

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ ГЕНЕРАТОРОВ ВЧ СИГНАЛОВ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ

## EXPLORING THE BENEFITS OF RF SIGNAL GENERATORS THAT PROVIDE HIGH OUTPUT POWER

Джон С. Хансен (John S. Hansen), старший инженер, Agilent Technologies

Одной из основных характеристик генератора ВЧ сигналов является максимальная выходная мощность, которую он может подать на тестируемое устройство при одновременном сохранении необходимой чистоты спектра и точности уровня. Возможность генерации чистого и точного сигнала с уровнем +25 дБм и выше позволяет выполнять тестирование в предельных режимах или нестандартных условиях.

Как показано в настоящей статье, эти возможности могут упростить тестирование мощных усилителей, компенсируя потери в автоматизированных измерительных системах и затухание сигналов в длинных кабелях. В конечном итоге преимуществом применения генератора сигналов с большой выходной мощностью является снижение



стоимости, размера и веса используемой испытательной системы.

### УПРОЩЕНИЕ ТЕСТИРОВАНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ

Классическим примером являются СВЧ усилители на лампе бегущей волны (ЛБВ): они характеризуются выходной мощностью более 100 Вт (или +50 дБм) и требуют входного уровня +25 дБм. К сожалению, большинство современных СВЧ генераторов не могут обеспечить нормированный выходной сигнал такого уровня. В результате единственным вариантом является подача сигнала с генератора через внешний предусилитель и обеспечение соот-

### Снижение погрешности измерений

Возможность достижения погрешности уровня, необходимой для получения достоверных результатов, зависит от внешнего метода регулирования, используемого для коррекции разброса согласования и АЧХ. В большинстве случаев, наибольший эффект дает комбинация статического и динамического регулирования.

Статическое регулирование основано на использовании массива созданных пользователем поправочных коэффициентов, которые обеспечивают равномерность уровня в тракте после выхода генератора. Массив поправочных коэффициентов может создаваться измерителем мощности под управлением генератора сигналов: оба прибора синхронно проходят по списку ключевых частот, подавая и измеряя соответствующие уровни мощности. Для промежуточных частот генератор выполняет интерполяцию.

Внешнее динамическое регулирование использует либо измеритель мощности, либо диодный детектор. Основное различие заключается в компромиссе между скоростью и погрешностью: измеритель мощности более точен, тогда как диодный детектор работает быстрее.

В итоге статическая коррекция устраняет погрешности АЧХ, включая те, которые вызваны ответвителем и диодным детектором, а динамическое регулирование устраняет рассогласования, зависящие от частоты и уровня сигнала.

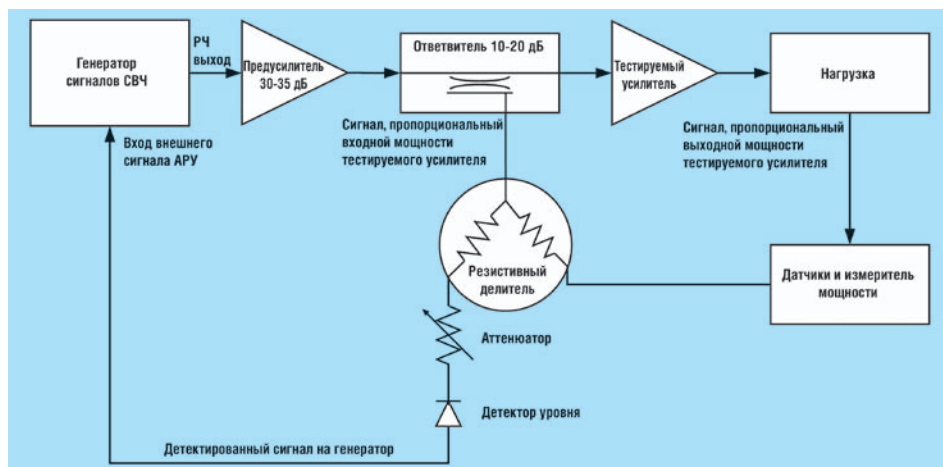


Рис. 1. Пример схемы для тестирования мощных усилителей

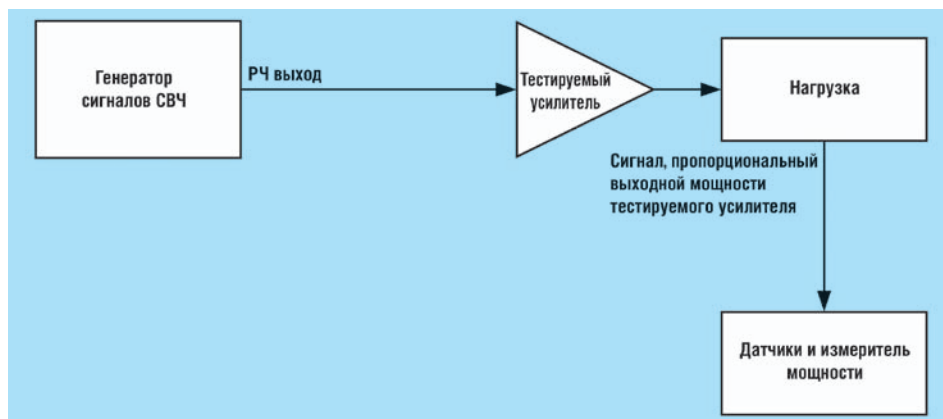


Рис. 2. Упрощенная схема тестирования усилителя с использованием мощного генератора сигналов

ветствующего мониторинга, регулирования и калибровки сигнала, подаваемого на усилитель ЛБВ.

На рис. 1 показана широко распространенная схема, используемая для тестирования мощных усилителей. Выходной сигнал генератора с типовым уровнем от +10 до +23 дБм подается на предусилитель с коэффициентом усиления от 30 до 35 дБ. Этот предусилитель может быть либо широкополосным, либо обладать полосой пропускания, со-

ответствующей полосе исследуемого усилителя.

Для обеспечения максимальной равномерности входного уровня, выходной сигнал предусилителя подается на выравнивающий ответвитель, который формирует пропорциональный сигнал для системы АРУ генератора сигналов. Такой способ динамической коррекции связан с большой вероятностью нели-

нующую конфигурацию, дорогие компоненты, способные работать с сигналами высокой мощности, и влияние каждого элемента системы на общую погрешность. Причем стоимость и сложность увеличиваются, если для обеспечения необходимой входной мощности в диапазоне частот тестируемого усилителя приходится применять несколько узкополосных предусилителей.

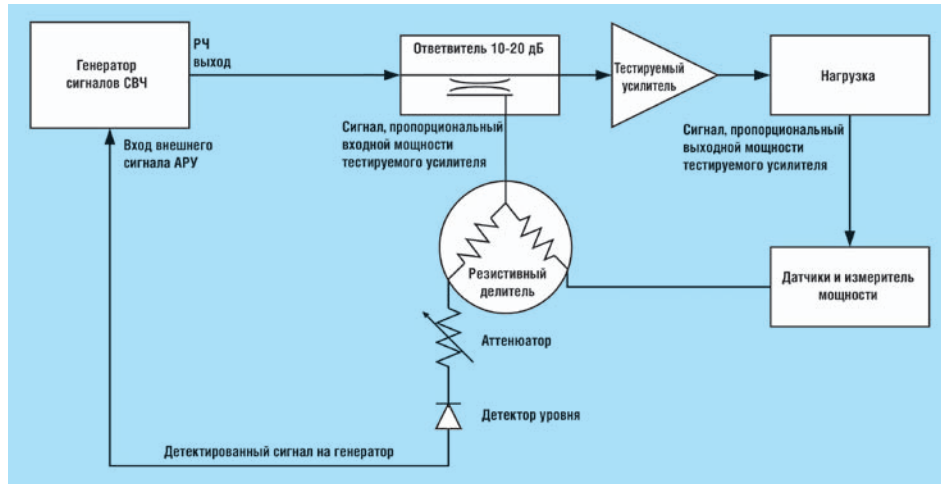


Рис. 3. Упрощенная схема с мощным генератором сигналов и внешним динамическим регулированием

нейности частотной характеристики предусилителя. Чтобы адекватно охарактеризовать коэффициент усиления тестируемого усилителя, выходной сигнал ответвителя на входе усилителя должен иметь погрешность уровня не хуже  $\pm 0,5$  дБ.

К выходу тестируемого усилителя подключена нагрузка, которая рассеивает высокую мощность и поэтому обычно использует водяное или масляное охлаждение. Подобно выходному сигналу ответвителя, сигнал на нагрузке пропорционален выходному сигналу тестируемого усилителя и лежит в диа-

Генератор сигналов с высокой выходной мощностью позволяет использовать более простую схему, показанную на рис. 2. Если генератор сигналов может обеспечить выходную мощность не менее +25 дБм, то предусилитель и внешний ответвитель можно убрать. Это снижает стоимость системы и улучшает ее характеристики.

Для обеспечения требуемой погрешности уровня  $\pm 0,5$  дБ во всем частотном диапазоне тестируемого усилителя, генератор сигналов может получить поправочные коэффициенты из измерителя мощности. Для повышения

(рис. 3). Затраты и сложность при этом становятся почти такими же, как в исходной конфигурации (рис. 1), но тем не менее достигается экономия за счет исключения широкополосного предусилителя или нескольких узкополосных предусилителей.

**КОМПЕНСАЦИЯ ПОТЕРЬ СИГНАЛА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕСТИРОВАНИЯ**

В типовой автоматизированной системе тестирования общие потери складываются из потерь в различных ее элементах: кабелях, коммутаторах, пассивных ответвителях, сумматорах, развязывающих устройствах и т.д. Высокая мощность генератора позволяет компенсировать эти потери и тем самым обеспечивает большую точность измерений. Кроме того, наличие запаса мощности позволяет применять фильтры и мониторы сигналов, повышая общее качество измерений.

**Защита тестируемого устройства**

Во избежание повреждений уникальных или дорогих тестируемых устройств, таких как спутниковые системы и компоненты, мощный генератор сигналов должен иметь функцию ограничения мощности со временем отклика не больше 30 мкс. Кроме того, должна быть предусмотрена возможность установки минимального и максимального допустимого уровня мощности. Наиболее безопасный подход заключается в аппаратной реализации такой функции: при случайном сбросе настроек прибора аппаратная схема гарантирует, что он не подаст на выход максимальный уровень мощности. Дополнительный уровень защиты обеспечивается привязкой функции ограничения мощности к внешнему или внутреннему регулирующему устройству.

Применение мощного генератора сигналов позволяет получить в автоматизированных системах тестирования широкополосный и относительно малощумящий воздействующий сигнал. В конечном итоге такое решение снижает стоимость системы, позволяя обойтись без узкополосных усилителей и связанных с ними систем коммутации.

**КОМПЕНСАЦИЯ ЗАТУХАНИЯ В ДЛИННЫХ КАБЕЛЯХ**

При тестировании антенн или спутниковых подсистем источник сигнала может находиться на значительном удалении от тестируемого устройства. Например, на полигоне для тестирования антенн передающая антенна может располагаться на мачте высотой от 4,5 до 24 м (рис. 4). Спутниковые подсисте-

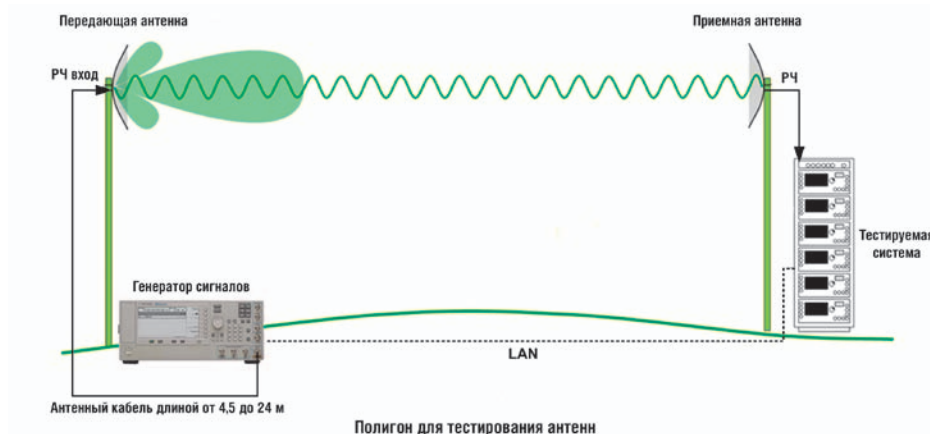


Рис. 4. Мощный генератор сигналов позволяет компенсировать затухание в кабелях при тестировании антенны

пазоне, легко измеряемом серийно выпускаемыми датчиками и измерителями мощности.

К сожалению этот широко распространенный подход имеет три существенных недостатка: достаточно слож-

точности уровня в схему можно добавить внешний выравнивающий ответвитель. Это позволяет точно измерять входную мощность тестируемого усилителя и использовать внешнее регулирование мощности генератора сигналов

НОВОСТИ на [www.kipis.ru](http://www.kipis.ru)

## ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ АКТАКОМ АТН-1136

Новый импульсный источник питания АКТАКОМ АТН-1136 обеспечивает выходную мощность 360 Вт при весе всего 3,6 кг и габаритных размерах 138×165×298 мм. А его выходные параметры (плавно регулируемое стабилизированное напряжение 0...36 В и ток 0...10 А) попадают в диапазон наиболее часто используемых в радиоэлектронике.



**АКТАКОМ**

Импульсный источник питания АТН-1136 является одноканальным, имеет раздельные LED индикаторы выходного тока и напряжения, индикатор режима стабилизации тока и напряжения, возможность точной подстройки выходного напряжения и точность установки выходных параметров 0,5%. Кроме того, имеется отдельный вход для компенсации падения напряжения на соединительных проводах.

[www.aktakom.ru](http://www.aktakom.ru)

мы могут помещаться в термобарокамеру, а измерительная система будет находиться за пределами камеры, которая может быть достаточно большой, а соединительные разъемы могут находиться высоко над полом.

В таких случаях общим решением является применение длинных коаксиальных кабелей. Однако эти кабели вносят значительные затухания, причем потери стремительно нарастают с увеличением частоты. И хотя затухание может сильно зависеть от качества кабеля, типовое значение для коаксиального кабеля длиной 30 м составляет 45 дБ на 12 ГГц и 70 дБ на 20 ГГц. Одно из решений заключается в применении коаксиального кабеля Heliax, обладающего малыми собственными потерями, однако с ним трудно работать, поскольку он жесткий и предназначен только для стационарной прокладки, что неудобно при проведении испытаний.

Альтернативным решением является дополнительное усиление внутри источника сигнала, причем предпочтительным методом является повышение мощности с помощью каскадно-включенных усилителей. Запас мощности источника сигнала позволяет сэкономить деньги, пространство и вес.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генератор сигналов с высокой выходной мощностью дает несколько пре-

имуществ: от упрощения схемы тестирования до снижения размеров, веса и стоимости системы. Возможность генерации чистого и точного сигнала с уровнем +25 дБм и более не только снижает погрешность измерений, но и позволяет выполнять тестирование в предельных режимах или нестандартных условиях. Более подробную информацию о мощных генераторах сигналов и их применении можно найти в рекомендациях по применению компании Agilent Technologies «Генерация сигналов большой мощности и их применение», которые можно скачать на сайте [www.agilent.com/find/E8257D](http://www.agilent.com/find/E8257D) (номер документа 5990-4695EN).

*One of the benefits of using high-power RF signal generator is its ability to deliver a pure, accurate signal at +25 dBm or greater to a device under test while maintaining spectral purity and level accuracy. As described in this article, these capabilities can simplify the testing of high-power amplifiers, overcome losses within automated test equipment systems, and address the attenuation of signals within long cable runs. Ultimately, the benefits of using a signal generator with high output power include reduced cost, size and weight of the resulting test system or configuration.*

ДАТЧИКИ  
ПОТЕНЦИОМЕТРЫ  
ДЖОЙСТИКИ



В основе автоматизации любого оборудования лежит использование различных датчиков и преобразователей. Особенно актуальной является проблема увеличения производительности небольших и недорогих машин. Более чем 40 лет MEGATRON представляет на мировом рынке экономичные механические и электрические преобразователи (датчики).



КАТАЛОГИ ПРОДУКЦИИ НА САЙТЕ [WWW.IRIT.RU](http://www.irit.ru)



«ИРИТ»: Москва, 115211,  
Каширское шоссе, дом 55, корпус 1  
Телефон/факс: (495) 781-79-97  
E-mail: sale@irit.ru  
Internet: http://www.irit.ru



Самый полный обзор  
измерительных приборов,  
представленных на российском рынке  
в настоящее время

Серия «Библиотека инженера»  
А.А. Афонский и В.П. Дьяконов  
«Измерительные приборы  
и массовые электронные измерения»,  
«Цифровые анализаторы спектра,  
сигналов и логики»



Актуальная информация  
за минимум средств!

295 руб.

Приобрести книги можно  
в нашем Интернет-магазине [www.kipis.ru](http://www.kipis.ru)