

ВЫПОЛНЕНИЕ ТОЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ТГц-ДИАПАЗОНЕ С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ

Необходимость тратить много времени на спектральный анализ СВЧ-сигналов сложных современных приборов остается в прошлом. Компания Keysight Technologies предлагает современное решение проблемы: векторный анализатор цепей и анализатор спектра в одном приборе, область рабочих частот которого простирается до терагерцового диапазона.

Измерение параметров устройств на гипервысоких частотах (ГВЧ) сопряжено со множеством проблем. Ситуация усугубляется тем, что для корректной интерпретации параметров компонентов и их поведения зачастую приходится использовать два прибора: векторный анализатор цепей и анализатор спектра. Необходимость частого подключения, отключения и перекоммутации тестируемого устройства (ТУ)

в ходе измерений порождает неудобства и занимает много времени. Кроме того, это может вносить погрешности в измерения и стать причиной повреждения пробников, измерительных кабелей и даже самого ТУ.

Одним из решений является объединение функций векторного анализатора цепей и анализатора спектра в одном измерительном приборе. Быстродействующие аналого-цифровые

преобразователи, цифровые сигнальные процессоры и центральные процессоры позволили компании Keysight Technologies реализовать достаточно быстрый анализ спектра для таких трудоемких задач, как поиск паразитных сигналов. В аналоговой части схемы шагом вперед является расширение частотного диапазона анализатора спектра в область ГВЧ при сохранении требуемой функциональности, производительности и точ-



▲ Рис. 1. Добавление контроллеров миллиметрового диапазона и преобразователей частоты к анализатору СВЧ-цепей PNA позволяет создать измерительную систему с единым непрерывным свипированием, способную работать в ГВЧ-диапазоне

ности измерений векторного анализатора цепей и анализатора спектра.

ПЕРЕХОД В ГВЧ-ДИАПАЗОН

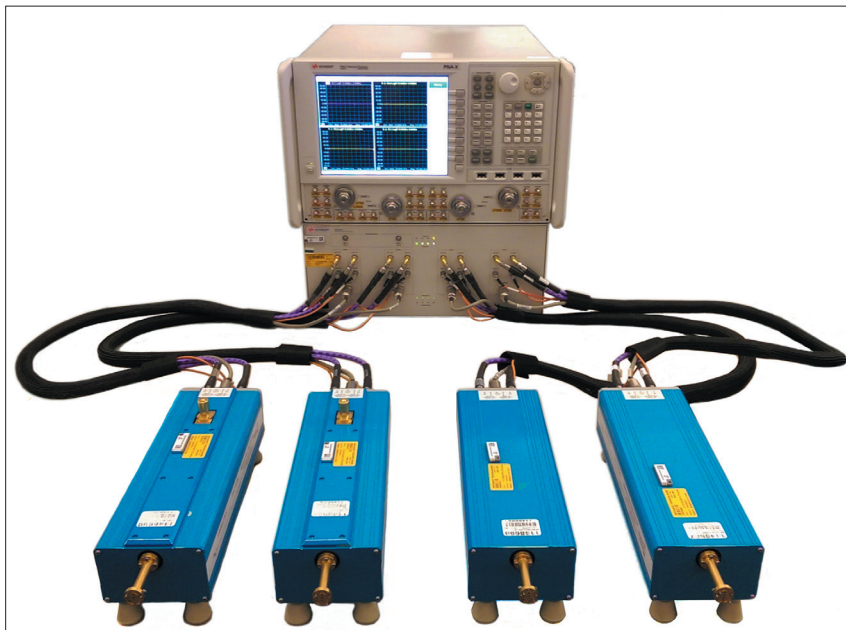
Контрольно-измерительные решения на базе векторного анализатора цепей, выполняющие измерения на частотах до 67 ГГц, реализуются большей частью в виде одного интегрированного прибора. Расширение возможностей векторного анализатора в область более высоких частот обычно достигается при помощи так называемой распределенной архитектуры. Она требует применения преобразователей частоты (ПЧ), которые понижают частоту входных сигналов, позволяя измерять характеристики работающих в ГВЧ-диапазоне устройств.

Векторный анализатор цепей миллиметрового диапазона можно реализовать в виде готового решения или в виде интегрируемой пользователем системы на базе имеющегося прибора. Компания Keysight предлагает интегрированную систему — анализатор цепей миллиметрового диапазона N5251A. Этот прибор перекрывает диапазон частот от 10 МГц до 110 ГГц и допускает расширение до 1,1 ТГц.

Базовым прибором является анализатор цепей СВЧ-диапазона Keysight PNA. Вышеуказанные решения можно реализовать двумя способами: одна из конфигураций проводит измерения за одно свипирование через коаксиальные разъемы 1,0 мм, а другая проводит измерения за несколько свипирований с применением волноводов.

Конфигурация с единым непрерывным свипированием основана на анализаторе PNA с диапазоном 67 ГГц и содержит два вспомогательных контроллера миллиметрового диапазона, которые поддерживают двух- и четырехпортовые измерения (Keysight N5261A и N5262A соответственно). Они подключаются к широкополосным преобразователям частоты, обеспечивающим интерфейс между пробниками миллиметрового диапазона и анализатором цепей (рис. 1). Для работы с ТУ в диапазоне до 110 ГГц преобразователи используют коаксиальные разъемы 1,0 мм, а на частотах выше 110 ГГц — волноводы.

Конфигурация с многократным свипированием по поддиапазнам поддерживает несколько ПЧ компаний OML и Virginia Diodes. Эти преобразователи используют волноводы на частотах выше 110 ГГц и коаксиальные линии в нескольких частотных диапазонах в полосе 67–110 ГГц. Пример конфигурации с преобразователями компании OML показан на рис. 2.



▲ Рис. 2. Добавление преобразователей частоты, выпускаемых компаниями-партнерами, позволяет создать решение ГВЧ-диапазона со свипированием в поддиапазонах

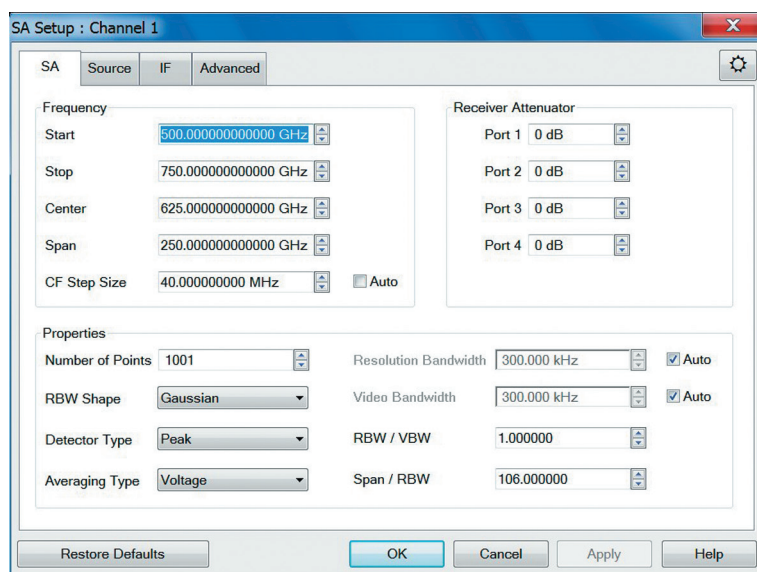
Недавно появилась новая специальная функция Keysight «анализатор спектра в векторном анализаторе цепей», которая поддерживает все эти конфигурации и позволяет выполнять анализ спектра в ТГц-диапазоне с помощью анализаторов цепей PNA и PNA-X.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ ФУНКЦИЙ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Опциональный режим анализатора спектра включает интерфейс пользователя, предлагающий типовой набор настроек: центральная частота и полоса обзора, начальная и конечная частота, величина шага, полоса разрешения (RBW), тип детектора, усреднение, ослабление приемника (рис. 3). Поскольку внутрен-

ние аттенюаторы приемника при этом не используются, то при измерении сигналов мощных устройств могут потребоваться дополнительные внешние аттенюаторы.

Интеграция функций анализатора спектра позволяет быстро переключаться из режима анализа цепей в режим анализа спектра, не меняя физических подключений. Например, если на трассе в режиме векторного анализатора цепей обнаружена аномалия, пользователь может установить в эту точку маркер и, нажав кнопку «Marker to SA», перейти к измерению спектра. Результаты измерения появятся в новом окне, что позволит продолжить наблюдение и анализировать состав и поведение спектра.



▲ Рис. 3. Всплывающее окно с настройками анализатора спектра позволяет выбрать основные параметры нескольких измерительных каналов

Анализаторы PNA и PNA-X оснащены источниками калибровочных сигналов, которые можно подавать на любой из портов ТУ. Благодаря точному контролю частоты, амплитуды и постоянного смещения это позволяет создать прецизионное контрольно-измерительное решение для измерения уровня гармоник и интермодуляционных составляющих. Кроме того, встроенные импульсные генераторы и модуляторы позволяют измерять устройства с помощью импульсных ВЧ-сигналов. В результате вы получаете возможность оценивать поведение ТУ в широком диапазоне режимов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Примененная компанией Keysight функция анализа спектра опирается на архитектуру выпускаемых векторных анализаторов цепей. Типовой анализатор спектра содержит предварительный селектор (фильтр) СВЧ-диапазона, который не пропускает высокоуровневые сигналы и нежелательные продукты смещения в процессе измерения сигналов малого уровня, что позволяет устранить гармоники

и зеркальные составляющие. Функция «анализатор спектра в векторном анализаторе цепей» использует мощную программную технологию для эффективного подавления зеркальных составляющих и внутренних паразитных сигналов.

Эти же методы можно применить в конфигурациях векторных анализаторов цепей с распределенной архитектурой для выполнения измерений в миллиметровом диапазоне. Единственным дополнительным условием является специальная калибровка приемников анализатора спектра для обеспечения необходимой точности измерений. Эта калибровка должна охватывать внешние ПЧ, а также все сопряженное оборудование, кабели и тестовую оснастку. Поскольку пользователь может менять эти элементы в соответствии с нужным частотным диапазоном или схемой измерения, то при каждом изменении конфигурации нужно выполнять два типа калибровки: калибровку уровня мощности и калибровку приемника ПЧ. Чтобы упростить эти операции, новые высокочастотные опции анализатора спектра на базе анализаторов цепей обладают функциями, которые автоматизируют процессы калибровки.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРИРОВАННЫХ ФУНКЦИЙ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

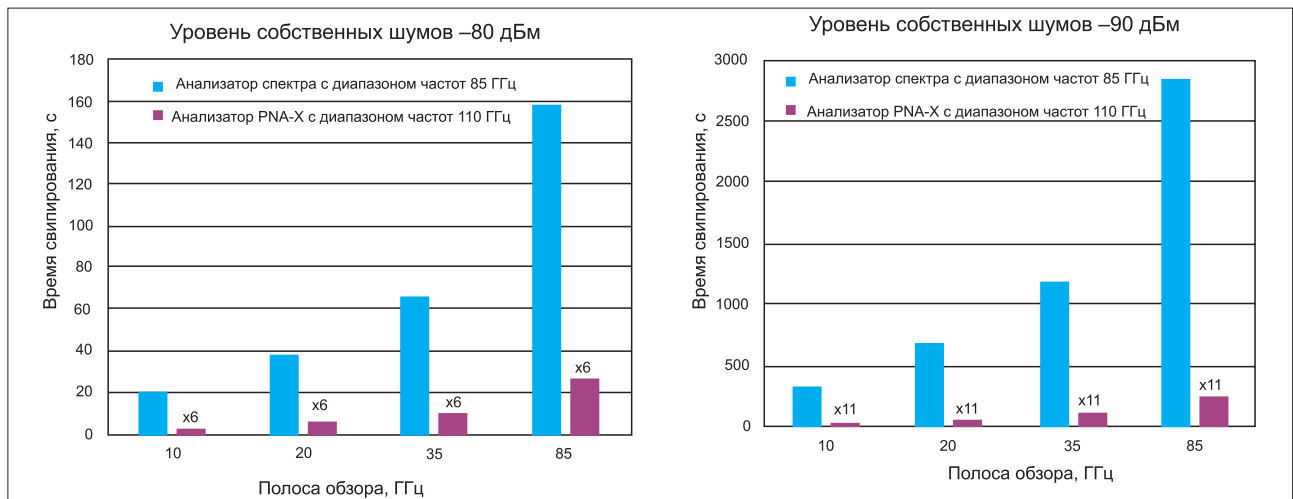
Интеграция функций анализатора спектра в векторный анализатор цепей дает два основных преимущества по сравнению с многоприборным подходом: несколько одновременных измерений и точность за счет калибровки.

Благодаря нескольким измерительным портам векторный анализатор цепей позволяет выполнять многоканальный анализ спектра, синхронизированный с внутренними генераторами свипирующего сигнала. Кроме того, анализаторы PNA и PNA-X могут выполнять одновременные измерения на всех портах ТУ без его переподключения. В список выполняемых измерений входят входной и выходной спектры, мощность в канале, компрессия усиления, прямой и отраженный сигналы, усиление преобразования, гармонические и интермодуляционные составляющие (рис. 4). Это упрощает измерение характеристик таких устройств, как смесители, преобразователи частоты и усилители, а также высокочастотные модули и подсистемы.

Калибровка векторного анализатора цепей и методы исключения нежела-



▲ Рис. 4. Многоканальные измерения в режиме анализа спектра без переподключения позволяют выполнять точные одновременные измерения на всех портах ТУ



▲ **Рис. 5.** С ростом полосы обзора встроенные функции анализатора спектра дают значительный прирост скорости по сравнению с автономными анализаторами спектра или сигналов

тельного влияния компонентов очень важны для выполнения точных измерений в тестовой оснастке и на полупроводниковых пластинах. Этот процесс компенсирует систематические погрешности прибора и устраняет влияние кабелей и тестовой оснастки. Его можно использовать с внешними ПЧ, а также с функцией «анализатор спектра в векторном анализаторе цепей». Кроме того, для подачи на ТУ сигнала нужного уровня можно использовать функции компенсации мощности, компенсирующие заданные потери в тестовой оснастке и пробниках. Результирующее повышение точности измерений позволяет получить истинные характеристики ТУ.

УСКОРЕНИЕ ПОИСКА ПАРАЗИТНЫХ СИГНАЛОВ

Паразитными называются нежелательные сигналы — гармонические или негармонические, которые могут породить ложные сигналы в системах радиолокационных станций или сужать динамический диапазон приемников коммуникационных систем. Но прежде чем разработчик сможет принять меры по снижению уровня паразитных сигналов до приемлемого значения, их надо обнаружить и измерить.

Поиск паразитных сигналов связан с двумя проблемами: временем свипирования и сложностью настройки. Процесс измерения параметров паразитных сигналов занимает много времени, особенно если приходится искать сигналы малого уровня в широком диапазоне частот. Измерение паразитных сигналов в рабочем диапазоне типовых смесителей и преобразователей частоты может быть утомительным и сложным процессом и часто требует применения внешнего

управляющего программного обеспечения.

Благодаря встроенным высокопроизводительным функциям анализатора спектра приборы PNA и PNA-X могут быстро обнаруживать паразитные сигналы в широком диапазоне частот, сокращая время измерения по сравнению с автономными анализаторами сигналов (рис. 5). При этом рост скорости не приводит к снижению точности: результаты измерений сравнимы с результатами, полученными с помощью лучших современных анализаторов спектра или сигналов.

ИТОГИ

Работа в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах, как правило, связана с определенными трудностями. Используемые в СВЧ-анализаторах цепей PNA и PNA-X компании Keysight опциональные интегрированные функции анализатора спектра позволяют, не меняя схемы подключения, измерять параметры и поведение компонентов в ГВЧ-диапазоне. Возможность выполнять спектральные измерения по нескольким каналам одновременно позволяет исследователям и разработчикам быстро и с высокой точностью анализировать происходящие процессы. —

Дополнительную информацию можно найти на странице www.keysight.com/find/thz.