

# Семь советов по выбору контрольно-измерительного оборудования в формате PXI

для беспроводных приложений

Шери ДеТомаси (Sheri Detomasi)  
Tmo\_russia@keysight.com

Увеличение сложности ВЧ-компонентов, используемых в таком беспроводном оборудовании, как сотовые телефоны, планшеты и беспроводные маршрутизаторы, вызвано тем, что разработчики, стремясь удовлетворить растущие потребности пользователей, вынуждены добавлять новые функции. В то же время нельзя допустить удорожания разработки и производства. Выбор контрольно-измерительного оборудования и ПО может сказаться на технических характеристиках и эффективности проектирования беспроводных устройств, а также на стоимости их производства. Приведенные в статье семь советов помогут инженерам, занятым проверкой конструкции и производственным тестированием, выбирать оборудование и ПО, которое ускорит проектирование, повысит скорость измерений и, в итоге, снизит расходы на тестирование.

## Проблемы тестирования

Новые многофункциональные устройства с несколькими радиосистемами требуют широкой полосы передачи, более сложных схем модуляции и даже нескольких трактов приема и передачи, что существенно усложняет устройства и ужесточает требования к измерению их параметров. Ниже рассмотрено несколько типичных проблем, с которыми приходится сталкиваться инженерам при тестировании ВЧ-устройств.

## Возрастающая сложность устройств

На рис. 1 приведена в упрощенном виде типовая схема процесса производственного тестирования усилителя мощности (УМ). Она помогает быстро определить, отвечает ли тестируемое устройство (ТУ) требованиям, предъявляемым к параметрам модуляции при заданном уровне мощности. В данном примере

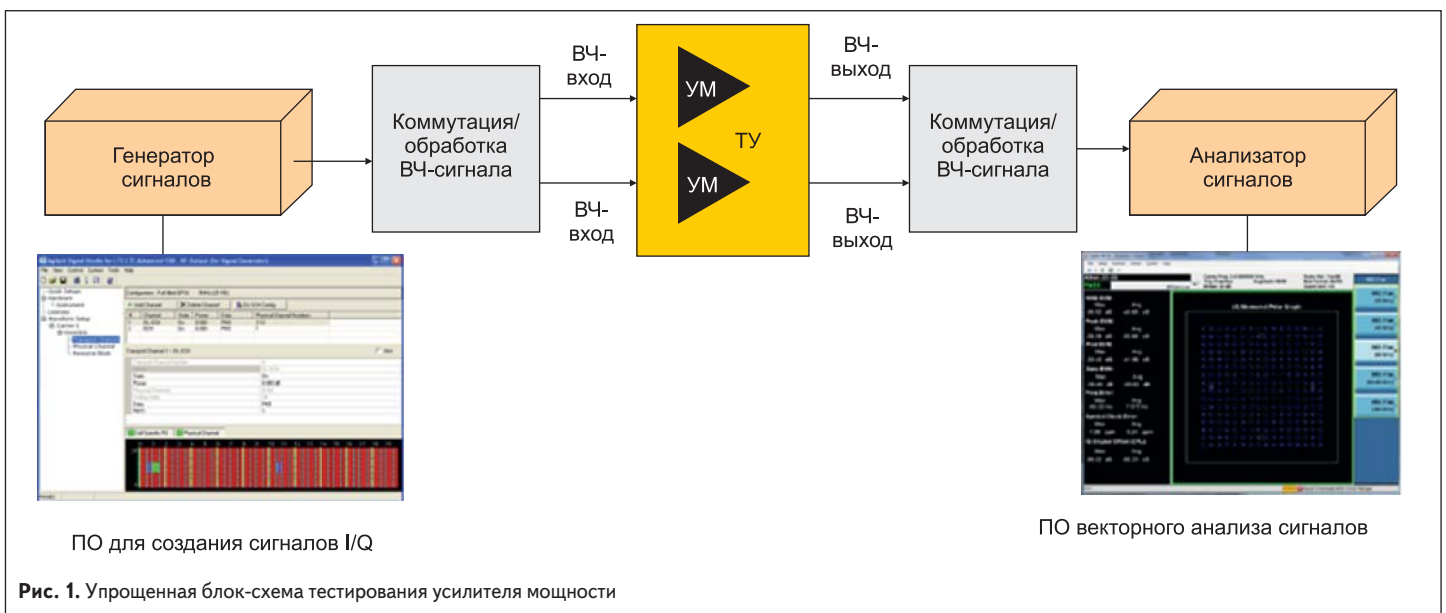


Рис. 1. Упрощенная блок-схема тестирования усилителя мощности

векторный генератор сигналов подключен к ТУ кабелем через коммутатор и схему обработки сигнала. Коммутаторы часто применяются для тестирования многодиапазонных устройств. Большое количество новых УМ поддерживают несколько режимов работы, а также несколько частотных диапазонов, что позволяет улучшить характеристики абонентского оборудования. С ростом сложности этих устройств усложняются и измерения через дополнительные коммутаторы и схемы обработки сигнала.

**Сокращение времени тестирования**

Сокращение каждого измерения хотя бы на несколько миллисекунд способно существенно повлиять на стоимость тестирования. Во время аттестационных испытаний измерения нескольких радиосистем могут занимать от нескольких часов до нескольких дней, а в процессе производства счет идет на секунды. Например, типовой производственный тест усилителя мощности (рис. 1) включает время на настройку модулированного входного сигнала от генератора таким образом, чтобы получить необходимый уровень на выходе усилителя.

В типовом тесте системы АРУ для определения конечного усиления УМ используется специальная цепь управления. После измерения выходного уровня усилителя анализатором сигналов рассчитывается новое значение выходной мощности генератора по разности между измеренной и требуемой мощностью. Затем генератор перестраивается на нужную выходную мощность, чтобы скорректировать выходную мощность усилителя. И только после того как выходная мощность усилителя достигнет заданного уровня, допустимо измерять нужные параметры. Время, затрачиваемое на настройку генератора сигналов для получения заданного уровня на выходе усилителя, может существенно увеличить общее время измерения, которое повышает стоимость тестирования.

**Масштабируемые приборы для многоканальных измерений**

Новейшие беспроводные устройства используют для повышения скорости передачи данных и емкости соты многоантенные технологии, такие как агрегация несущих и ММО. Для тестирования этих устройств зачастую необходимы несколько генераторов и анализаторов сигналов, чтобы обеспечить имитацию и измерение сигналов нескольких антенн (рис. 2). В результате схема тестирования сильно усложняется и требует применения многоканальной синхронизации и новых методов измерения, которые позволяли бы оборудованию и ПО одновременно демодулировать и анализировать несколько потоков данных.

**Советы по выбору модульного контрольно-измерительного оборудования**

Ниже приведены семь советов, которые помогут радиоинженерам выбрать оборудование и ПО, способные ускорить проектирование, сократить время измерений и, в итоге, снизить стоимость тестирования.

- Выбирайте генератор сигналов, обеспечивающий хорошие параметры модуляции даже при высоких уровнях выходной мощности,

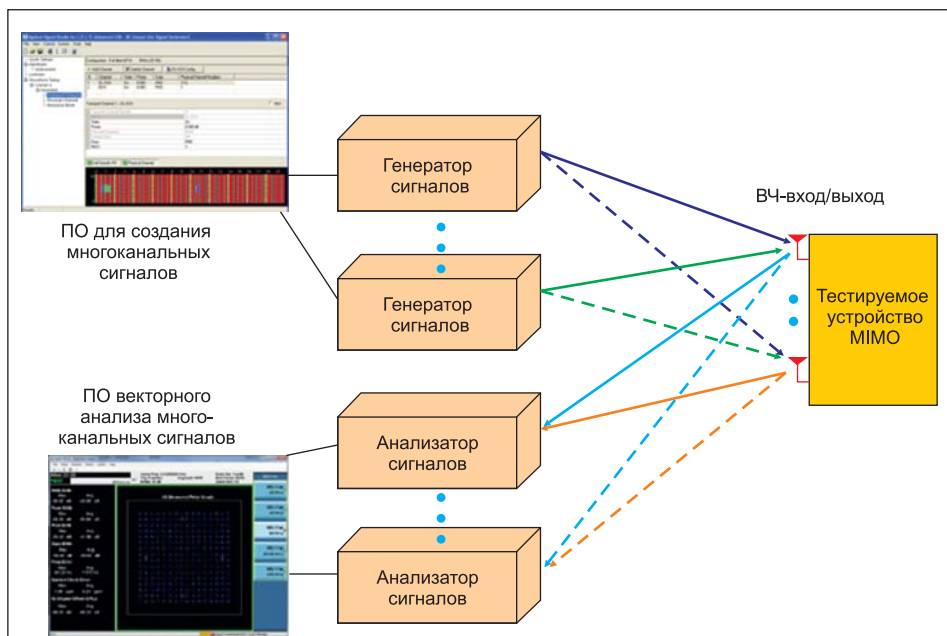


Рис. 2. Блок-схема тестирования ММО

чтобы можно было подавать на ТУ сигнал высочайшего качества.

На вход многих УМ нужно подавать сигналы с цифровой модуляцией, такой как LTE, с уровнем 0...+5 дБм. Для компенсации потерь в тракте между генератором сигналов и ТУ, которые могут возникать из-за коммутации или обработки сигнала, рекомендуется использовать генератор сигналов с выходной мощностью до +15 дБм. На рис. 3 показано измерение относительного уровня мощности в соседнем канале (ACPR) при высоких уровнях выходной мощности от векторного генератора сигналов в формате PXIe с превосходными параметрами модуляции. При уровне +10 дБм ухудшения ACPR практически не наблюдается, а на уровне +15 дБм ACPR остается близкой к 60 дБн. Новые векторные генераторы сигналов в формате PXIe могут генерировать сигналы с цифровой модуляцией с уровнем выходной мощности

до +19 дБм и точностью уровня ±0,4 дБ, что позволяет подавать на ТУ сигнал высочайшего качества при минимальных затратах.

- Выбирайте приборы с высокой скоростью измерений, чтобы сократить время и стоимость тестирования.

Генератор сигналов с малым временем перестройки частоты и амплитуды позволяет быстро настраивать модулированный входной сигнал для получения нужного уровня на выходе тестируемого устройства. Если выходной уровень генератора нельзя задать заранее в режиме списка, то быстрая перестройка частоты и амплитуды в совокупности с превосходной линейностью, воспроизводимостью и разрешением существенно сократит время, в течение которого достигается необходимая выходная мощность, и в результате уменьшит время и общую стоимость тестирования. Что же касается измерений, то выбор анализатора

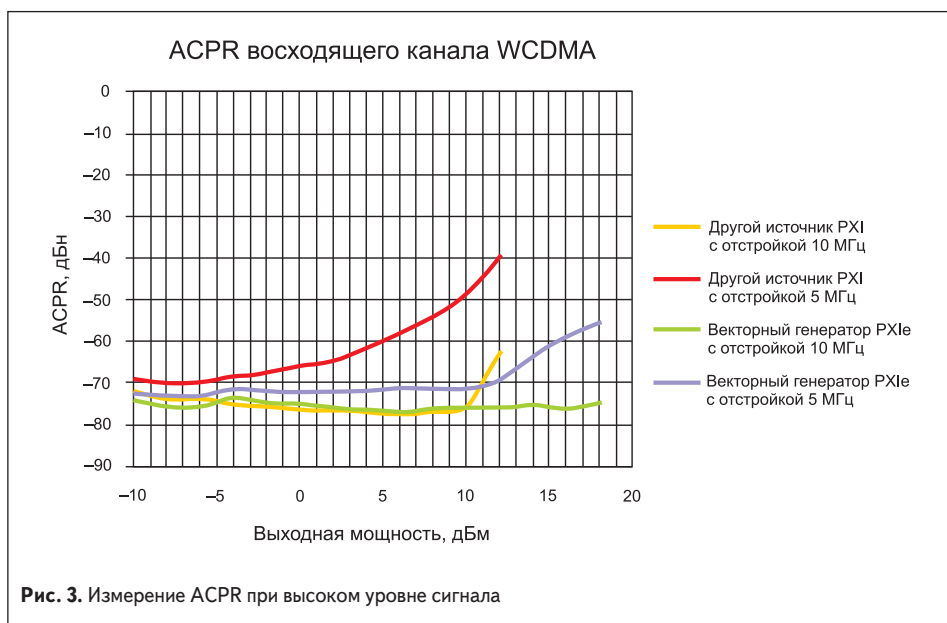


Рис. 3. Измерение ACPR при высоком уровне сигнала

сигналов, способного точно измерять мощность, АСРР, EVM, уровень гармоник и быстро переключаться между разными измерениями, гарантирует, что вы не пожертвуете точностью ради скорости.

При измерении мощности с помощью новейших векторных анализаторов спектра в формате PXIe сигнал захватывается дигитайзером в режиме реального времени и возвращается в прикладную программу в виде одного измеренного значения. Никаких дополнительных расчетов мощности в управляющем ПК выполнять не нужно. Эти анализаторы измеряют мощность с временем захвата от 10 мкс до 1 мс. С учетом же скорости переключения векторного генератора сигналов в формате PXIe постоянная времени в контуре регулирования мощности может быть меньше 1 мс, что значительно сокращает время, за которое достигается заданный уровень выходной мощности. Уменьшение времени измерения повышает скорость тестирования устройств, благодаря чему снижаются общие затраты в расчете на одно устройство.

- Выбирайте гибкую платформу, легко интегрирующую несколько приборов для тестирования в течение всего жизненного цикла изделия.

На этапе проектирования или аттестационных испытаний может потребоваться измерять ВЧ-параметры устройства за пределами рабочего диапазона. Любые генерируемые устройством гармонические или паразитные составляющие могут отрицательно влиять на качество выходного сигнала. Наличие внеполосных сигналов способно порождать помехи в радиосети и создавать проблемы с проверкой на совместимость согласно нормативам Федеральной комиссии связи (FCC). Полезно иметь возможность применять на ранних этапах проектирования анализаторов сигналы с более широким диапазоном частот для измерения внеполосных паразитных и гармонических составляющих. Если, например, устройство поддерживает

диапазоны LTE 40/41, то разработчику может понадобиться анализатор сигналов, способный измерять третью гармонику на частоте до 8,1 ГГц или даже седьмую гармонику на частоте до 19 ГГц. После передачи изделия в производство можно использовать более дешевый анализатор сигналов с меньшей верхней частотой.

- Выбирайте контрольно-измерительное оборудование, в котором используется одно и то же ПО на всех этапах, от научных исследований до производства, что позволит добиться согласованных и достоверных результатов тестирования.

Если для тестирования устройства используются традиционные настольные приборы и приборы в формате PXI, то применение общего ПО с одинаковыми измерительными алгоритмами и метрологическими принципами гарантирует получение согласованных и достоверных результатов независимо от фактора прибора. Например, измерения, выполненные в лаборатории с помощью настольного оборудования, могут быстро проверяться приборами PXI в производственных условиях. Возможность применения одинакового ПО и одинакового интерфейса пользователя дополнительно сокращает время разработки тестов.

- Выбирайте контрольно-измерительное оборудование с лучшими гарантированными характеристиками.

Низкое качество измерений может привести к регистрации ложных отказов во время тестирования, а это увеличивает затраты на ремонт, а также общие затраты на производство. На качество измерений непосредственное влияние оказывает калибровка. Приборы в формате PXI могут калиброваться на уровне как отдельных модулей, так и группы модулей, составляющих отдельный прибор, например векторный анализатор сигналов. Некоторые производители калибруют только отдельные модули. В этом случае очень трудно указать

гарантированные технические характеристики на уровне всего прибора. Важно, чтобы выбранное контрольно-измерительное оборудование включало процедуры калибровки на уровне готового прибора.

- Выбирайте контрольно-измерительную платформу так, чтобы минимизировать простои системы.

Высокий уровень поддержки и быстрый ремонт являются важнейшими факторами поддержания системы в рабочем состоянии. Незапланированное техническое обслуживание или ремонт оборудования в процессе производства либо критически важных научных исследований может обойтись очень дорого. Всего лишь одна отказавшая контрольно-измерительная система способна сорвать план поставок производимых изделий. Кроме того, к стоимости ремонта добавляются расходы на перекалибровку после ремонта и повторный монтаж в систему. Выбирайте контрольно-измерительное оборудование с большим средним временем наработки на отказ, быстрым ремонтом и большим гарантийным сроком.

- Выбирайте контрольно-измерительную платформу, которую в будущем можно масштабировать.

Мир вокруг нас стремительно меняется. Каналы радиосвязи занимают все более высокие частоты, а контрольно-измерительное оборудование должно поддерживать новые стандарты и соответствовать новым требованиям к тестированию. Выбор платформы PXI или AXIe, способной развиваться с улучшением стандартов и повышением требований к тестированию, подготовит вашу систему к будущим изменениям. Некоторые компании предлагают обновление оборудования через лицензионные ключи, что позволяет инженерам модернизировать приборы прямо на месте установки. Выбирайте оборудование, которое можно обновлять с учетом изменения требований к тестированию. ■