

# Измерительные приложения радиочастотных генераторов шума

Виктор Безруков (Москва)

В статье сделан краткий обзор использования высокочастотных генераторов шума в измерительных целях и рассмотрен пример измерения скалярных характеристик радиочастотных устройств.

Радиочастотный генератор шума (ГШ) – это устройство, формирующее широкополосный сигнал, который характеризуется сплошным спектром и случайной величиной напряжения во времени. Как правило, распределение напряжения сигнала нормальное, но могут быть и другие, например, асимметричное для шумового диода 2Г401.

Свойствами ГШ, определяющими области их использования, являются:

- широкая полоса сигнала;
- непрерывный спектр;
- простота реализации;
- стабильность параметров.

Поскольку в технике радиолокации и связи обычно применяются детерминированные сигналы, ГШ являются источниками сигнала для измерительных целей:

- в лабораторных измерителях коэффициента шума;
- в производстве, при необходимости тестирования усилителей на соответствие произведения коэффициента передачи на полосу пропускания [1];
- во встроенных схемах тестирования и калибровки связных и радиолокационных систем. Часто выходные усилители мощности и входные при-

ёмные каскады располагают вблизи антенн, труднодоступных для обслуживания и удалённых от основного оборудования. Особенности встраивания ГШ описаны в [2];

- для измерения нелинейности усилительного тракта ГШ используют вместе с полосно-заграждающим фильтром, чтобы измерить отношение спектральной плотности шума в полосе заграждения и полосе пропускания фильтра [3];
- для измерения чувствительности приёмных систем и коэффициента усиления антенн [4];
- для калибровки анализаторов спектра [5].

Использование ГШ с анализатором спектра в качестве измерительного прибора даёт возможность производить измерения и настройку узлов ВЧ- и СВЧ-трактов. Техника таких измерений хорошо иллюстрирует перечисленные возможности использования ГШ, поэтому ниже будет рассмотрен пример измерения характеристик фильтра нижних частот.

На рисунке 1 приведена блок-схема измерения коэффициента передачи и отражения фильтра. При измерениях использовались ГШ типа NGB02, СВЧ-усилитель WBA3M3300M20NN Лаборатории широкополосных сигналов [6] и анализатор спектра Agilent E4447A. Усилитель служит для расширения динамического диапазона измерений, а аттенюаторы – для согласования выходного уровня ГШ с динамическим диапазоном усилителя и гарантированной развязки выхода усилителя и измеряемого устройства.

Перед проведением измерений производится две калибровки. При первой калибровке измеряемое устройство исключается из схемы измерений, и получается нижняя граница динамического диапазона измерений (нижняя кривая на рисунке 2). При второй калибровке направленный ответвитель подключается непосредственно к анализатору спектра. Так получается график единичного коэффициента передачи (верхняя кривая на рисунке 2). Средняя кривая соответствует схеме измерения на рисунке 1 и даёт

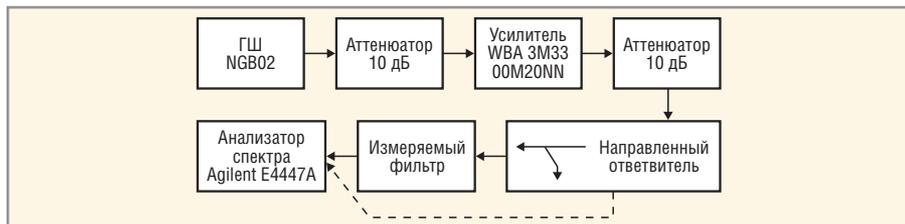


Рис. 1. Блок-схема измерения коэффициента передачи и отражения фильтра

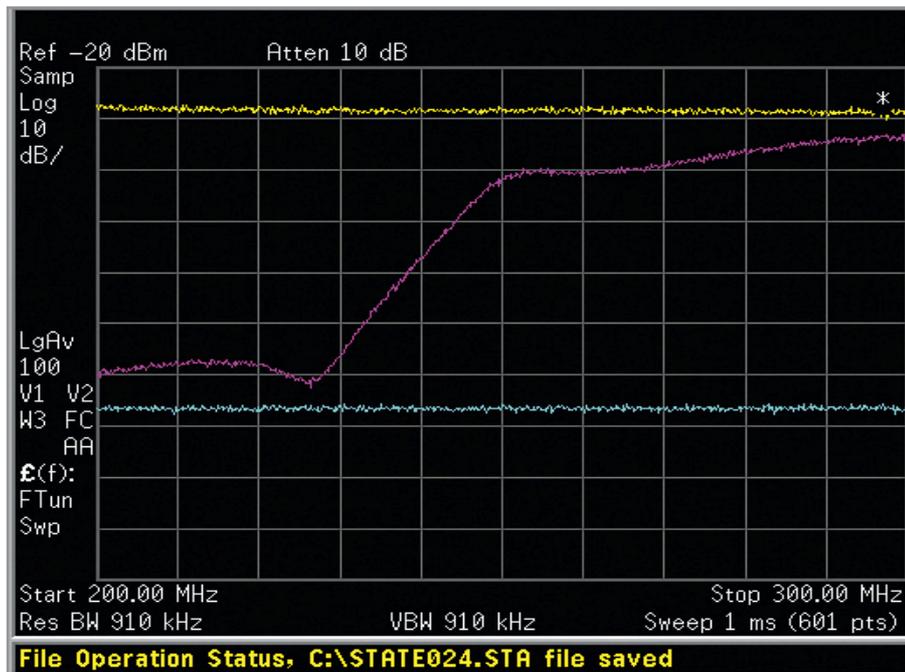


Рис. 2. Спектрограмма измерения коэффициента передачи фильтра нижних частот

Верхняя кривая – калибровка на проход, нижняя – нулевой коэффициент передачи, средняя кривая – коэффициент передачи измеряемого фильтра

коэффициент передачи измеряемого фильтра.

В схеме на рисунке 1 направленный ответвитель предназначен для измерения коэффициента отражения и не мешает измерению коэффициента передачи. При измерении коэффициента отражения отвод направленного ответвителя присоединяется к входу анализатора спектра, как показано на рисунке 1 (пунктирная стрелка), а подключенный ранее порт измеряемого фильтра нагружается на согласованную нагрузку.

Перед измерением коэффициента отражения фильтр отключается, и производится калибровка на холостом ходу, соответствующему полному отражению (верхняя кривая на рисунке 3). Затем подключается согласованная нагрузка, соответствующая отсутствию отражения (нижняя кривая на рисунке 3). Средняя кривая на рисунке 3 показывает коэффициент отражения фильтра.

На рисунках 2 и 3 заметен шумовой характер графиков, обусловленный использованием ГШ в качестве источника сигнала. На самом деле шумовая составляющая значительно больше, а её уменьшение получено усреднением, величина которого является компромиссом между скоростью и точностью измерений.

Диапазон измеряемых величин определяется спектральной плотностью шума ГШ и динамическим диапазоном анализатора спектра. Используемый в примере комплект оборудования обеспечивает диапазон измерения коэффициента передачи около 60 дБ (расстояние между калибровочными кривыми). Диапазон измеряемых величин коэффициента отражения меньше диапазона измерений коэффициента передачи на величину коэффициента ответвления направленного ответвителя. В примере использовался ответвитель с малым коэффициентом ответвления, и диапазон измеряемых отражений составил около 20 дБ, что достаточно в подавляющем большинстве случаев.

Следует отметить, что при измерении параметров узкополосных устройств надо обращать внимание на частотное разрешение анализатора спектра, т.е. согласовывать ширину полосы ПЧ и НЧ анализатора спектра с ожидаемой формой частотной характеристики во избежание динамических искажений.

Кроме пассивных устройств, аналогичным способом можно измерять и

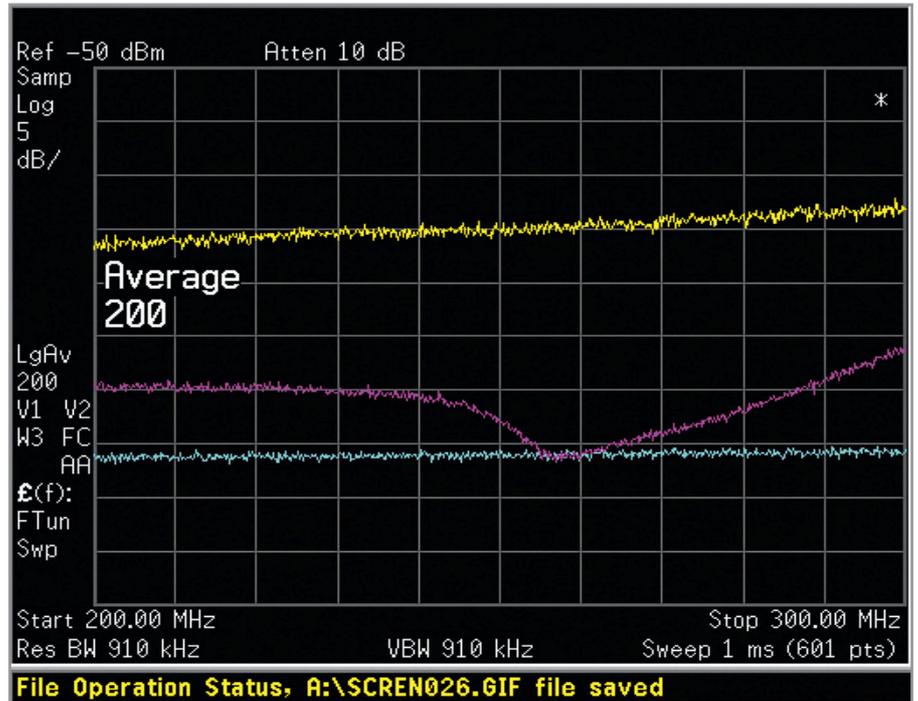


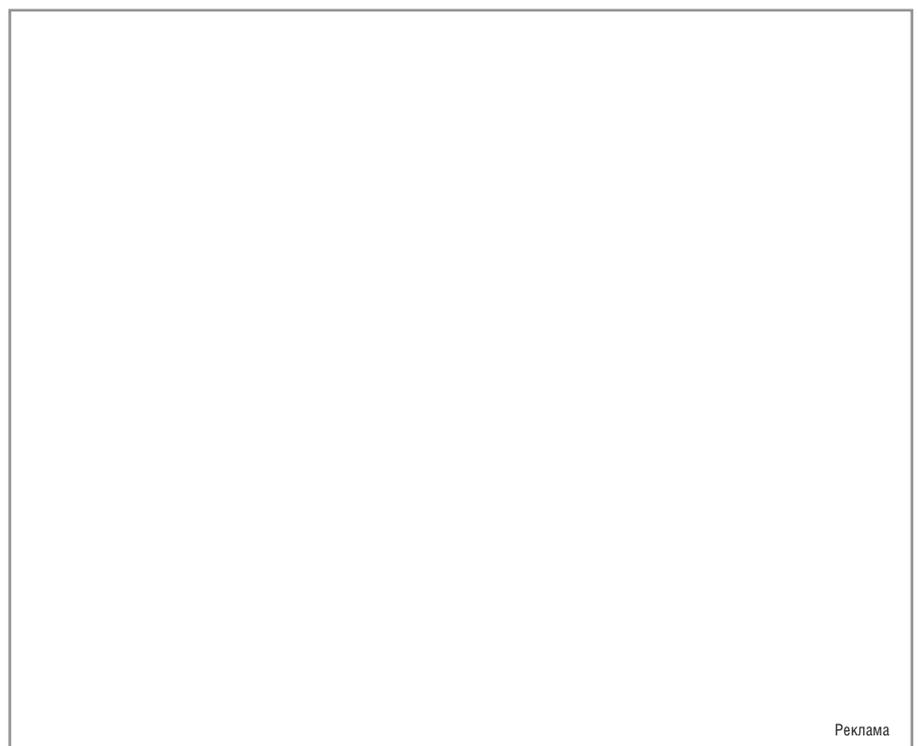
Рис. 3. Спектрограмма измерения коэффициента отражения фильтра нижних частот

Верхняя кривая – единичный коэффициент отражения, нижняя – нулевой коэффициент отражения, средняя кривая – коэффициент отражения измеряемого фильтра

характеристики активных устройств, например усилителей. При измерении устройств с переносом частоты применение ГШ особенно удобно, поскольку не требуется синхронизация. Таким образом, использование радиочастотного генератора шума расширяет измерительные возможности анализатора спектра. Более подробно о применениях генераторов шума можно прочитать в [1–5].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. www.noisecom.com (Application note 110).
2. www.noisecom.com (Application note 106).
3. www.noisecom.com (Application note 117).
4. Серьяков Ю.Н., Шабанов Р.И. Измерение параметров систем с использованием калиброванных радиочастотных генераторов шума. Измерительная техника. 1986. № 5. С. 53.
5. www.noisecom.com (Application note 112).
6. www.wbsl.ru.



Реклама