

# Двухчастотные генераторы сигналов для испытаний устройств с высоким динамическим диапазоном по интермодуляционным искажениям

Виктор Безруков (Московская обл.)

В статье описан метод построения, структурная схема и параметры двухчастотных генераторов сигналов для испытаний устройств с динамическим диапазоном по интермодуляционным искажениям более 100 дБ.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие средств связи и локации и обусловленное этим ухудшение помеховой обстановки предъявляют непрерывно растущие требования к динамическому диапазону по интермодуляционным искажениям.



Рис. 1. Внешний вид двухчастотного генератора типа DGS10M13N

У АЦП и предусилителей к ним динамический диапазон превышает 100 дБ.

Современные универсальные генераторы сигналов высокого класса позволяют формировать гармонические сигналы с уровнем паразитных составляющих до  $-90$  дБс (например генераторы серии PSG фирмы Agilent [1]). Лучшие современные анализаторы спектра имеют динамический диапазон по нелинейным искажениям (например, Agilent E4447A с опциями AYZ, 226, 219, 110 [2]) того же уровня или хуже. Поэтому формирование сигналов для измерения нелинейных искажений низкого уровня (менее  $-100$  дБс), а также метод их измерения представляет собой отдельную задачу, способ решения которой описан ниже.

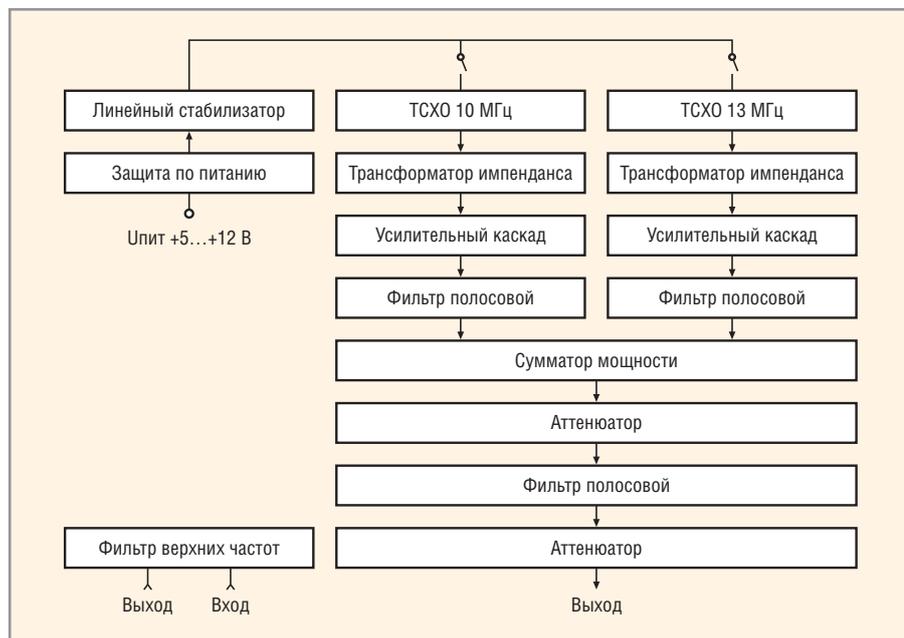


Рис. 2. Структурная схема двухчастотного генератора типа DGS10M13N

## СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ

Генераторы серии DGS выпускаются на фиксированные частоты (для каждой литеры) и охватывают диапазон частот от 10 до 200 МГц. Питание на генератор подаётся через стандартный USB-разъём, поэтому его можно питать либо от компьютера, либо от измерительного прибора с USB-выходом, либо от сетевого адаптера с USB-разъёмом (адаптер с кабелем входит в комплект поставки). Генераторы выпускаются с СВЧ-разъёмами типа N или SMA.

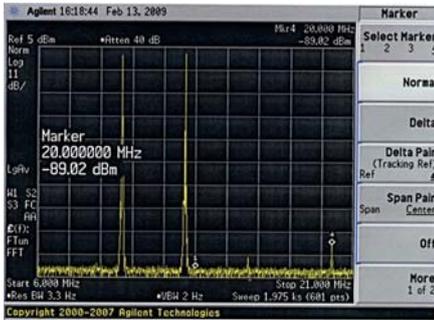
Ниже для примера приведено описание и параметры генератора типа DGS10M13N. Внешний вид генератора показан на рис. 1, а структурная схема – на рис. 2.

В качестве источников сигнала здесь используются микросхемы термостабилизированных кварцевых генераторов (ТСХО) на частоты 10 и 13 МГц, которые имеют стабильность частоты не хуже 2 ppm и фазовые шумы не хуже  $-130$  дБс при отстройке от несущей на 1 кГц.

В корпусе DGS10M13N размещён также фильтр верхних частот (ФВЧ) с отдельными входным и выходным разъёмами.

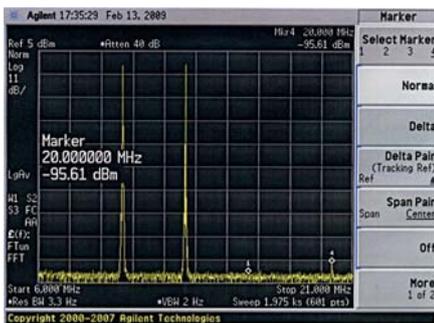
ФВЧ необходим для того, чтобы исключить генерацию гармоник самим анализатором спектра, т.к. на выходе ФВЧ основные сигналы существенно ослаблены, и анализатор спектра при этом не перегружается и не создает собственных гармоник. В DGS10M13N этот фильтр ослабляет сигналы с частотой 10 и 13 МГц на 43 дБ и пропускает все высшие гармоники. Потери ФВЧ в рабочей полосе частот нужно учитывать при измерениях SFDR (Spurious Free Dynamic Range) [3].

Параметры двухчастотного генератора исследовались на анализаторе



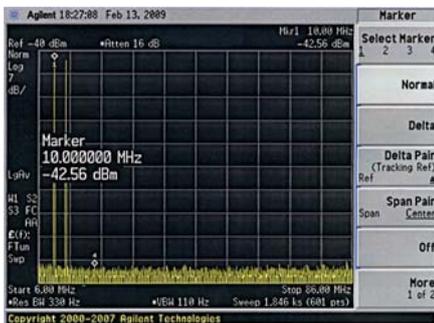
**Рис. 3. Спектр сигналов на выходе двухчастотного генератора типа DGS10M13N**

Справа на частотах 16 и 20 МГц видны паразитные составляющие, которые генерирует сам анализатор спектра Agilent E4447A



**Рис. 4. Спектр сигналов на выходе двухчастотного генератора типа DGS10M13N после подключения к нему внешнего 3 дБ аттенюатора**

Уровни основных сигналов уменьшились на 3 дБ, а паразитные составляющие на частотах 16 и 20 МГц, которые генерирует анализатор спектра Agilent E4447A, уменьшились на 6 дБ



**Рис. 5. Спектр сигналов на выходе двухчастотного генератора типа DGS10M13N после подключения к нему встроенного ФВЧ, который подавляет основные сигналы на 43 дБ и пропускает все гармоники выше 20 МГц**

спектра Agilent E4447A (опции AYZ, 226, 219, 110), который обладает наивысшими по скорости, точности и динамическому диапазону параметрами. Для уменьшения собственных гармоник анализатора спектра ослабление его встроенного аттенюатора было установлено на уровне 40 дБ. Несмотря на это, на спектрограмме (рис. 3) видны гармонические составляющие  $2f_2 - f_1$  (16 МГц) и  $2f_1$  (20 МГц). Для того

чтобы убедиться, что источником этих гармонических составляющих является сам анализатор спектра, к выходу генератора подключался аттенюатор с ослаблением 3 дБ. В результате уровни основных сигналов уменьшились на 3 дБ, а уровни гармонических составляющих (метки 3 и 4) уменьшились на 6 дБ (рис. 4). Это говорит о том, что наблюдаемые интермодуляционные составляющие являются продуктом анализатора спектра, а не нашего генератора.

Для измерения уровня собственных гармонических составляющих сигналы с выхода генератора подавались на встроенный ФВЧ. Методика таких измерений подробно описана в [3] (стр. 401–403). После описанной фильтрации на анализаторе спектра можно наблюдать следующую картину (рис. 5). Подавленные на 43 дБ основные сигналы существенно уменьшают собственные искажения анализатора спектра, и гармонических составляющих DGS не обнаруживается до уровня собственных шумов анализатора спектра. Следовательно, описываемый генератор пригоден для испытаний устройств с динамическим диапазоном по интермодуляционным искажениям более 100 дБ в диапазоне частот 10...13 МГц.

Двухчастотные генераторы серии DGS на частоты до 40 МГц реализуются по описанной выше структурной схеме. В генераторах от 50 до 200 МГц

используются те же микросхемы ТСХО, но их частоты умножаются с помощью каскадов на малошумящих биполярных транзисторах. Например, в генераторе типа DGS78M80N используются микросхемы ТСХО на 39 и 40 МГц, из которых с помощью удвоителей частоты формируются выходные сигналы с частотами 78 и 80 МГц. Генераторы типа DGS78M80N используются, в частности, при разработке и испытании каскадов широкополосных ПЧ-трактов диапазона 70 МГц и каскадов цифровых приемников прямого усиления того же диапазона частот.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны способ построения и результаты измерений двухчастотных генераторов на частоты до 200 МГц. Используя опыт создания таких генераторов, сейчас разрабатывается новая серия DGSR двухчастотных генераторов на частоты до 6 ГГц с управлением и питанием через USB порт компьютера и регулировкой мощности и частоты каждого из выходных сигналов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Agilent E8257D PSG Analog Signal Generator Data Sheet.
2. Select the Right Agilent Signal Analyzer for Your Needs. Selection Guide.
3. Аналого-цифровое преобразование. Под ред. У. Кестера. Москва: Техносфера, 2007.

