

Отладка и тестирование приёмо-передающих устройств с использованием генератора сигналов SG8

Андрей Поляков (Москва)

Наряду с анализатором спектра, генератор сигналов – один из наиболее часто используемых приборов в высокочастотной технике. Он необходим в большинстве измерений, часть из которых описана ниже. Перед приобретением нового прибора возникает вопрос: какими характеристиками должен обладать генератор для проведения тех или иных измерений?

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТ ШУМА

Один из наиболее распространённых методов оценки коэффициента шума основан на измерении коэффициента усиления тракта и спектральной плотности шума на его выходе при включенном на входе терминаторе 50 Ом.

Нижней границей уровня сигнала, требуемого для измерения коэффициента усиления, можно считать уровень шума, приведённый к входу приёмника. Например, при ширине информационного канала 100 кГц и комнатной температуре получим мощность шума $-174 \text{ дБм/Гц} + 10\log(100 \text{ кГц}) = -124 \text{ дБм}$.

Генератор SG8 в версии AT обеспечивает минимальный уровень сигнала ниже -120 дБм . При необходимости можно воспользоваться и прибором в базовой конфигурации, подсоединив внешний фиксированный аттенюатор.

ТОЧКИ КОМПРЕССИИ P1dB и P0,1dB

Схема измерения точек компрессии представлена на рисунке 1. Начиная с заведомо линейного участка, снимается зависимость мощности сигнала на выходе тестируемого устройства от мощности сигнала на входе. По графику определяется значение уровня на выходе, при котором разница от линейной

характеристики составляет 1 дБ (для P_{1dB}) или 0,1 дБ (для $P_{0,1dB}$).

Для данного типа измерений важна линейность зависимости реального уровня сигнала на выходе генератора от устанавливаемого при любой заданной частоте. Типовое значение погрешности установки уровня генератора SG8 составляет 0,1 дБ. Это достигается за счёт системы автоматической регулировки усиления выходного каскада генератора с малой температурной зависимостью и цифровой коррекции, использующей двумерную сетку, содержащую более 10 тыс. точек калибровки по частоте и устанавливаемому уровню.

Важной характеристикой для данного типа измерений является максимальная мощность. Цифровые аттенюаторы, коммутаторы, мощные выходные каскады имеют довольно высокую точку децибельной компрессии. Типовое значение верхней границы калиброванного диапазона уровней генератора SG8 составляет +26 дБм в диапазоне до 5...6 ГГц и +24 дБм до 8 ГГц, максимальная мощность в режиме насыщения составляет до +28,5 дБм. Для примера, большинство высокочастотных полупроводниковых коммутаторов с рабочим диапазоном 0...8 ГГц имеют точку децибельной компрессии +23...26 дБм.

ТОЧКА IP3 ДВУХТОНОВОГО СИГНАЛА

Схема измерений точки пересечения IP_3 показана на рисунке 2. Два разнесённых по частоте сигнала одного уровня подаются на сумматор мощности, выход которого соединён со входом тестируемого устройства (DUT). Аттенюаторы на входах сумматора мощности добавлены для обеспечения большей развязки в случае резистивного сумматора мощности. На анализаторе сигнала отображается результат интермодуляции третьего порядка [1]. Точка пересечения IP_3 по выходу равна сумме уровня тона на выходе тестируемого устройства и половины разности уровней тонов и продуктов интермодуляции $OIP_3 = P_{\text{tone}} + 1/2IMD_3$, где OIP_3 – точка пересечения IP_3 по выходу, выраженная в дБм, P_{tone} – уровень тона на выходе тестируемого устройства (дБм), IMD_3 – разность уровней тонов и продуктов интермодуляции (дБ).

В большинстве случаев уровня +13 дБм вполне достаточно для измерения точки IP_3 , однако если предполагается измерять параметры цепей с высокой линейностью (ключей на PIN-диодах или цифровых аттенюаторов), то для данного типа измерений также важна выходная мощность. На высоких частотах потери в кабеле и сумматоре могут составить 3...5 дБ, а в случае широкополосного резистивного сумматора – до 9...12 дБ без учёта аттенюаторов развязки. Для удобства измерений на вход тестируемого устройства подаёт такой сигнал, чтобы значение IMD_3 составляло 60...40 дБ. Таким образом, для устройств с высоким IP_3 (цифровой аттенюатор, например, может иметь $IP_3 + 50 \text{ дБм}$) требуется

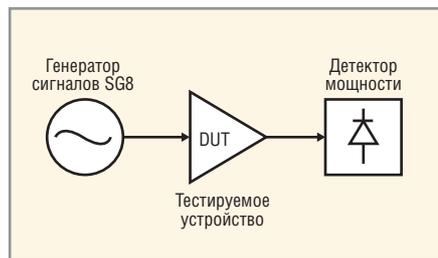


Рис. 1. Схема измерения точки децибельной компрессии

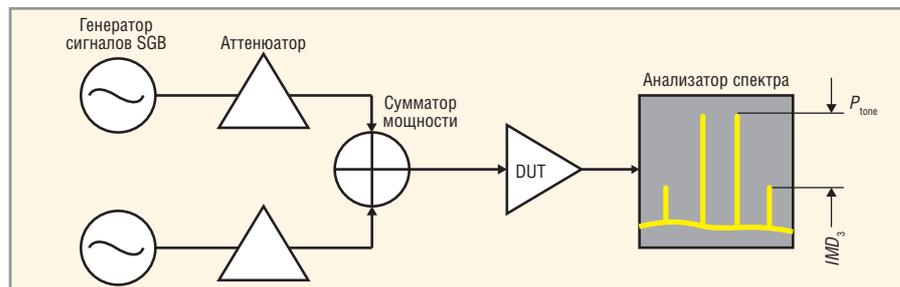


Рис. 2. Схема измерения IP_3 двухтонового сигнала

На правах рекламы

уровень сигнала на выходе генератора 23...25 дБм.

ИЗМЕРЕНИЕ АЧХ

Для измерения АЧХ с помощью генератора сигналов и анализатора спектра достаточно установить генератор в режим качания частоты, а в настройках анализатора установить детектор MaxHold. В результате на экране отобразится АЧХ измеряемого тракта. За счёт высокой точности установки уровня генератора SG8 погрешность измерения будет в пределах 0,1...0,2 дБ (размах).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ БЛОКИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО ПРИЁМНОГО ТРАКТА

Одной из основных характеристик приёмника является его способность принимать малый сигнал на фоне большой помехи. Такая ситуация повсеместно возникает при попытке приёма дальней радиостанции при работе ближней. Это особенно актуально для широкодиапазонных радиостанций, где применяются перестраиваемые преселекторы на базе варикапов, имеющие динамический характер нелинейных искажений.

На рисунке 3 представлена модель входного воздействия для исследования эффектов блокирования приёмного тракта. Модель предполагает три источника сигнала. Таким образом, помимо требований к мощности генераторов, их стоимость также имеет немаловажное значение.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И КАЛИБРОВКА

В настоящее время ни один серьёзный прибор не выпускается без проведения цифровой калибровки. В процессе настройки производятся десятки тысяч измерений, которые затем обрабатываются и записываются в энергонезависимую память управляющего процессора. При таких объёмах измерений решающую роль играет их автоматизация. На рисунке 4 представлен пример схемы калибровки перестраиваемого преселектора в составе широкодиапазонного приёмника.

Напряжение на выходе цифроаналогового преобразователя (ЦАП) задаёт центральную частоту преселектора. На сетке частот находятся соответствующие значения ЦАП, которые затем записываются в ППЗУ и используются при эксплуатации прибора. Значения ЦАП, соответствующие промежуточным частотам, находятся путём интерполяции.

Генератор сигналов SG8 поддерживает два интерфейса удалённого управления – USB и RS-232. В качестве протокола используется SCPI, который поддерживается большинством приложений. Управление легко реализуется на любом языке сценариев. Например, для задания частоты 1 ГГц достаточно записать в порт строку «freq 1GHz», а для установки уровня 10 дБм – «pow 10dBm».

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИНХРОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

С помощью нескольких генераторов SG8 можно составить многоканальный источник абсолютно синхронных сигналов с произвольным фазовым сдвигом. Такая конфигурация используется, например, при калибровке высокочастотных фазометров (см. рис. 5).

Выход опорной частоты одного из генераторов подаётся на вход второго, и на каждом генераторе устанавливается одинаковая частота выходного сигнала. Абсолютный сдвиг по фазе заранее не известен, однако относительный сдвиг регулируется с очень высокой точностью (порядка 0,01° при фильтре 1 кГц на выходе фазометра). Таким образом, для калибровки фазометра для каждой частоты и уровня входного сигнала путём изменения относительного фазового сдвига снимается кривая, период которой точно равен 2π. Затем находится такое положение горизонтальной прямой, при котором она делит снятую характеристику на два равных отрезка, – это и будет значение, соответствующее точному сдвигу 90° на входе детектора. Компенсация фазового сдвига в каналах находится путём последовательного перекрёстного подключения входных сигналов, сложения результатов и деления на два.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ ТЕСТОВОГО ГЕТЕРОДИНА

Это один из примеров измерений, когда, помимо высокого уровня выходного сигнала, важен низкий фазовый шум. Мощные пассивные смесители, как правило, требуют около +21 дБм на входе плюс потери в кабеле 1...2 дБ. Генератор SG8 обеспечивает уровень фазового шума –120 дБн/Гц при отстройке 10 кГц на частоте 1 ГГц. При использовании в качестве первого гетеродина для узкополосного канала 100 кГц это означает, что можно добиться подавления шумовой модуляции от соседнего канала на уровне –120 дБн/Гц + 10log(100 кГц) = 70 дБ.

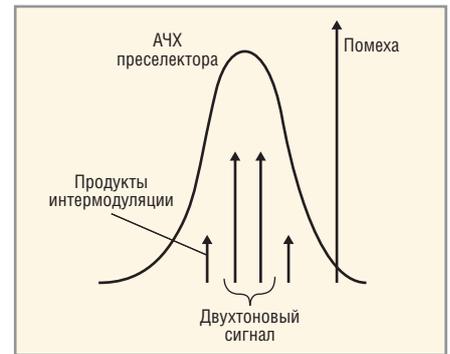


Рис. 3. Модель входного воздействия для исследования блокирования приёмного тракта

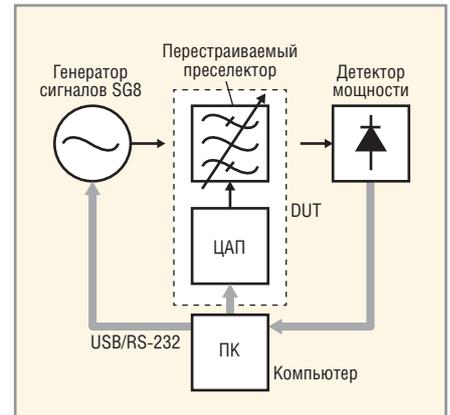


Рис. 4. Схема калибровки перестраиваемого преселектора в составе приёмника

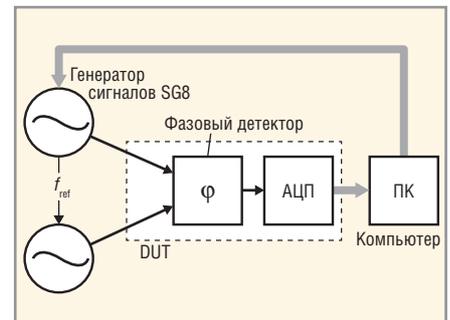


Рис. 5. Схема соединения для калибровки фазометра

Для широкополосного сигнала, например 100 МГц, уровень фазового шума –120 дБн/Гц при ширине полки 1 МГц приведёт к ограничению отношения сигнал/шум, равному значению интегрального фазового шума –120 дБн/Гц + 10log(1 МГц) = 60 дБ.

Кроме приведённых выше примеров, существуют и другие варианты использования генераторов сигнала.

Получить консультацию по использованию генератора SG8 для конкретной задачи можно, обратившись в компанию «АДВАНТЕХ» (www.advantex.ru).

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков А.Е. «Методика измерения IP_2 и IP_3 двухтонового сигнала», Труды МФТИ, том 4, № 2 (14), 2012г.

