ПО для генераторов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG». Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в таблице 1.

Таблица 1

Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО (идентификационный номер)	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления идентификатора ПО
E4428C/ E4438C ESG Vector Signal Generator Firmware	Не ниже C.05.83	-	-

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «А» по МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики генераторов приведены в таблицах 2, 3, 4.

Таблица 2 - Метрологические и технические характеристики генераторов сигналов Agilent E4428C ESG

Наименование характеристики	Значение характеристики			
	Опция 503		Опция 506	
Диапазон рабочих частот, МГц	от 0,250 до 3000		от 0,250 до 6000	
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты опорного генератора	$\pm 0,1 \cdot 10^{-6}$			
Дискретность установки частоты, Гц	0,01			
Уровень выходного сигнала опорного генератора на нагрузке 50 Ом и частоте 10 МГц, дБм	4			
Диапазон установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБм:	Опция 503	Опция 503 и опция UNB	Опция UNB	Опция 506
от 250 кГц до 250 МГц	от 11 до минус 127	от 15 до минус 127	-	от 12 до минус 127
от 250 МГц до 1 ГГц	от 13 до минус 127	от 17 до минус 127	-	от 14 до минус 127
от 1 до 3 ГГц	от 10 до минус 127	от 16 до минус 127	-	от 13 до минус 127
от 3 до 6 ГГц	-	-	-	от 10 до минус 127
Пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала (нормируется при температуре 23 ± 5 °С) при уровне выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:				
от 7 до минус 50 дБм: от 250 кГц до 2 ГГц	$\pm 0,5$	-	-	$\pm 0,6$

Наименование характеристики	Значение характеристики			
от 2 ГГц до 3 ГГц	± 0,6	-	-	± 0,6
от 3 ГГц до 4 ГГц	-	-	-	± 0,8
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	-	± 0,8
от 10 до минус 50 дБм				
от 250 кГц до 2 ГГц	-	-	± 0,5	-
от 2 ГГц до 3 ГГц	-	-	± 0,6	-
от минус 50 до минус 110 дБм				
от 250 кГц до 2 ГГц	± 0,5	-	± 0,7	± 0,8
от 2 ГГц до 3 ГГц	± 0,6	-	± 0,8	± 0,8
от 3 ГГц до 4 ГГц	-	-	-	± 0,9
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	-	± 0,9
от минус 110 до минус 127 дБм				
от 250 кГц до 2 ГГц	± 0,7	-	± 0,8	± 0,8
от 2 ГГц до 3 ГГц	± 0,8	-	± 1,0	± 1,0
от 3 ГГц до 4 ГГц	-	-	-	± 1,5
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	-	-
Пределы допускаемой дополнительной погрешности установки уровня выходного сигнала при изменении температуры на 1 °С при уровне выходного сигнала, дБ:				
от минус 127 до 7 дБм	± 0,03	-	-	± 0,02
от минус 127 до 10 дБм	-	-	± 0,03	-
Предел допускаемой дополнительной погрешности установки уровня выходного сигнала при уровне выходного сигнала, дБ:				
от 7 до 10 дБм	0,3	-	-	-
более 7 дБм	-	-	-	0,2
более 10 дБм	0,8	-	-	-
от 10 до 13 дБм	-	-	0,2	-
более 13 дБм	-	-	0,8	-
Уровень фазовых шумов при частоте, дБс/Гц, не более: 500 МГц 1 ГГц 2 ГГц 3 ГГц 4 ГГц 6 ГГц				
			минус 135 минус 130 минус 124 минус 121 минус 118 минус 113	

Уровень гармонических составляющих относительно уровня основного сигнала при уровне выходного сигнала, не более, и частоте более 1 ГГц, дБн, не более: 4 дБм 4,5 дБм 7,5	Опция 503	Опция UNB	Опция 506
	30 - -	- - 30	30 -
Уровень негармонических составляющих относительно уровня основного сигнала для непрерывного режима при уровне выходного сигнала, не более 7 дБм (для опции 506 – 4дБм), в диапазоне частот, дБн, не более: от 250 кГц до 250 МГц от 250 МГц до 500 МГц от 500 МГц до 1 ГГц от 1 ГГц до 2 ГГц от 2 ГГц до 4 ГГц от 4 ГГц до 6 ГГц	Отстройка несущей частоты, Δf		
	3 кГц ≤ Δf < 10 кГц		Δf ≥ 10 кГц
	минус 65 минус 80 минус 80 минус 74 минус 68 минус 62	- минус 80 минус 80 минус 74 минус 68 минус 62	
Частотная модуляция (ЧМ) (характеристики нормируются для рабочей частоты не более 3 ГГц)			
Максимальное значение девиации, МГц	N·1, где N равно: 0,5 - от 250 МГц до 500 МГц; 1 - от 250 кГц до 250 МГц, от 500 МГц до 1 ГГц; 2 - от 1 до 2 ГГц; 4 - от 2 до 4 ГГц; 8 - от 4 до 6 ГГц		
Разрешающая способность, Гц, не менее	0,001 Д _ч , если 0,001·Д _ч ≥ 1 Гц или 1 Гц, если 0,001·Д _ч < 1 Гц		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации (модулирующая 1 кГц, девиация не более N·100 кГц), Гц	± (0,035·Д _ч + 20), где Д _ч - установленное значение ЧМ девиации, Гц		
Значения искажения (модулирующая 1 кГц, девиация равна N·100 кГц), %, не более	1		
Фазовая модуляция (ФМ) (характеристики нормируются для рабочей частоты не более 3 ГГц)			
Разрешающая способность, рад, не менее	0,001·Д _ф , где Д _ф - установленное значение ФМ девиации, рад		
Диапазон модулирующей частоты, кГц	от 0 до 100		

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации (модулирующая 1 кГц, полоса пропускания - нормальная), рад	$\pm (0,05 \cdot D_{\phi} + 0,01)$
Значения искажения (модулирующая 1 кГц, девиация не более $N \cdot 10$ рад, полоса пропускания - нормальная), %, не более	1
Импульсная модуляция (ИМ)	
Подавление в паузе (рабочая частота не более 4 ГГц), дБ, не менее	80
Диапазон модулирующей частоты (прямоугольный импульс), Гц	от 0,1 до 20000
Период повторения импульсов	от 8 мкс до 30 с
Ширина импульсов	от 4 мкс до 30 с
Разрешающая способность, мкс, не менее	2

Таблица 3 - Метрологические и технические характеристики генераторов сигналов Agilent E4438C ESG

Наименование характеристики	Значение характеристики				
	Опция 501	Опция 502	Опция 503	Опция 504	Опция 506*
Диапазон рабочих частот, МГц * - при наличии опции UNB	от 0,250 до 1000	от 0,250 до 2000	от 0,250 до 3000	от 0,250 до 4000	от 0,250 до 6000
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты опорного генератора: для опций 501 - 506 для опций UNJ, 1E5	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ (стандарт) $\pm 0,1 \cdot 10^{-6}$				
Дискретность установки частоты, Гц	0,01				
Уровень выходного сигнала опорного генератора на нагрузке 50 Ом и частоте 10 МГц, дБм	4				
Диапазон установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБм:	Опция 501-504	Опция UNB		Опция 506	

Наименование характеристики	Значение характеристики		
от 250 кГц до 250 МГц	от 11 до минус 127	от 15 до минус 127	от 12 до минус 127
от 250 МГц до 1 ГГц	от 13 до минус 127	от 17 до минус 127	от 14 до минус 127
от 1 до 3 ГГц	от 10 до минус 127	от 16 до минус 127	от 13 до минус 127
от 3 до 4 ГГц	от 7 до минус 127	от 13 до минус 127	от 10 до минус 127
от 4 до 6 ГГц	-	-	от 10 до минус 127
<p>Пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала (нормируется при температуре 23 ± 5 °С) при уровне выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:</p>			
от 17 до минус 50 дБм:			
от 250 кГц до 2 ГГц	$\pm 0,5$	-	$\pm 0,6$
от 2 ГГц до 3 ГГц	$\pm 0,6$	-	$\pm 0,6$
от 3 ГГц до 4 ГГц	$\pm 0,7$	-	$\pm 0,8$
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	$\pm 0,8$
от 10 до минус 50 дБм			
от 250 кГц до 2 ГГц	-	$\pm 0,5$	-
от 2 ГГц до 3 ГГц	-	$\pm 0,6$	-
от 3 до 4 ГГц	-	$\pm 0,8$	-
от минус 50 до минус 110 дБм			
от 250 кГц до 2 ГГц	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$
от 2 ГГц до 3 ГГц	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$
от 3 ГГц до 4 ГГц	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	$\pm 0,9$
от минус 110 до минус 127 дБм			
от 250 кГц до 2 ГГц	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$
от 2 ГГц до 3 ГГц	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
от 3 ГГц до 4 ГГц	$\pm 0,9$	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$
от 4 ГГц до 6 ГГц	-	-	-
<p>Пределы допускаемой дополнительной погрешности установки уровня выходного сигнала при изменении температуры на 1 °С при уровне выходного сигнала, дБ:</p>			
от минус 127 до 7 дБм	$\pm 0,03$	-	$\pm 0,02$
от минус 127 до 10 дБм	-	$\pm 0,03$	-

Наименование характеристики	Значение характеристики		
Предел допускаемой дополнительной погрешности установки уровня выходного сигнала при уровне выходного сигнала, дБ: от 7 до 10 дБм более 7 дБм более 10 дБм от 10 до 13 дБм более 13 дБм	0,3 - 0,8 - -	- - - 0,2 0,8	- 0,2 - - -
Уровень фазовых шумов при частоте (с опцией UNJ), дБс/Гц, не более: 500 МГц 1 ГГц 2 ГГц 3 ГГц 4 ГГц 6 ГГц	минус 135 минус 130 минус 124 минус 121 минус 118 минус 113		
Уровень гармонических составляющих относительно уровня основного сигнала при уровне выходного сигнала, не более, и частоте более 1 ГГц, дБн, не более: 4 дБм 4,5 дБм 7,5	Опция 501-504 30 - -	Опция UNB - - 30	Опция 506 - 30 -
Уровень негармонических составляющих относительно уровня основного сигнала для непрерывного режима при уровне выходного сигнала, не более 7 дБм (для опции 506 – 4дБм), в диапазоне частот, дБн, не более: от 250 кГц до 250 МГц от 250 МГц до 500 МГц от 500 МГц до 1 ГГц от 1 ГГц до 2 ГГц от 2 ГГц до 4 ГГц от 4 ГГц до 6 ГГц	Стандарт ≥ 3 кГц минус 53 минус 59 минус 53 минус 47 минус 41 -	С опцией UNJ (непрерывный режим) Отстройка несущей частоты ≥ 3 кГц минус 65 минус 80 минус 80 минус 74 минус 68 минус 62	
Частотная модуляция (ЧМ) (характеристики нормируются для рабочей частоты не более 3 ГГц)			
Максимальное значение девиации, МГц	N·8 (стандарт) N·1, (с опцией UNJ)		
Разрешающая способность, Гц, не менее	0,001 Д _ч , если $0,001 \cdot Д_{ч} \geq 1$ Гц или 1 Гц, если $0,001 \cdot Д_{ч} < 1$ Гц		

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации (модулирующая 1 кГц, девиация не более $N \cdot 100$ кГц), Гц	$\pm (0,035 \cdot D_{\text{ч}} + 20)$
Значения искажения (модулирующая 1 кГц, девиация равна $N \cdot 100$ кГц), %, не более	1
Фазовая модуляция (ФМ) (характеристики нормируются для рабочей частоты не более 3 ГГц)	
Разрешающая способность, рад, не менее	$0,001 \cdot D_{\text{ф}}$
Диапазон модулирующей частоты, кГц	от 0 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации (модулирующая 1 кГц, полоса пропускания - нормальная), рад	$\pm (0,05 \cdot D_{\text{ф}} + 0,01)$
Значения искажения (модулирующая частота 1 кГц), %, не более	1
Импульсная модуляция (ИМ)	
Подавление в паузе (рабочая частота не более 4 ГГц), дБ, не менее	80
Диапазон частоты модуляции (прямоугольный импульс), Гц	от 0,1 до 20000
Период повторения импульсов	от 8 мкс до 30 с
Ширина импульсов	от 4 мкс до 30 с
Разрешающая способность, мкс	2

Таблица 4 – Условия эксплуатации и технические характеристики генераторов

Наименование характеристики	Значение характеристики
Нормальные условия эксплуатации: температура окружающей среды, °С относительная влажность воздуха, % атмосферное давление, кПа	23 ± 5 от 30 до 80 от 84 до 106
Рабочие условия эксплуатации: температура окружающей среды, °С относительная влажность воздуха, % атмосферное давление, кПа	от 0 до 40 до 90 от 84 до 106
Габаритные размеры (длина × высота × ширина), мм, не более	432x426x133
Масса, кг, не более	16
Напряжение питающей сети переменного тока частотой от 50 до 60 Гц, В	от 90 до 254
Потребляемая мощность, В·А, не более	300

Знак утверждения типа

наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации и на корпус генератора в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

В комплект поставки входят:

- генератор Agilent E4428C ESG или Agilent E4438C ESG (по заказу) - 1 шт.;
- сетевой кабель питания – 1шт.;
- руководство по эксплуатации – 1шт.;
- методика поверки – 1 шт.;
- паспорт – 1 шт.

Поверка

осуществляется по документу МП 52864-13 «Инструкция. Генераторы сигналов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG. Методика поверки», утвержденному руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ» в марте 2013 г.

Основные средства поверки:

- стандарт частоты рубидиевый FS725, регистрационный номер 31222-06, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $5, 10 \text{ МГц} \pm 5 \cdot 10^{-11}$;
- милливольтметр Ф 5263, регистрационный номер 9003-83, пределы измерений от 1 мВ до 300 В, диапазон частот от 10 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm (0,5-10) \%$;
- вольтметр переменного тока диодный компенсационный ВЗ-49, регистрационный номер 5477-76, диапазон измерений от 10 мВ до 100 В, диапазон частот от 20 Гц до 1000 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm (0,2+0,08/U) \%$;
- измеритель модуляции вычислительный СКЗ-45, регистрационный номер 9331-94, диапазон несущих частот измеряемого сигнала в режиме АМ от $4 \cdot 10^{-4}$ до 500 МГц и ЧМ от $4 \cdot 10^{-4}$ до 1000 МГц, погрешность измерений: в режиме АМ $\Delta = \pm (A_0 \cdot M + \Delta M_{ш})$, где A_0 – относительная погрешность измерения; M – значение измеряемого коэффициента, %; $\Delta M_{ш}$ – «шумовой» остаток, %; в режиме ЧМ: $\Delta = \pm (2A_0 \cdot \Delta f + 2\Delta f_{ш})$, где A_0 – относительная погрешность измерений; Δf – значение измеряемой девиации частоты, кГц; $\Delta f_{ш}$ – «шумовой» остаток, кГц;
- осциллограф вычислительный стробоскопический прецизионный С9-9, регистрационный номер 8872-82, полоса пропускания от 0 до 18 ГГц, диапазон напряжений от 10 мВ до 1 В, погрешность измерения временных интервалов $\pm (0,2+(0,5D_p/D_x))$, при D_x от 5 нс до 100 мкс, $\pm (2+(0,4D_p/D_x)+(0,6/D_x))$ при D_x от 40 пс до 5 нс, где D_p – длительность развертки, D_x – длительность измеряемого импульса;
- анализатор спектра Agilent 4408В, регистрационный номер 23670-08, диапазон измеряемых частот от 100 до $13,2 \cdot 10^9$ Гц, максимальный динамический диапазон 98 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня $\pm 1,0$ дБ;
- анализатор спектра Agilent E4440А, регистрационный номер 26411-04, Диапазон частот от 3 Гц до 26 ГГц, диапазон измерений мощности от минус 140 до 30 дБм, пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 0,2$ дБ; нелинейность шкалы $\pm 0,2$ дБ;
- компаратор частотный Ч7-39, регистрационный номер 10100-85, частота: 1, 5, 10 МГц, нестабильность частоты 10^{-10} за 0,1 с, $2 \cdot 10^{-12}$ за 1 с, $3 \cdot 10^{-13}$ за 10 с;
- ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54, регистрационный номер 7058-79, диапазон частот от 0 до 17,85 ГГц, диапазон измерений мощности от 10^{-4} до 1 Вт; пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 1,5 \%$

- ваттметр поглощаемой мощности M3-51, регистрационный номер 7055-79, диапазон частот от 0,02 до 17,85 ГГц, диапазон измерений мощности от 10^{-6} до 10^{-2} Вт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности \pm (от 4 до 6) %;

- частотомер электронно-счетный ЧЗ-66, регистрационный номер 9273-85, диапазон частот от 10 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-7}$;

- частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64/1, регистрационный номер 9135-83, диапазон измерений частоты синусоидального сигнала от 0,0001 Гц до 1 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора за интервал между поверками $\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$.

Сведения о методиках (методах) измерений

Генераторы сигналов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG. Руководство по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к генераторам сигналов Agilent E4428C ESG, Agilent E4438C ESG

Техническая документация изготовителя.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

При выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

Изготовитель

Компания «Keysight Technologies Microwave Products (M) Sdn.Bhd.», Малайзия
Bayan Lepas Free Industrial Zone
PG 11900 Bayan Lepas
Penang Malaysia

Компания « Keysight Technologies, Inc», США
1400, Fountain Grove Parkway,
Santa Rosa, CA 95403-1744, USA

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

Юридический адрес: 141570, Московская область, Солнечногорский р-н, гор. поселение Менделеево, Главный лабораторный корпус.

Почтовый адрес: 141570, Московская область, Солнечногорский р-н, п/о Менделеево.

Тел./факс (495) 744-81-12, e-mail: office@vniiftri.ru.

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИФТРИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30002-13 от 07.10.2013 г.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п. «___»_____2014 г.