

## ИЗМЕРЕНИЯ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ – НЕ ПРОБЛЕМА

Осенние инновации  
от компании Agilent Technologies

И.Шахнович,  
по материалам Agilent Technologies

Осенью 2011 года компания Agilent Technologies расширила свое портфолио рядом больших и малых новинок, которые в сумме открывают перед разработчиками и производителями аппаратуры миллиметрового диапазона, прежде всего – телекоммуникационной, абсолютно новые возможности. Чем пополнился портфель решений Agilent Technologies?

### **ПЕРВЫЙ В МИРЕ НЕЛИНЕЙНЫЙ ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ С ДИАПАЗОНОМ 67 ГГц**

Прежде всего, Agilent Technologies объявила о расширении частотного диапазона нелинейного векторного анализатора цепей PNA-X (NVNA) до 67 ГГц (рис.1). Он открывает новые возможности для разработчиков элементной базы и аппаратуры мм-диапазона. Нелинейные векторные анализаторы цепей позволяют измерять X-параметры – новую категорию [характеристик цепей, которые применяются для описания как линейных, так и нелинейных параметров компонентов (например, учет взаимовлияния различных гармоник одного сигнала). Используя эти приборы, разработчики легко могут измерять характеристики компонентов, включая X-параметры, и создавать их точные модели в диапазоне частот до 67 ГГц. Вкупе с САПР Advanced Design System (САПР ADS) векторные анализаторы серии PNA-X представляют собой первое в отрасли

решение, предназначенное для измерений и моделирования нелинейных компонентов.

Возможности векторного анализатора частот существенно расширяются, если совместно с ним используется генератор сигналов с опорной фазой – также первый в отрасли. Он генерирует ряд гармонических сигналов с частотами от 10 МГц до 67 ГГц с известным фазовым соотношением между ними. Причем это соотношение фаз контролируется Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST). Зная соотношения фаз опорного фазового генератора, можно с прогнозируемой точностью калибровать NVNA для измерения фазовых соотношений сигналов в диапазоне до 67 ГГц.

Все эти возможности позволяют проводить измерение характеристик и моделирование X-параметров модулей передатчиков и приемников в мм-диапазоне, где необходимы точные измерения гармоник и нелинейных искажений, а также их моделирование.

Еще одна новая возможность анализаторов цепей серий PNA и PNA-X – непосредственное измерение линейных характеристик смесителей и преобразователей частоты в диапазоне до 67 ГГц. Традиционно для этого требуются опорные и калибровочные смесители частот, а также громоздкие настройки системы (рис.2).

Компания Agilent в своих векторных анализаторах PNA и PNA-X реализовала новый метод, который не требует опорных калибровочных смесителей. Он основан на определении соотношения фаз сигналов на входе и выходе измеряемого устройства. Метод стал возможен благодаря когерентности фаз, свойственной архитектуре на fractional-N-синтеза частот, используемого в анализаторах PNA и PNA-X.

В новом методе в качестве широкополосного эталона для калибровки фазы применяется уже упомянутый опорный фазовый генератор, генерирующий ряд гармоник с калиброванным фазовым отношением. Данные калибровки фазы объединяются с данными калибровки амплитуды, измеряемой с помощью внешнего измерителя мощности (см. рис.1), что позволяет полностью откалибровать прибор во всем рабочем частотном диапазоне.

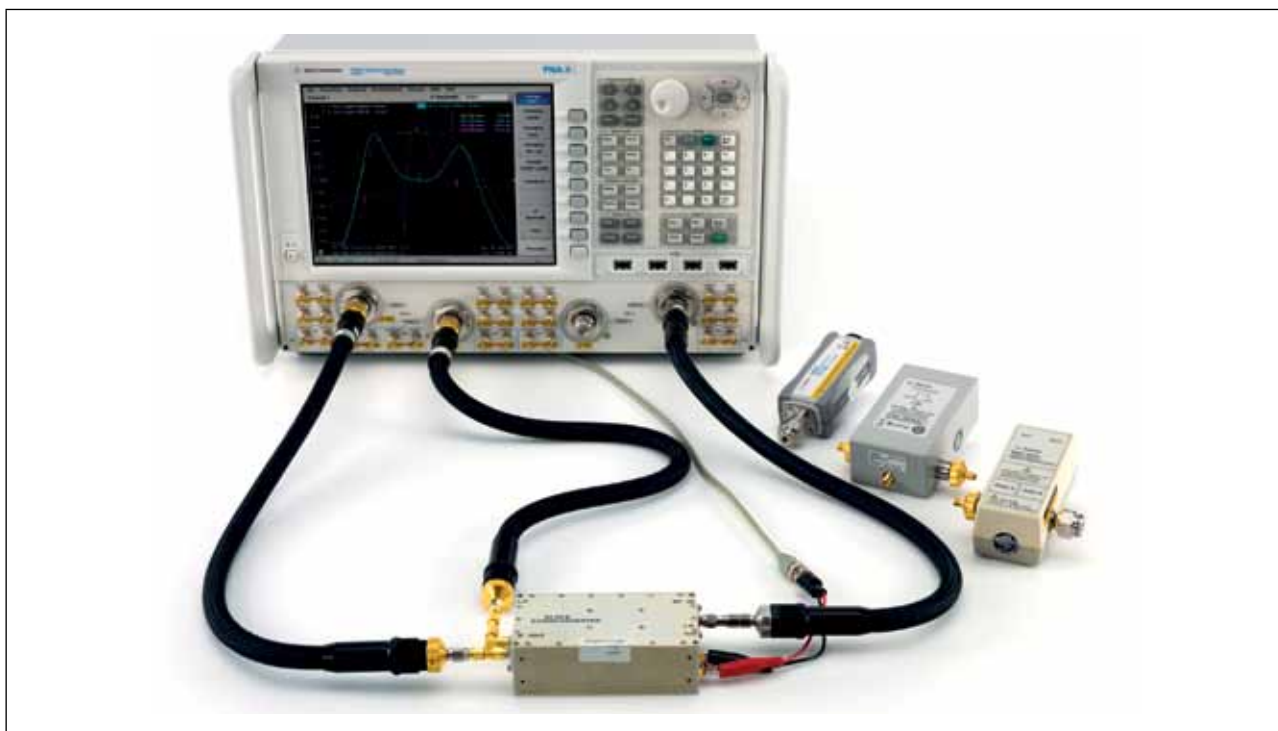
В результате с помощью векторного анализатора PNA или PNA-X можно непосредственно измерять амплитуду, фазу и абсолютное время групповой задержки сигналов отклика смесителей и преобразователей частоты с высокой точностью без опорных и калибровочных смесителей. Это особенно важно, учитывая, что для частот выше 26,5 ГГц подбор таких устройств – достаточно непростая задача. Методика позволяет проводить изме-

рение параметров смесителей с внешним гетеродином или со встроенным генератором, который не синхронизирован с системным источником опорного сигнала 10 МГц. Кроме измерителя мощности и фазированного генератора гармоник Agilent предлагает инструмент калибровки S-параметров (механический или ECal-модуль, см. рис.1).

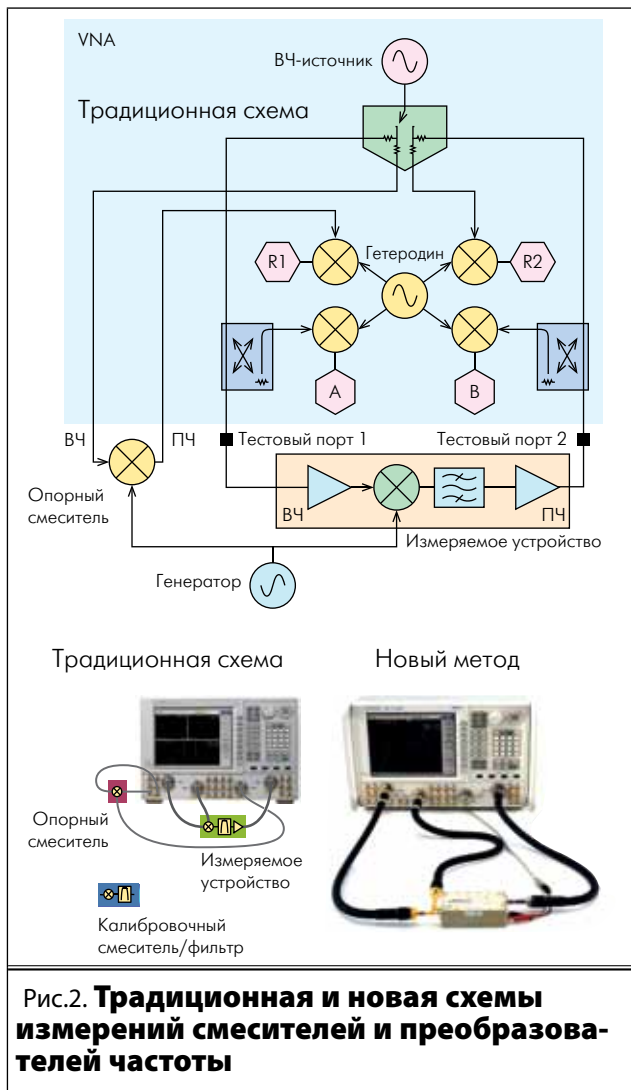
Благодаря внешним смесителям анализаторы цепей Agilent серий PNA-X и PNA перекрывают диапазон частот от 300 кГц до 1,05 ТГц и позволяют выполнять множество видов измерений, включая измерение S-параметров, компрессии усиления, интермодуляционных искажений и уровня шумов.

#### **РАСШИРЕНИЕ ПОЛОСЫ АНАЛИЗАТОРОВ СИГНАЛОВ. РЕШЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ СТАНДАРТА IEEE 802.11ac**

Agilent представила и две новые опции, расширяющие полосу частот анализаторов сигналов серии PNA. Так, сегодня уже доступны анализаторы сигналов PNA с шириной рабочей полосы анализа 160 МГц (рис.3). Столь широкая полоса анализа стала необходимой, поскольку уже близки к завершению работы по созданию стандарта IEEE 802.11ac (VHT) и устройств на его основе – нового стандарта сверхвысокоскоростных локальных сетей. В отличие от традиционной рабочей полосы Wi-Fi в 20 МГц (и расширяемой до 40 МГц в системах 802.11n), новая технология предусматривает работу в полосе 80 и 160 МГц, за счет чего и обеспечивается беспрецедентно высокая скорость – до 6,93 Гбит/с. Очевидно, для создания таких устройств необходимо соответствующее контрольно-измерительное оборудование.



**Рис.1. Нелинейный векторный анализатор цепей PNA-X в процессе измерения характеристик понижающего преобразователя. Рядом средства калибровки (слева направо): измеритель мощности, опорный фазовый генератор и электронный калибровочный модуль S-параметров (ECal)**



Анализатор сигналов Agilent PXA с полосой анализа 160 МГц отвечает необходимым требованиям. Более того, в сочетании с возможностями программного обеспечения Agilent 89600 VSA по анализу модуляции анализатор PXA обеспечивает высокоэффективный весторонний анализ сигналов 802.11ac. Примечательно, что для пользователей анализаторов PXA новая опция по расширению полосы анализа доступна программно, при приобретении соответствующей лицензии.



**Рис.3. Анализатор сигналов серии PXA**



**Рис.4. Применение анализатора сигналов PXA в режиме понижающего преобразователя к осциллографом Agilent Infiniium серии 9000**

Для тестирования устройств IEEE 802.11ac необходимо генерировать испытательные сигналы, соответствующие требованиям стандарта 802.11ac. Программное обеспечение Agilent Signal Studio для WLAN помогает решить эту задачу, обеспечивая генерацию сигналов 802.11ac с защитным кодированием BCC или LDPC, с любыми сигнально-кодowymi конструкциями. Возможно формирование каналов MIMO (до четырех каналов). Создание сигналов с полосой до 80 МГц поддерживается векторными генераторами сигналов Agilent ESG, MXG или PSG, а также генератором модулирующих сигналов и эмулятором канала PXB. Сигналы с полосой 160 МГц могут быть созданы с помощью двух векторных генераторов сигналов Agilent.

Стандарт 802.11ac использует модуляцию QAM-256, что требует снижения амплитуды вектора ошибок (EVM) передатчика на 4 дБ по сравнению с модуляцией QAM-64 в стандартах 802.11a/b/g/n (-32 и -28 дБ, соответственно). Соответственно, измерительная система должна обладать соответствующей точностью. Анализаторы PXA обладают даже "запасом" в 12 дБ для измерения EVM.

Еще одна новая возможность анализаторов сигналов PXA – расширение полосы промежуточной частоты (ПЧ) до 900 МГц. Это позволяет использовать прибор в качестве широкополосного преобразователя с понижением частоты. Такая опция необходима во многих современных телекоммуникационных приложениях, где требуется демодуляция и анализ широкополосных сигналов в диапазоне сверхвысоких частот. В ряде случаев задача решается путем использования современного широкополосного осциллографа для непосредственного преобразования сигналов в цифровую форму, анализатор Agilent PXA обеспечивает более удобное и экономичное решение. PXA понижает частоту СВЧ-сигнала до значения ПЧ, а затем подает его на вход осциллографа Agilent Infiniium серии 9000 или 90000 (рис.4), на котором работает программное обеспечение 89600 VSA для оцифровки и анализа. Широкополосный выход ПЧ PXA позволяет расширить полосу анализа ПО 89600 VSA до 900 МГц для входных сигналов с частотами от 3,6 до 50 ГГц.

Сочетание возможностей широкополосного анализа с самым высокопроизводительным в отрасли анализатором сигналов обеспечивает специалистов наиболее гибкими и мощными из доступных сегодня инструментами.



Рис.5. Генератор сигналов произвольной формы M8190A

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Расширились не только возможности аппаратуры, но и программного обеспечения для анализа сигналов. В частности, для анализа линий беспроводной связи предложен пакет 89600 WLA. Он является дополнением MAC-подуровня для ПО для векторного анализа сигналов 89600 VSA.

В системе Agilent 89600 WLA реализован анализ линий беспроводной связи, включая декодирование управляющих сообщений и сообщений обратной связи, а также сопоставление их с сигналами физического уровня, которыми они управляют. Главное преимущество программы – возможность наблюдать и интерпретировать результаты измерений радиочастотных сигналов (мощность, виды модуляции, синхронизацию и т.д.) в контексте сообщений MAC-уровня и наоборот. И если обычные РЧ-анализаторы не в состоянии самостоятельно отобразить полную картину поведения сложной линии связи, то ПО Agilent 89600 WLA предоставляет такую возможность.

В системе 89600 WLA особое значение придается графическому отображению информации. Визуальный анализ позволяет быстро распознавать аномалии, даже там, где не ожидают встретить проблему.

В частности, программное обеспечение Agilent 89600 WLA включает несколько функций, которые расширяют возможности анализа LTE-устройств:

- многоуровневое декодирование, которое позволяет отображать данные сообщений верхнего уровня, определяющие формат сигналов физического уровня (РЧ-сигналов);
- графическое отображение активности контура управления, включая задаваемые пользователем графики изменения 20 и более параметров управления нисходящего канала;
- автоматический гибридный контроль процесса повторного запроса, позволяющий отслеживать, где и когда наблюдается повторная передача и т.д.

### ЗАКОНЧЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ В ДИАПАЗОНЕ 60 ГГц

Сегодня освоение диапазона частот 60 ГГц – одно из наиболее актуальных направлений в телекоммуникациях.

Прежде всего, речь идет о стандартах персональных и локальных сетей связи IEEE 802.15.3c и IEEE 802.11ad, а также о спецификациях, созданных на их основе промышленными ассоциациями WirelessHD и WiGig, соответственно. Разумеется, Agilent Technologies не могла остаться в стороне от этих событий, представив первое законченное решение для тестирования устройств беспроводной связи в диапазоне 60 ГГц на соответствие стандартам IEEE 802.11ad, WirelessHD и WiGig. Оно охватывает весь жизненный цикл устройств миллиметрового диапазона – от этапа проектирования на системном уровне до приемочных испытаний.

Новое программное обеспечение Agilent 81199A Wideband Waveform Center совместно с генератором сигналов произвольной формы M8190A (рис.5) или осциллографом серии Infiniium 90000 X позволяет в процессе разработки проверять характеристики новых устройств беспроводной связи в диапазоне 60 ГГц, а при приемочных испытаниях – выполнять конкретные виды измерений с заданными значениями параметров приемников и передатчиков, установленными в спецификациях стандартов.

Решение от Agilent позволяет формировать в диапазоне частот до 60 ГГц сигналы произвольной формы, выполнять преобразование частоты, модуляцию сигналов, анализировать их спектры. Новое программное обеспечение доступно как в виде автономного пакета для генерирования и анализа сигналов, так и в виде встроенного модуля в ПО Agilent SystemVue, предназначенного для моделирования и разработки систем на физическом уровне.

Будучи частью библиотеки SystemVue W1915 mmWave WPAN, приложение для создания широкополосных сигналов позволяет использовать сигналы, соответствующие стандартам WiGig и 802.11ad. Кроме того, приложение может служить источником эталонных сигналов при разработке телекоммуникационных процессоров для этих сверхширокополосных стандартов беспроводной связи.

\*\*\*

Таким образом, компания Agilent Technologies в очередной раз представила ряд решений, если и не революционных, то существенно упрощающих подходы к созданию, моделированию, производству телекоммуникационной аппаратуры миллиметрового диапазона – и не только.