



СВЧ-анализаторы цепей серии PNA-X компании Agilent



*Полное определение
линейных и нелинейных
характеристик
компонентов одним
прибором*

Абсолютное превосходство



Agilent Technologies

Самое совершенное в отрасли техническое решение для тестирования ВЧ-устройств

Добейтесь абсолютного превосходства



Все мощные измерительные приложения PNA-X можно использовать для тестирования устройств на пластине.

Выберите лидера в области анализа цепей

СВЧ-анализаторы цепей СВЧ серии PNA-X - вершина 40-летней истории технического лидерства и инноваций компании Agilent в области анализа ВЧ-цепей. Приборы серии PNA-X являются самыми интегрированными и гибкими средствами тестирования СВЧ-диапазона для измерения параметров активных устройств, таких как усилители, смесители и преобразователи частоты, оставляя конкурентов далеко позади.

Объединение двух внутренних источников сигналов, устройства суммирования сигналов, приёмников для измерения S-параметров и шума, импульсных модуляторов и генераторов, гибкого набора переключателей и ВЧ-точек доступа создаёт мощную аппаратную платформу для широкого диапазона измерений линейных и нелинейных параметров, обеспечиваемых при одном наборе подключений к тестируемому устройству (ТУ).

При тестировании параметров активных устройств, в зависимости от стоящих задач, требуется оптимальное сочетание быстродействия и производительности. На этапе разработки анализаторы серии PNA обеспечивают высокий уровень достоверности измерений, на производстве - высокую производительность и повторяемость измерений. Каждый анализатор семейства PNA - это воплощение нашего опыта в области тестирования параметров линейных и нелинейных устройств.

Самый широкий в мире спектр измерительных приложений

Приложения PNA-X обеспечивают скорость, точность и простоту проведения стандартных измерений параметров ВЧ-устройств при коаксиальном подключении, в устройстве подключения или на пластине. Эти приложения включают:

- Измерения S-параметров (в НГ и в импульсных режимах)
- Измерение коэффициента шума
- Измерение компрессии коэффициента усиления
- Измерение интермодуляционных и гармонических искажений
- Тестирование антенн
- Измерение усиления/потерь преобразования
- Измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов стимулов
- Определение характеристик нелинейных компонентов и X-параметров *

Технология анализа цепей до нанодиапазона

Анализаторы цепей серии PNA-X совместимы также со следующими техническими решениями компании Agilent:

- Программное обеспечение измерительной системы физического уровня (PLTS) для калибровки, измерения и анализа линейных пассивных средств межсоединений (кабели, соединители, объединительные платы и печатные платы).
- Оборудование и принадлежности для исследования свойств материалов, помогающие определить, как материалы взаимодействуют с электромагнитными полями, посредством вычисления диэлектрической и магнитной проницаемости.
- Отмеченный наградами сканирующий СВЧ-микроскоп для создания мощной и уникальной комбинации с целью топографических измерений калиброванных ёмкостей и плотности легирующих примесей при нанометровых размерах.

Нужный диапазон частот для Ваших задач

N5249A	от 10 МГц до 8,5 ГГц
N5241A	от 10 МГц до 13,5 ГГц
N5242A	от 10 МГц до 26,5 ГГц
N5244A	от 10 МГц до 43,5 ГГц
N5245A	от 10 МГц до 50 ГГц
N5247A	от 10 МГц до 67 ГГц
PNA-X с модулями мм-диапазона	от 10 МГц до 1,05 ТГц

* X-параметры - зарегистрированный товарный знак компании Agilent Technologies. Формат X-параметров и лежащие в их основе уравнения являются открытыми и задокументированы. Для получения более подробной информации посетите сайт компании: <http://www.agilent.com/find/eesof-x-parameters-info>

Создайте оптимальную систему с нужным диапазоном частот.

Комплекс измерений с помощью одного прибора

Замените целую стойку с оборудованием одним прибором

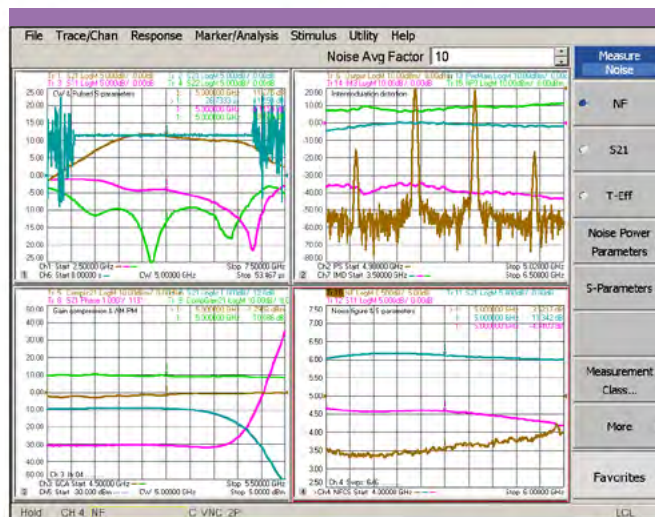
Обладая высокоинтегрированными и универсальными аппаратными средствами и реконфигурируемыми измерительными трактами, PNA-X позволяет заменить целые стойки с оборудованием одним измерительным прибором. Один PNA-X может заменить следующие измерительные приборы:

- Анализатор цепей
- Анализатор спектра
- Два источника сигналов
- Измеритель/анализатор коэффициента шума
- Измерители мощности
- Коммутационная матрица
- Цифровой вольтметр

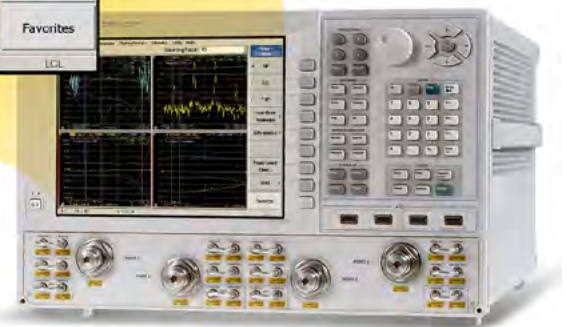


Преимущества технического решения на базе PNA-X

- **Более простая архитектура испытательных систем** позволяет снизить стоимость аппаратных средств и программного обеспечения ускорить разработку и начало производства сократить время простоя и снизить стоимость технического обслуживания сократить размеры и потребляемую мощность
- **Ускорение времени испытаний** позволяет повысить производительность системы
- **Более высокая точность** повышает качество выпускаемой продукции и позволяет более точно определять характеристики устройств
- **Гибкие аппаратные средства** позволяют быть готовым к будущим требованиям к испытаниям



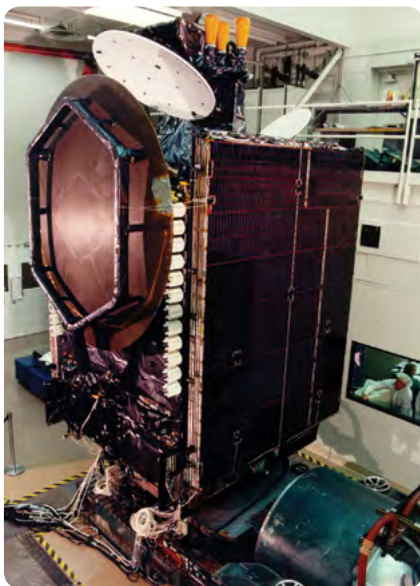
Используя один набор подключений к усилителю или преобразователю частоты, PNA-X может измерять S-параметры, интермодуляционные искажения, зависимость компрессии коэффициента усиления и фазы от частоты, коэффициент шума и многое другое в НЧ и импульсных режимах.



Практические результаты – примеры применения PNA-X

“Мы выбрали PNA-X компании Agilent, поскольку это **позволило исключить излишние переподключения кабелей** между измерениями и **получить больше активных измерений, чем позволил бы любой другой анализатор цепей**. Раньше для измерения S-параметров, векторного анализа сигналов и измерения коэффициента шума мы использовали отдельные измерительные приборы, а теперь, используя PNA-X, мы можем **проводить все эти активные измерения с помощью одного прибора**.”

Руководитель отдела разработки испытательных систем



ПРИМЕР 1

Поставщик компонентов для аэрокосмической/оборонной промышленности сократил время испытаний на 95%

Проблемы

Заказчик производит более 4600 типов ВЧ-компонентов, причём в любой данный момент времени в производстве находится обычно около 1000 устройств. Эти устройства включали фильтры, умножители частоты, усилители и переключатели, работающие в диапазоне частот от 10 МГц до 60 ГГц. Заказчику необходимо было упростить испытательную систему для одного из многопортовых устройств, причём он намеревался разработать автоматизированную испытательную систему (АИС), не требующую вмешательства оператора. Основные проблемы были следующие.

- Сложные и дорогие испытательные системы, состоящие из нескольких аппаратных стоек с оборудованием и километров измерительных кабелей
- Необходимость множества переподключений кабелей и повторных калибровок, связанных с постоянным вмешательством оператора и временем простоя
- Значительный объем повторных испытаний и большое время вынужденного простоя системы

Результаты

Возможность PNA-X объединять в одном приборе больше активных измерений, чем любое другое изделие на рынке, обеспечило следующие результаты.

- **Ускорение времени испытаний:** сокращение времени испытаний с 4 часов до 24 минут на одно значение температуры по сравнению с предшествующей АИС привело к общему сокращению времени испытаний на 95%
- **Сокращение объема оборудования:** замена девяти аппаратных стоек с оборудованием тремя 12-портовыми анализаторами цепей PNA-X
- **Увеличение производительности труда оператора:** операторам разрешено контролировать 4 испытательных станции одновременно; исключена необходимость в испытательных станциях, управляемых одним оператором
- **Сокращение повторных испытаний и переподключений кабелей**

ПРИМЕР 2

Разработчик и производитель спутников сократил время испытаний с трёх часов до трёх минут

Проблемы

Эта аэрокосмическая компания проводила специальные стендовые испытания и намеревалась модернизировать свои испытательные системы, чтобы повысить производительность испытаний и объем выпуска продукции. Предшествующие системы испытаний бортовой аппаратуры спутников использовали большое количество стоек с оборудованием, и их использование было связано с большими накладными расходами. Компании требовалось тратить много времени и усилий для программирования и технического обслуживания этих испытательных систем.

Результаты

Первоначально аэрокосмическая компания закупила четыре PNA-X (модели с диапазоном частот до 26,5 и 50 ГГц). В связи со значительным ростом производительности и объема выпуска продукции компания закупила ещё восемь анализаторов. В одном из тестов степень улучшения превысила все ожидания: измерение АЧХ, ранее требовавшее 20 минут, заняло меньше минуты. Заменяв свою испытательную систему анализатором цепей PNA-X, компания эффективно модернизировала и упростила процесс испытаний, что позволило получить следующие результаты.

- **Ускорение времени испытаний:** при исполнении полного набора тестов время испытаний сократилось с трёх часов до трёх минут
- **Сокращение объема оборудования:** замена двухстоечной системы испытаний бортовой аппаратуры одним 4-портовым анализатором цепей PNA-X
- **Уменьшение размеров системы:** сокращение места, занимаемого системой, и потребляемой мощности

ПРИМЕР 3

Производитель систем беспроводной связи сократил время испытаний с 30 до 10 минут

Проблемы

Производитель разрабатывал новую широкополосную систему беспроводной связи, и ему требовалась более быстросействующая испытательная система. Имеющаяся система состояла из двух источников сигналов, анализатора спектра и измерителей мощности. По предварительной оценке при использовании этой системы для тестирования нового продукта потребовалось бы 30 минут, хотя была поставлена цель достичь 15 минут. Помимо более быстрого технического решения для испытаний, компании требовалось также проводить измерения коэффициента шума и искажений с более высокой точностью. Кроме того, требовалось измерять при одном подключении преобразователи как с повышением, так и с понижением частоты.

Результаты

Замена существующей испытательной системы одним 4-портовым PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц позволило компании получить следующие результаты.

- **Ускорение времени испытаний:** при исполнении полного набора тестов время испытаний сократилось с тридцати минут до десяти минут
- **Уменьшение времени простоя и сокращение затрат на техническое обслуживание:** уменьшение количества используемого оборудования сократило время подготовки к работе, а также свело к минимуму проблемы, связанные с многочисленными отказами оборудования, и привело к снижению стоимости ежегодных работ по калибровке системы
- **Снижение себестоимости оборудования:** стоимость 4-портового PNA-X значительно меньше стоимости старой испытательной системы, состоящей из нескольких измерительных приборов.

ПРИМЕР 4

Компании, занимающейся обеспечением безопасности, удалось ускорить проведение испытаний и повысить точность измерений

Проблемы

Компании потребовалось обновить свою старую испытательную систему, которая состояла из большого количества коммутационных матриц и анализаторов цепей. Старая система требовала от технических специалистов выполнять переподключения тестируемого устройства (ТУ) к нескольким измерительным приборам для выполнения последовательности различных измерений. Такой подход был признан медленным, затратным, предрасположенным к погрешностям, требующим значительного вмешательства оператора и дополнительного оборудования. Компания искала техническое решение, которое было бы простым в установке и использовании, сократило время и стоимость испытаний, минимизировало погрешности измерений и занимало меньше места.

Результаты

Компания решила приобрести анализаторы цепей PNA-X, а не просто обновить существующую систему путём замены отдельных приборов более новыми, совместимыми со старыми по коду, как предлагал поставщик существующего испытательного оборудования. Это решение было принято, несмотря на то, что потребовало значительной переработки программного обеспечения. В результате компания сэкономила время при проведении испытаний по сравнению с существующими техническими решениями и получила следующие результаты.

- **Простота установки и использования:** технические специалисты теперь могут легко подключаться к ТУ и проводить все измерения различных параметров за один проход без использования дополнительного оборудования
- **Более быстрые и более точные испытания:** используя только один измерительный прибор, технические специалисты стали способны проводить требуемые испытания за значительно меньшее время и с более высокой точностью
- **Уменьшение размеров системы:** один 4-портовый PNA-X уменьшил начальные капитальные вложения, количество оборудования, занимаемую площадь и потребление мощности, что привело к снижению накладных расходов

“Мы выбрали PNA-X компании Agilent благодаря его **уникальной способности проведения комплекса измерений при одном подключении**. PNA-X является также единственным техническим решением, которое мы нашли, позволяющим точно проводить измерения нелинейных характеристик, используя программную опцию NVNA. Это позволило нам сэкономить поразительно много времени при разработке, поскольку мы могли **быстро и точно определять характеристики нелинейного поведения** тестируемых устройств, даже при крайне высоких уровнях мощности”.

Руководитель отдела разработки испытательных систем

Интуитивно-понятное управление для быстрого управления функциями анализатора

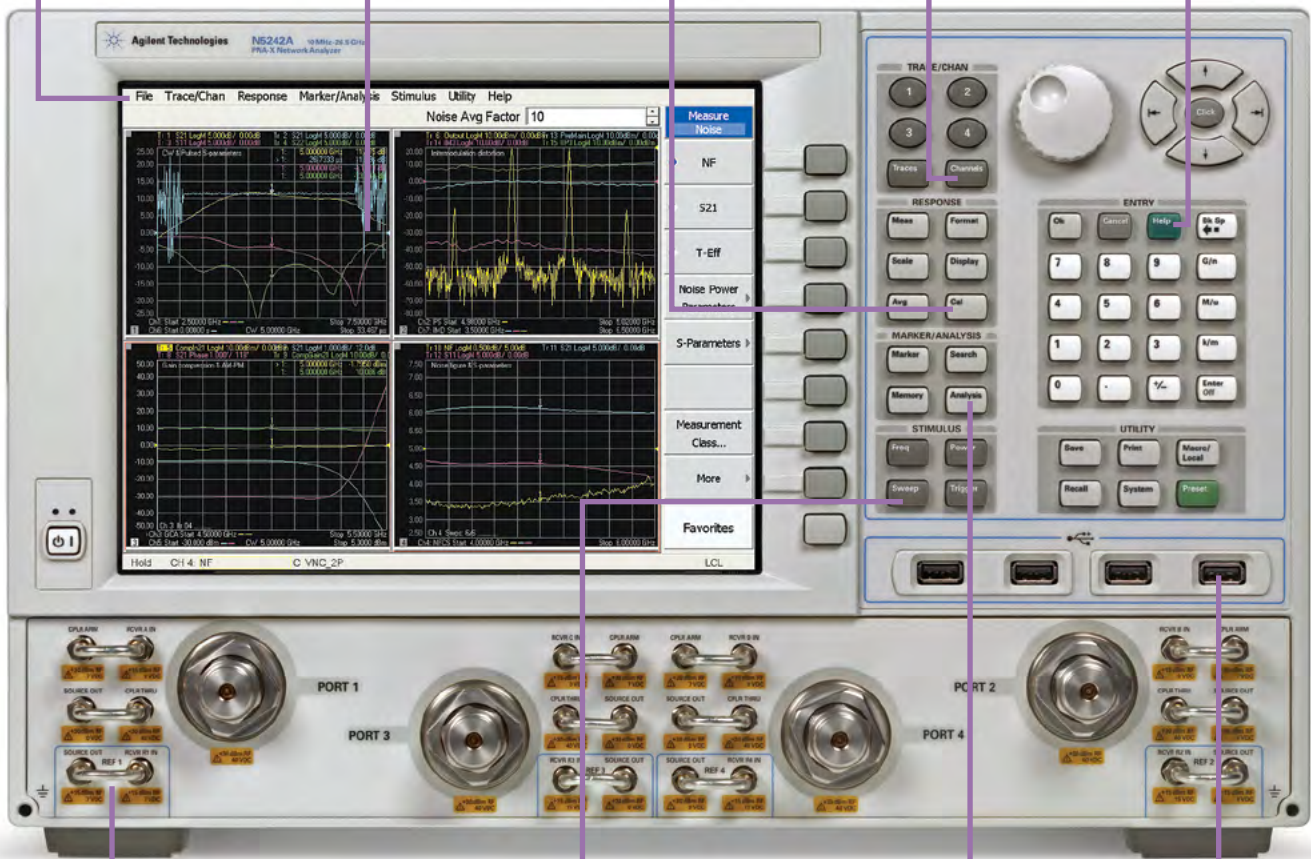
Гибкий интерфейс пользователя: аппаратные клавиши, программируемые клавиши, ниспадающие меню и функция сенсорного экрана

До 10 маркеров на график

Методы калибровки, соответствующие последним достижениям

200 измерительных каналов и неограниченное число графиков

Диалоговая справочная система



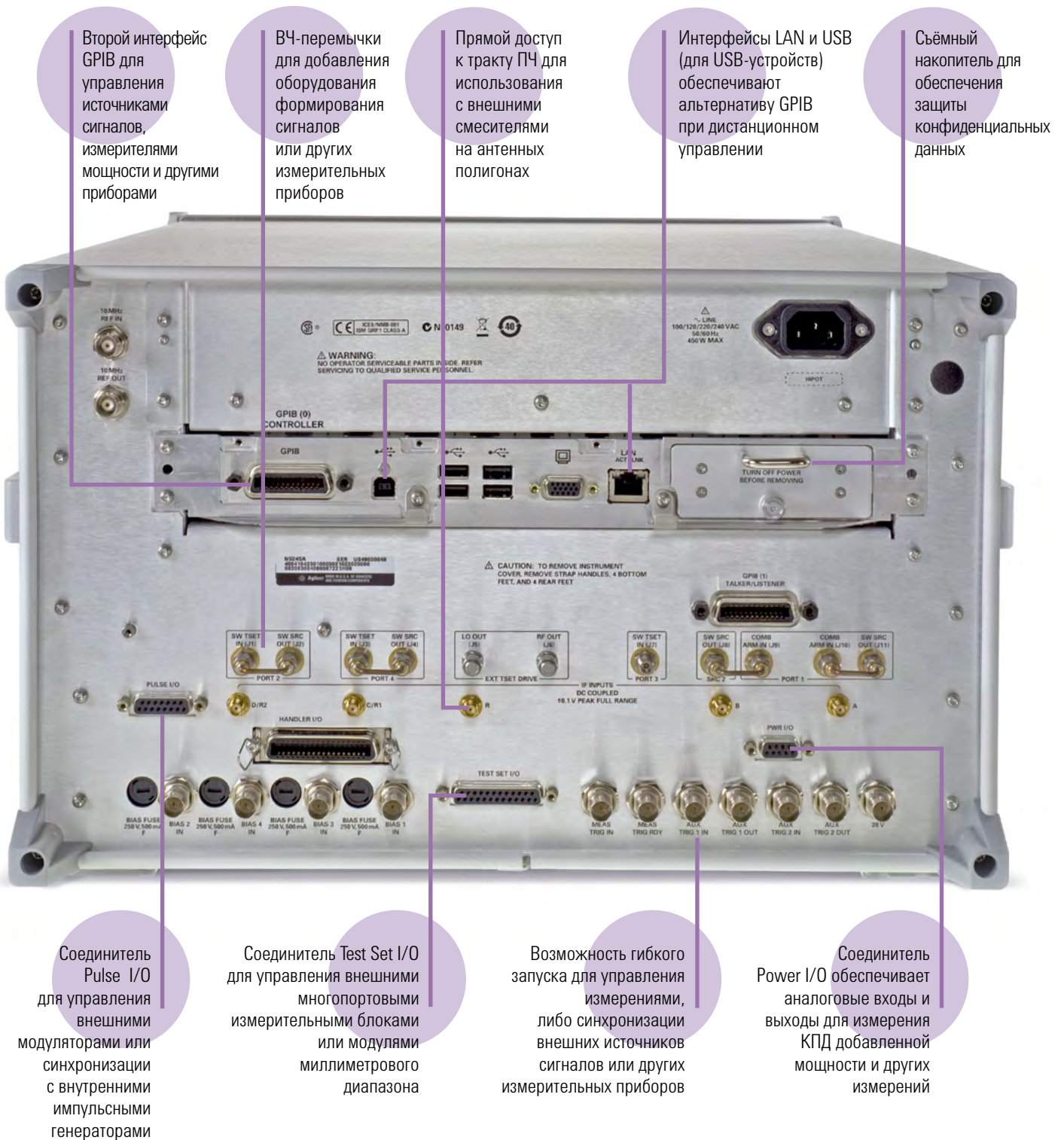
Конфигурируемый измерительный блок, доступный на всех моделях

Виды свипирования: линейное, логарифмическое, НГ, сегментированное, свипирование уровня мощности, свипирование смещения фазы

Редактор формул и анализ во временной области

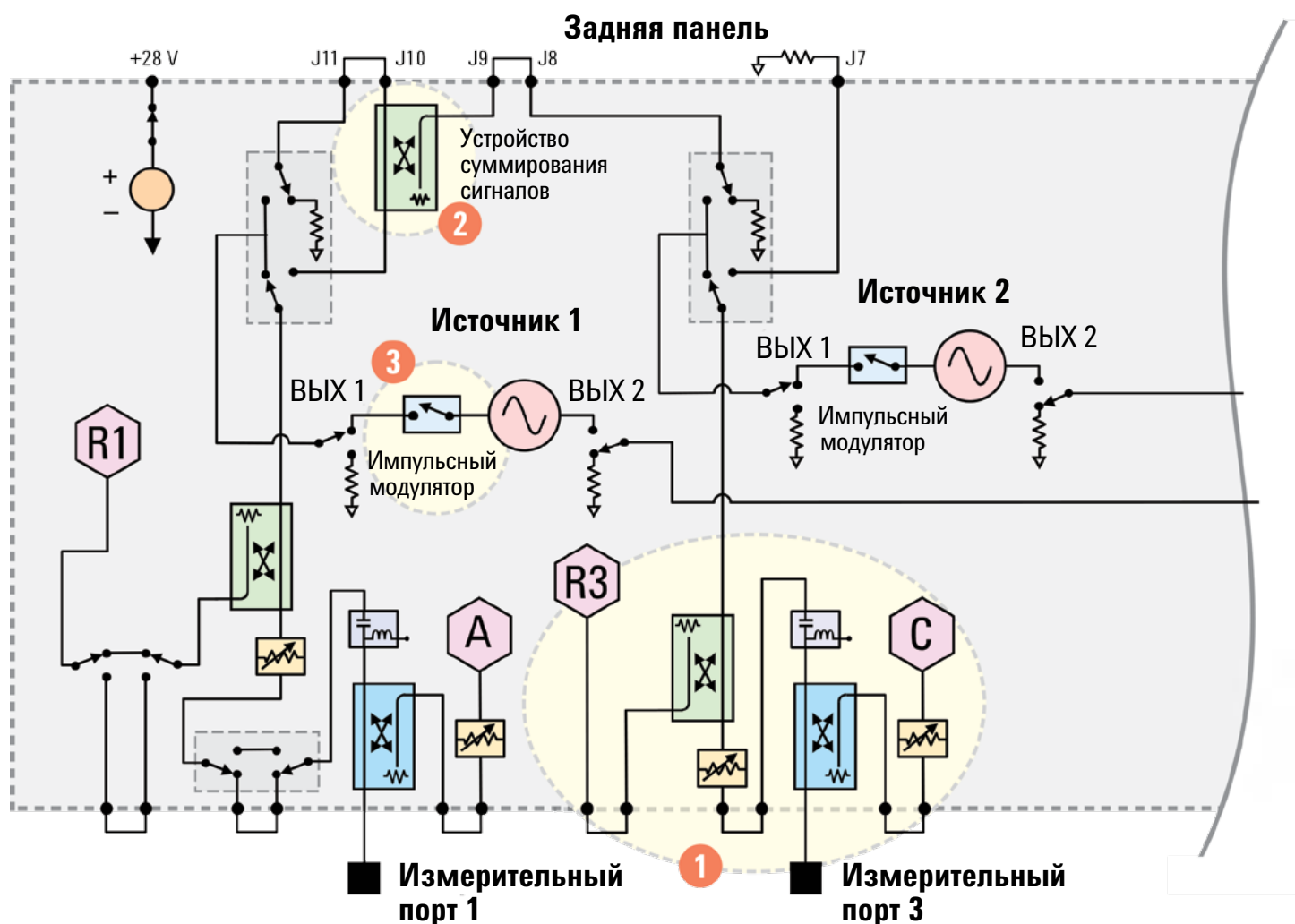
Быстрый доступ для модулей электронной калибровки (ECal) и других устройств с интерфейсом USB

Аппаратные средства для обеспечения исключительной гибкости



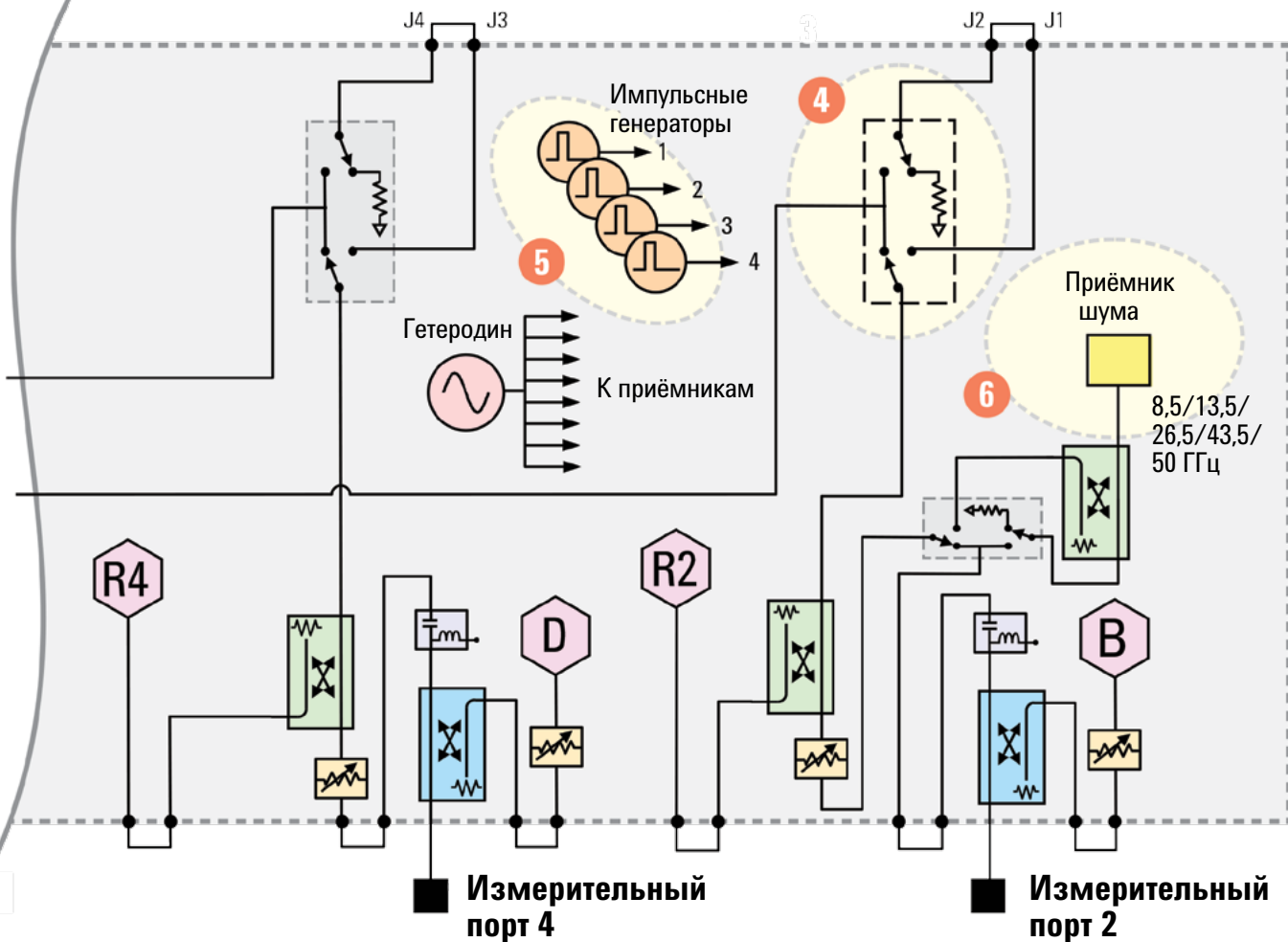
Гибкая архитектура

- 1 Каждый измерительный порт включает измерительные и опорные ответвители и приёмники, аттенюаторы источников и приёмников, а также цепи подачи смещения для обеспечения максимальной точности и гибкости измерений.
- 2 Встроенное устройство суммирования сигналов значительно упрощает установку для измерения интермодуляционных искажений и X-параметров.
- 3 Внутренние импульсные модуляторы позволяют проводить интегрированные измерения в импульсных режимах в пределах полного диапазона частот работы прибора, исключая необходимость использования дорогих и громоздких внешних модуляторов



- 4** Переключаемые перемычки задней панели обеспечивают возможность добавления оборудования формирования сигналов или подключения дополнительного измерительного оборудования к тестируемому устройству (ТУ) без переподключения измерительных кабелей.
- 5** Настройка импульсной синхронизации для импульсных модуляторов и внутренних затворов ПЧ упрощается благодаря использованию встроенных импульсных генераторов.
- 6** Внутренние малошумящие приёмники при использовании с передовыми алгоритмами калибровки и измерений обеспечивают самые точные в отрасли измерения коэффициента шума.

Задняя панель



Инновационные приложения

Простые, быстрые и точные измерения в импульсных режимах

(Опции 008, 021, 022, 025)



В течение 1990-х годов HP 8510 был промышленным стандартом для векторных анализаторов цепей с возможностью измерений в импульсном режиме.



Серия PNA заменила стоечную систему 8510 настольным техническим решением.

Проблемы измерения параметров цепей в импульсном режиме

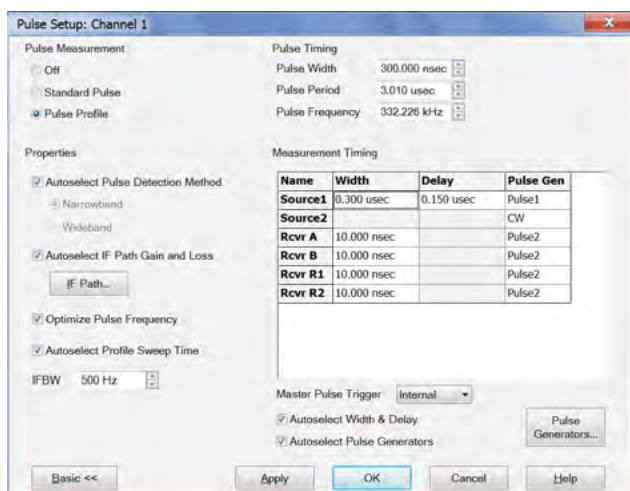
- Импульсные генераторы и модуляторы, необходимые для измерений в импульсных режимах, значительно усложняют измерительную систему
- Для коротких импульсов:
 - максимальная полоса ПЧ анализатора часто слишком мала для широкополосного детектирования
 - узкополосное детектирование получается слишком медленным, а измерения зашумленными для импульсов с низким коэффициентом заполнения

Измерения PNA-X в импульсном режиме обеспечивают:

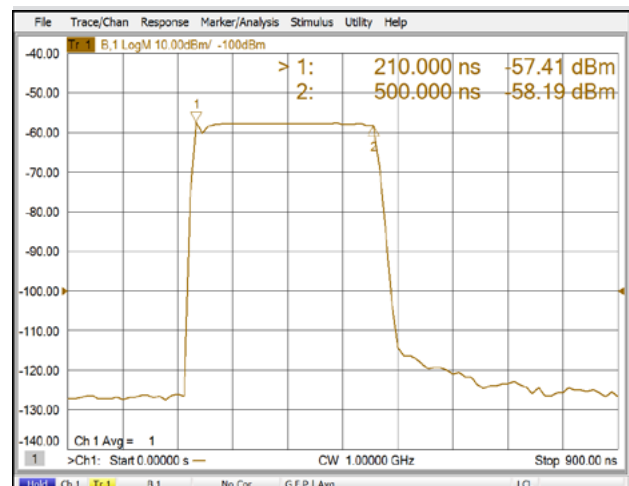
- Простой интерфейс пользователя для полного управления двумя внутренними импульсными модуляторами (опции 021 и 022) и четырьмя внутренними независимыми импульсными генераторами (опция 025)
- Измерения с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse) при минимальной длительности импульса 20 нс, а также профиля импульса (Pulse profile) с минимальным разрешением 10 нс (опция 008))
- Повышение скорости и точности измерений при узкополосном детектировании за счёт использования аппаратных фильтров и патентованных методов спектрального обнуления и программного стробирования сигналов ПЧ
- Измерения, использующие метод широкополосного детектирования, с минимальной длительностью импульсов 100 нс
- Соединитель Pulse I/O на задней панели для синхронизации с внешним оборудованием и ТУ
- Точные измерения параметров активных компонентов с помощью уникальных приложений для измерения компрессии коэффициента усиления, интермодуляционных искажений в режимах свипирования частоты/уровня мощности и коэффициента шума



Первое в отрасли одноблочное техническое решение для измерения параметров цепей в импульсном режиме PNA-X устанавливает новый стандарт простоты использования, скорости и точности измерений.



Приложение для измерений в импульсном режиме автоматически оптимизирует конфигурацию внутренних аппаратных средств для заданных условий формирования импульсов, значительно упрощая установку параметров испытаний. Кроме того, пользователи могут выбрать ручную установку.

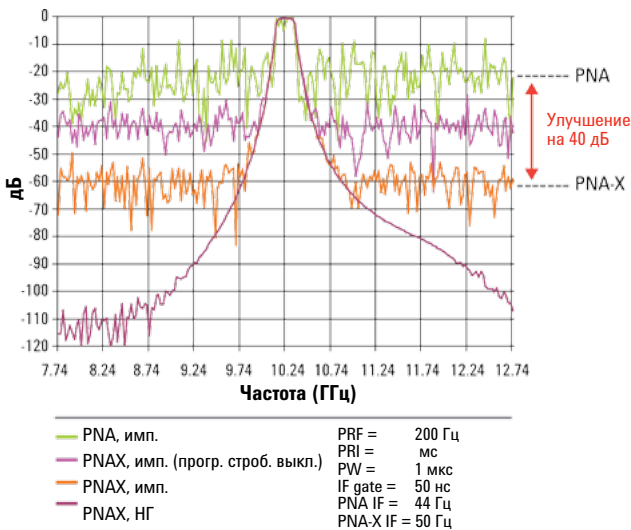


Измерение профиля импульса при использовании метода узкополосного детектирования даёт 30 точек измерения в пределах длительности импульса 300 нс, обеспечивая временное разрешение 10 нс.

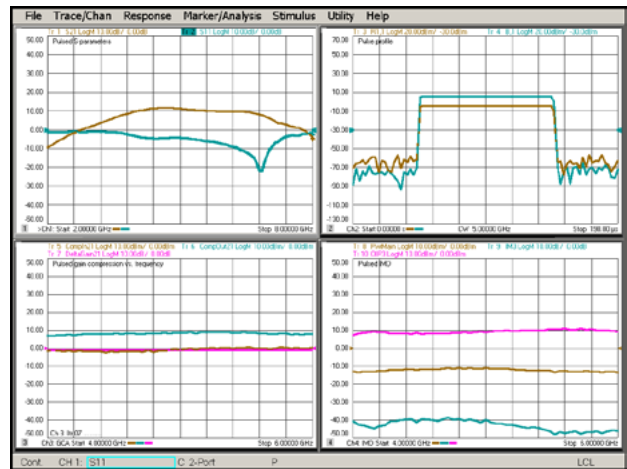
Советы экспертов

- В сравнении с усреднением по циклам свипирования усреднение по точкам обычно обеспечивает более быстрое получение результатов, если усреднение необходимо для снижения уровня шума и улучшения точности измерений при использовании широкополосного детектирования.
- Во время калибровки мощности источника измерители мощности считывают среднюю мощность, хотя анализатор устанавливает пиковую мощность импульсных сигналов стимулов. Для компенсации разницы между значениями пиковой и средней мощности, следует использовать функцию смещения мощности на значение $10 \log$ (коэффициент заполнения).
- Минимальная длительность импульса для измерений с усреднением на выбранном участке в пределах

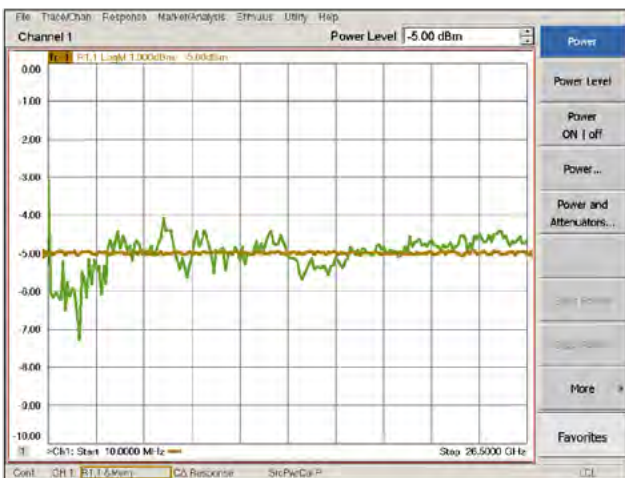
- длительности импульса при использовании широкополосного детектирования определяется числом выборок, требуемых для полосы ПЧ. Например, минимальная длительность импульса равна 100 нс, если полоса ПЧ = 15 МГц; 300 нс, если полоса ПЧ = 5 МГц и 1,44 мкс, если полоса ПЧ = 1 МГц. При работе с минимальной длительностью импульсов для конкретной полосы ПЧ важно точно задать задержку измерения (с разрешением 10 нс), чтобы настроить импульсную модуляцию и период сбора данных.
- В импульсном режиме важно использовать выравнивание уровня по приёмнику для поддержания точности определения уровня мощности при соответствующих измерениях, таких как измерение выходной мощности, компрессии и интермодуляционных искажений.



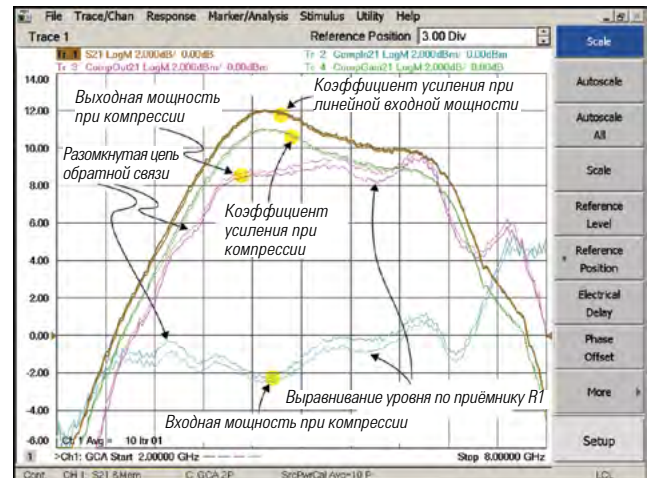
Метод узкополосного детектирования PNA-X, используемый при коротких длительностях импульса (< 267 нс) использует специальные аппаратные средства и патентованные методы программного стробирования, которые улучшают динамический диапазон системы при измерениях с низким коэффициентом заполнения импульсов на 40 дБ по сравнению с измерениями в импульсном режиме с помощью систем на базе PNA.



PNA-X позволяет точно измерить параметры активных устройств в импульсных режимах, используя один набор подключений к ТУ. В данном примере показаны результаты измерений: S-параметров в импульсном режиме, профили импульса (входная и выходная мощность во временной области), зависимости компрессии коэффициента усиления от частоты и интермодуляционных искажений в режиме свипирования частоты.



Использование функции выравнивания уровня по приёмнику уменьшает погрешность измерений уровня мощности в импульсных режимах с ± 1 дБ до менее чем 0,05 дБ.



Выше показано сравнение результатов измерений с выравниванием уровня по приёмнику и без него при измерениях компрессии коэффициента усиления. Неточное определение уровня тестовых сигналов приводит к большим погрешностям при измерениях, связанных с определением уровня мощности, таких как определение зависимости уровня входной и выходной мощности в точке компрессии от частоты.

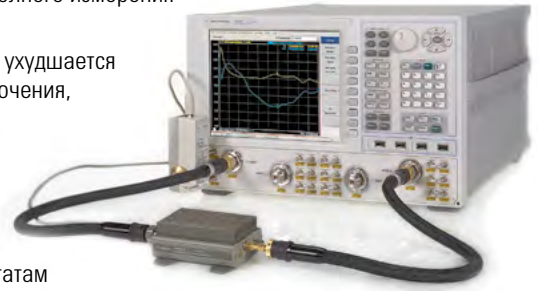
Инновационные приложения

Быстрые и точные измерения коэффициента шума

(Опции 028, 029)

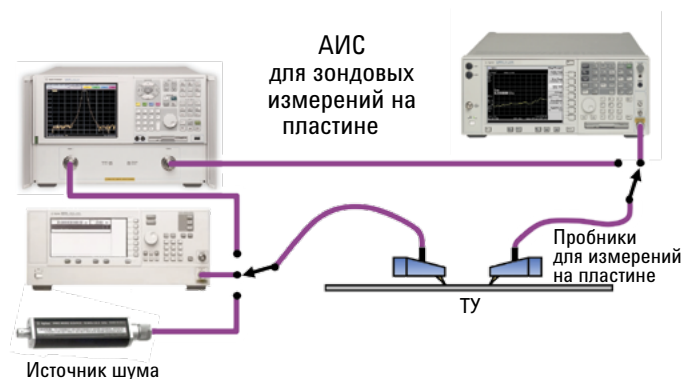
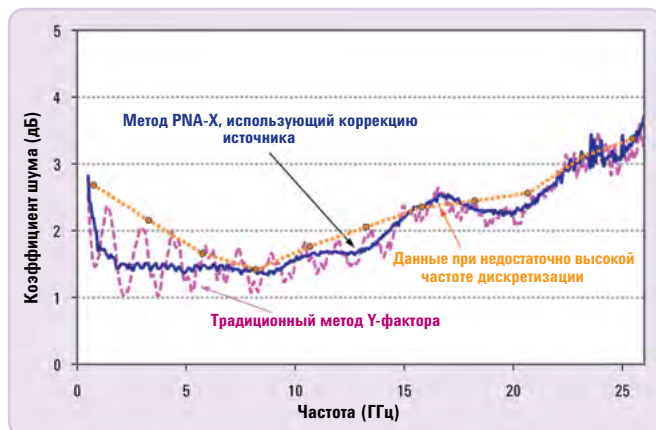
Проблемы измерения коэффициента шума с помощью традиционного метода Y-фактора

- Требуется несколько измерительных приборов и несколько переподключений для полного измерения параметров TУ
- Точность этого метода значительно ухудшается при измерении в устройстве подключения, на пластине или в АИС, где источник шума не может быть подключен непосредственно к TУ
- Измерения являются медленными, часто ведущими к меньшему числу точек измерения и ложным результатам из-за недостаточно высокой частоты дискретизации (наложения спектров)



Техническое решение на базе PNA-X для измерения коэффициента шума обеспечивает:

- Измерения усилителей и преобразователей частоты с самой высокой в отрасли точностью за счёт использования передовых методов коррекции ошибок
- Быстрые измерения: обычно от 4 до 10 раз быстрее в сравнении с анализаторами коэффициента шума серии NFA компании Agilent
- Сверхбыстрые измерения параметров шума при использовании с автоматическими тюнерами компании Maury Microwave, позволяющими повысить скорость измерения от 200 до 300 раз



Для 401 точки измерения характеристик несогласованного транзистора PNA-X показывает намного меньший уровень неравномерности характеристики по сравнению с методом Y-фактора. 11 точек измерения, получаемые по умолчанию с помощью анализатора коэффициента шума серии NFA недостаточны, что приводит к ложным результатам измерения характеристик усилителя.

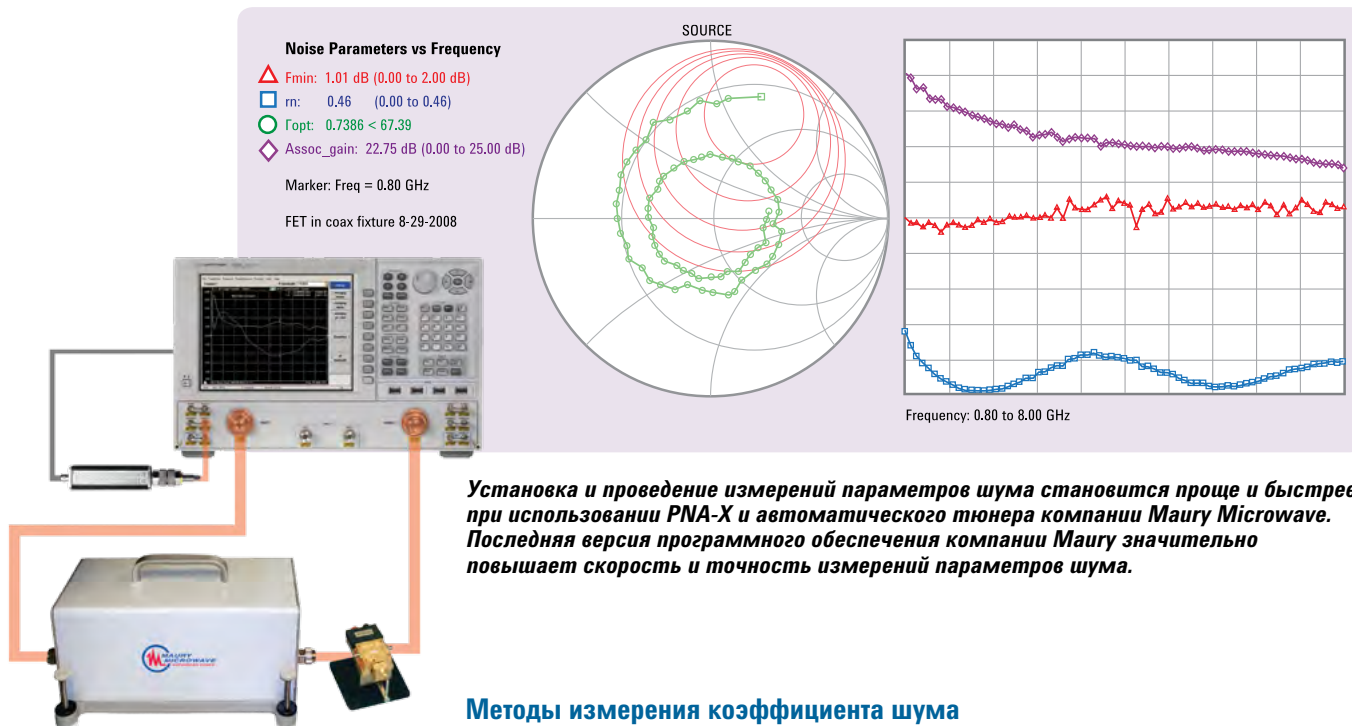
При измерениях с использованием метода Y-фактора любая электрическая цепь, подключенная между источником шума и TУ (кабели, коммутационные матрицы, пробники для измерений на пластине), приводит к значительному ухудшению точности измерений.

“В моём фонде оборудования имеется несколько измерительных приборов, которые способны измерять коэффициент шума: измерители коэффициента шума серии 8970, анализаторы коэффициента шума серии NFA и анализаторы спектра. Для меня большой проблемой при измерениях коэффициента шума было отсутствие корреляции, поскольку я получал разные результаты, в зависимости от того, какой измерительный прибор использовал. Теперь, используя высокую точность измерений, обеспечиваемую PNA-X, я знаю, что получу точный результат каждый раз, независимо от того, какой PNA-X я использую”.

Руководитель отдела разработки испытательных систем

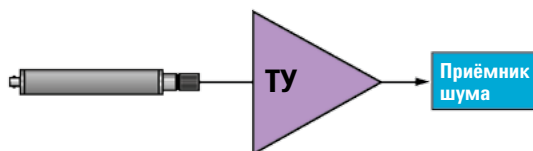


Измерения параметров шума за минуты, а не за дни

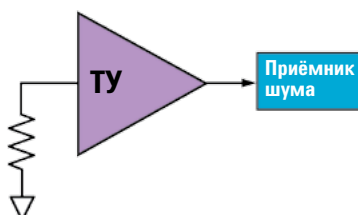


Методы измерения коэффициента шума

МЕТОД Y-ФАКТОРА. Самым распространённым методом измерения коэффициента шума является метод Y-фактора. В его основе заложено использование источника шума, который подключается ко входу тестируемого усилителя (ТУ). Когда источник шума выключен, он представляет импеданс "холодного" источника, что эквивалентно нагрузке при комнатной температуре. Когда источник шума включен, он создаёт избыточный шум, эквивалентный нагрузке "горячего" источника. При этих двух состояниях на выходе испытуемого усилителя измеряется мощность шума, и вычисляются скалярный коэффициент усиления и коэффициент шума усилителя. Метод Y-фактора используется анализаторами коэффициента шума серии NFA и анализаторами спектра компании Agilent с опциями предусилителя и специализированной программы для измерения коэффициента шума.



МЕТОД ХОЛОДНОГО ИСТОЧНИКА. Альтернативным методом измерения коэффициента шума является метод холодного источника или метод прямого измерения шума. При использовании этого метода производится только одно измерение мощности шума на выходе испытуемого усилителя, при этом вход усилителя нагружен импедансом источника комнатной температуры. Метод холодного источника требует независимого измерения коэффициента усиления усилителя. Данный метод хорошо подходит для векторных анализаторов цепей, поскольку они могут очень точно измерять коэффициент усиления (S_{21}), используя векторную коррекцию ошибок. Другим преимуществом метода холодного источника является то, что как измерения S-параметров, так и измерения коэффициента шума могут проводиться при одном наборе подключений к тестируемому усилителю.



Инновационные приложения

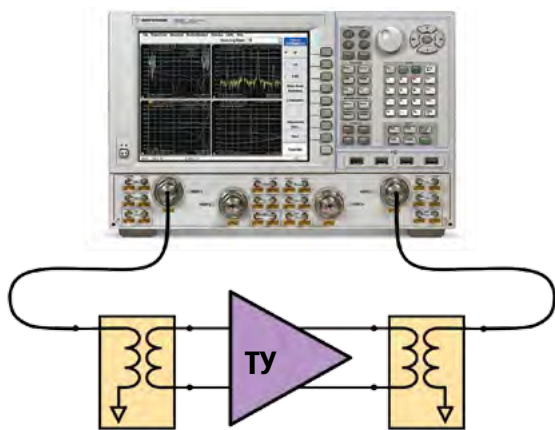
Быстрые и точные измерения коэффициента шума

(Опции 028, 029)

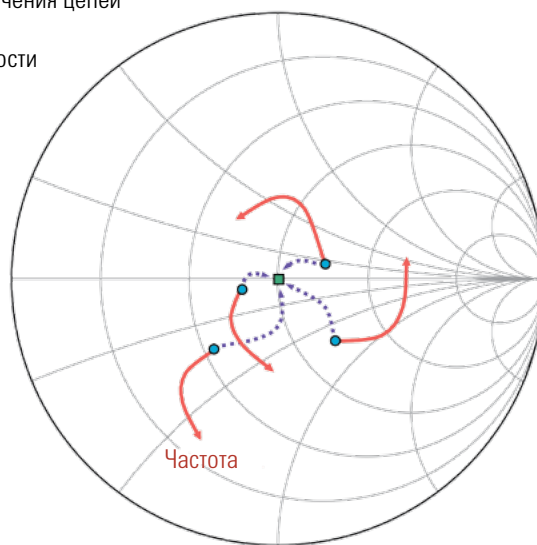
продолжение

Уникальное техническое решение для измерения коэффициента шума на базе PNA-X с коррекцией неполного согласования в источнике

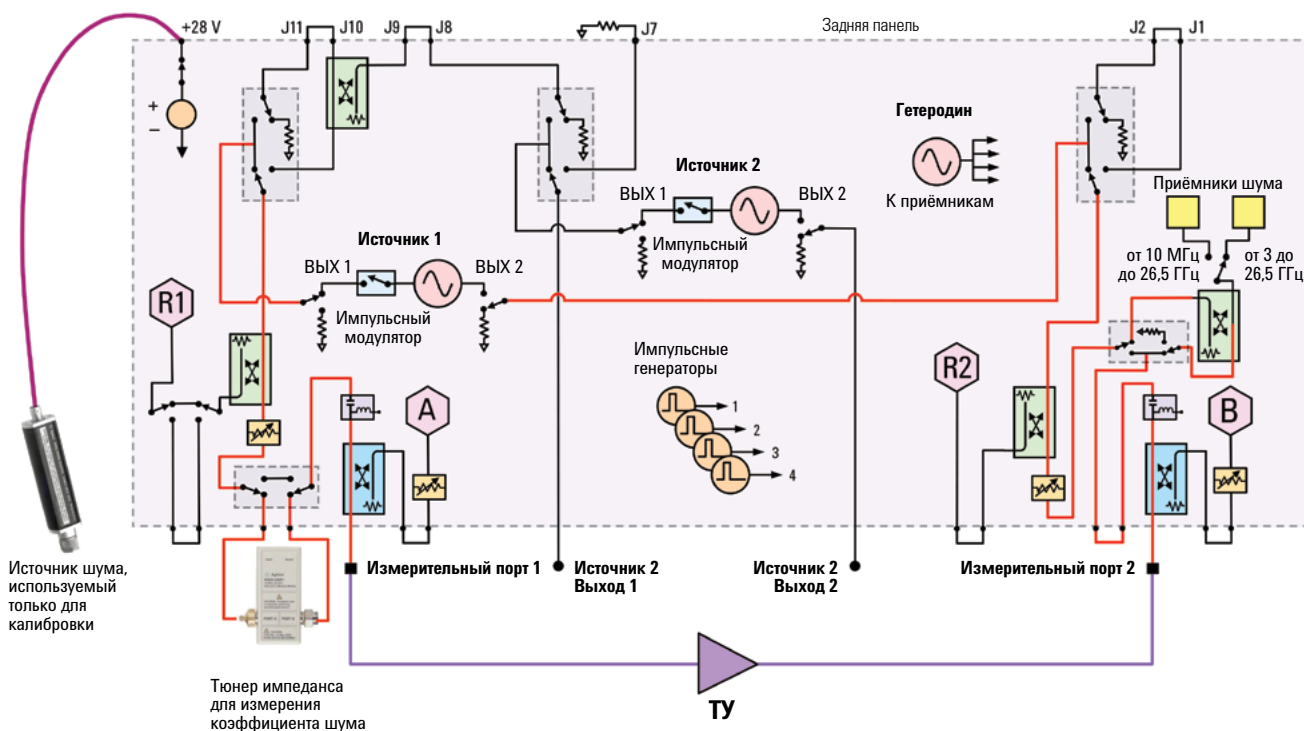
- Использует модифицированный метод холодного источника, исключая необходимость в источнике шума при измерении ТУ
- Корректирует неполное согласование в источнике, используя векторную коррекцию для устранения ошибок рассогласования. Кроме того, модуль ECal используется как тюнер импеданса для устранения наведённых ошибок при измерении коэффициента шума
- Поддерживает высокую точность при измерении в устройстве подключения, на пластине или в АИС
- Обеспечивает точность при измерении дифференциальных устройств за счёт использования векторного исключения цепей симметрирующих устройств или противофазных делителей мощности



Измерение дифференциальных устройств путём исключения цепей симметрирующих устройств и противофазных делителей мощности.



При каждом значении частоты проводится четыре или более измерений мощности шума с известным, но не равным 50 Ом, импедансом источника. Используя результаты этих измерений, вычисляется точное значение коэффициента шума, соответствующее импедансу источника 50 Ом.

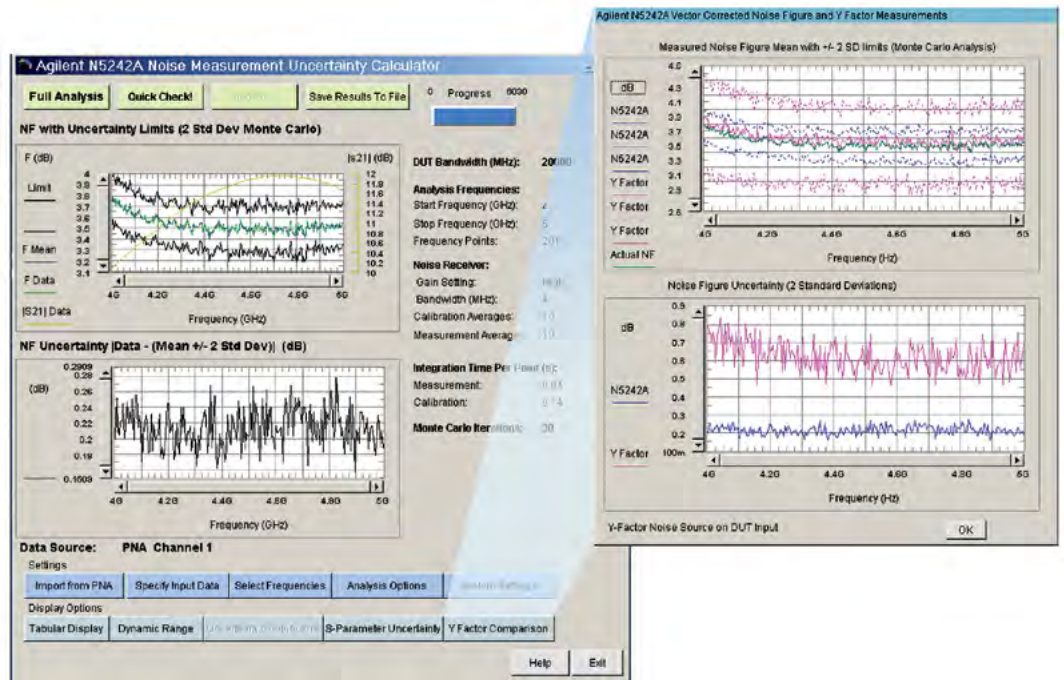


Структурная схема 2-портового анализатора N5242A серии PNA-X с опциями 200, 219, 224 и 029 (приложение для измерения коэффициента шума). Стандартный модуль ECal используется в качестве тюнера импеданса, чтобы помочь исключить эффекты, связанные с неполным согласованием в источнике. Модели N5244/45/47A включают встроенный тюнер импеданса.

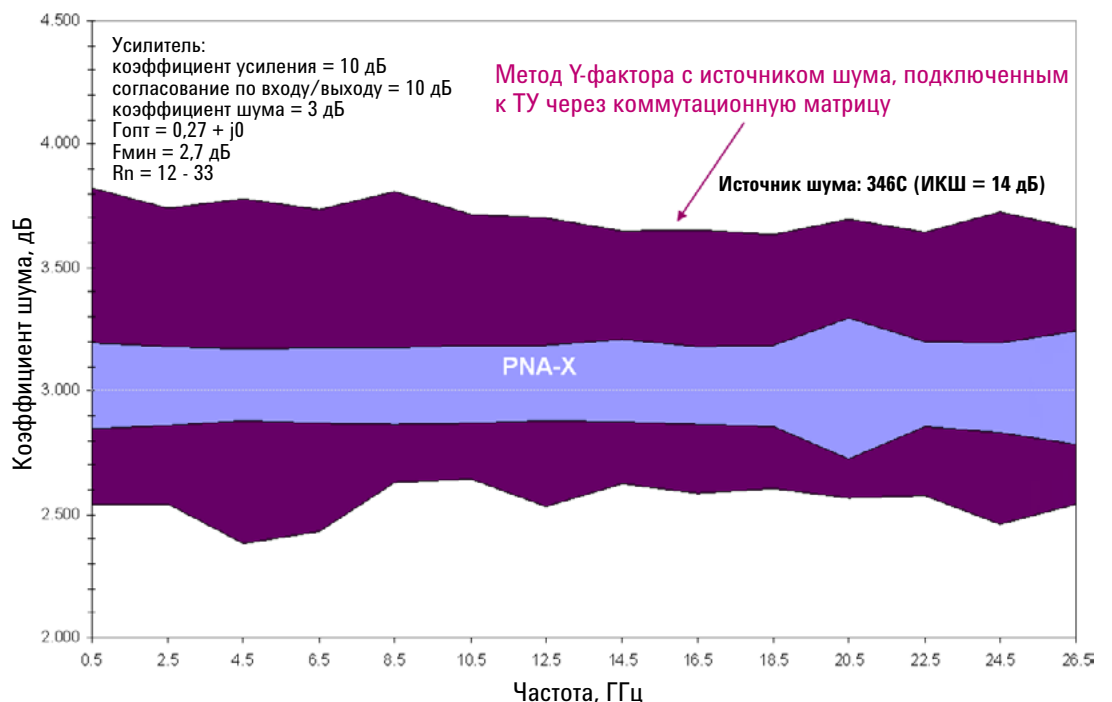
Советы экспертов

- Измерения коэффициента шума лучше проводить в экранированной комнате, чтобы исключить влияние паразитных помех от мобильных телефонов, беспроводных локальных сетей, ручных приёмопередатчиков и т.д.
- Вместо источников питания, работающих от сети, иногда используются батареи, чтобы исключить влияние помех по цепи питания на результаты измерения параметров чувствительных малошумящих усилителей
- Общую погрешность измерения можно оценить с помощью калькулятора погрешностей измерения коэффициента шума на базе метода Монте Карло, предлагаемого компанией Agilent

Калькулятор погрешностей измерения коэффициента шума PNA-X (www.agilent.com/find/nfcalc) учитывает эффекты рассогласования и наведённые ошибки при измерении шума, вызванные неполным согласованием в источнике.



Пример погрешностей измерения коэффициента шума в автоматизированной испытательной системе (АИС). Метод коррекции неполного согласования в источнике, используемый PNA-X, обеспечивает значительно более точные результаты измерения, чем метод Y-фактора.



Инновационные приложения

Быстрые и точные измерения зависимости компрессии коэффициента усиления от частоты для усилителей и преобразователей частоты

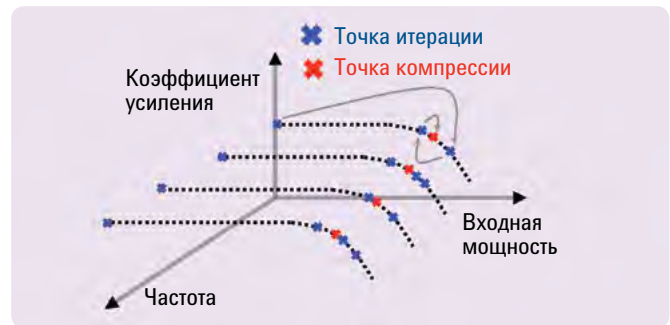
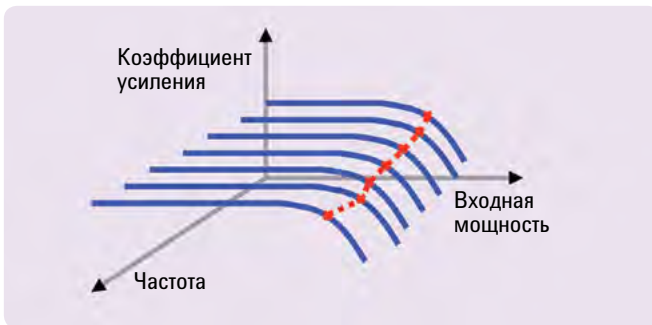
(Опция 086)

Проблемы измерения компрессии усиления

- Измерение компрессии усилителей и преобразователей частоты в пределах их рабочего диапазона частот требует проведения измерений со свипированием частоты и уровня мощности во многих точках, поэтому настройка параметров измерения, калибровка и обработка данных занимают много времени и усилий
- Ряд погрешностей ухудшают точность измерений: рассогласование между измерительным портом, преобразователем мощности и тестируемым устройством (ТУ) во время измерения абсолютной мощности, а также использование линейной коррекции ошибок S-параметров при измерении компрессии усиления в нелинейной области

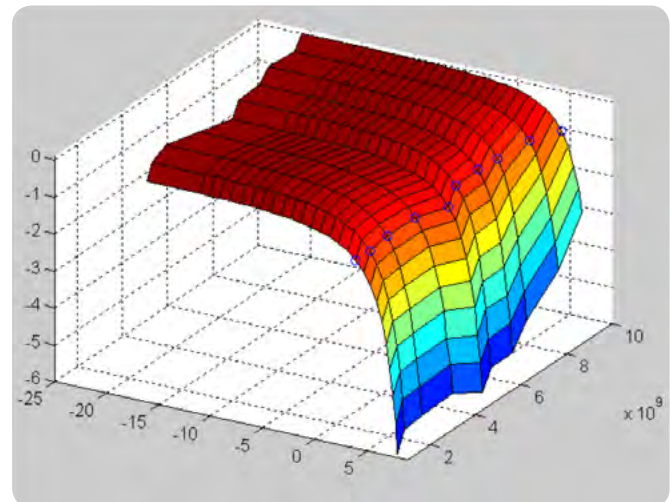
Приложение для измерения компрессии коэффициента усиления PNA-X (GCA) обеспечивает:

- Быстрые и удобные измерения с использованием режима интеллектуального (SMART) свипирования
- Очень точные результаты измерения благодаря калибровке, обеспечивающей коррекцию уровня мощности и рассогласований
- Полное определение характеристик устройства с помощью одного из вариантов двумерного (2D) свипирования: свипирование уровня мощности при каждом значении частоты или свипирование частоты при каждом значении уровня мощности
- Гибкость за счёт возможности выбора различных методов определения компрессии: относительно линейного коэффициента усиления, относительно максимального коэффициента усиления, относительно уровня возврата, относительно насыщения, с помощью метода X/Y



Для измерения компрессии коэффициента усиления с помощью анализатора цепей обычно используется свипирование уровня мощности на нескольких частотах. Приложение GCA анализаторов цепей PNA-X упрощает определение характеристик компрессии в пределах рабочего диапазона частот ТУ за счёт исключительно высокой скорости, точности и простоты настройки параметров измерения.

Вместо линейного свипирования уровня мощности с использованием множества точек при интеллектуальном (SMART) свипировании, реализованном в приложении GCA, используется адаптивный алгоритм для определения искомой точки компрессии при каждом значении частоты, используя только несколько измерений уровня мощности, значительно сокращая таким образом время измерения.



Полное определение характеристик устройства с помощью двумерного свипирования: зависимость коэффициента усиления от частоты и уровня мощности.

Методы определения компрессии

Компрессия относительно линейного коэффициента усиления

Линейный коэффициент усиления измеряется с использованием заданного линейного (входного) коэффициента уровня мощности. Точка компрессии вычисляется следующим образом: линейный коэффициент усиления минус заданный уровень компрессии.



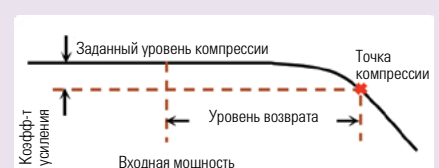
Компрессия относительно максимального коэффициента усиления

Наибольшее значение коэффициента усиления, определяемое на каждой частоте, используется в качестве максимального коэффициента усиления. Точка компрессии вычисляется следующим образом: максимальный коэффициент усиления минус заданный уровень компрессии.



Компрессия относительно уровня возврата

Сравниваются коэффициенты усиления при двух уровнях входной мощности, которые отличаются на заданную величину уровня возврата. Точка компрессии определяется как наибольшее значение уровня входной мощности, при котором коэффициент усиления отличается на заданное значение уровня компрессии.



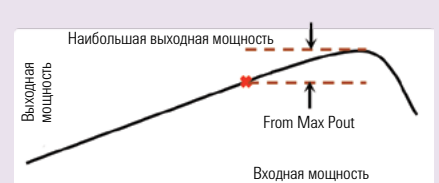
Метод X/Y

Сравниваются уровни выходной мощности при двух входных уровнях мощности, которые отличаются на заданное значение ΔX . Точка компрессии определяется как наибольшее значение входной мощности, при котором уровень выходной мощности отличается на заданную величину ΔY .



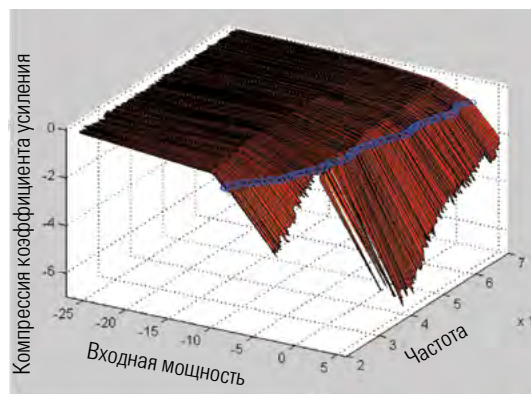
Компрессия относительно насыщения

Точка компрессии определяется как наибольшее значение выходной мощности минус значение, заданное как "From Max Pout" (от максимального значения выходной мощности).

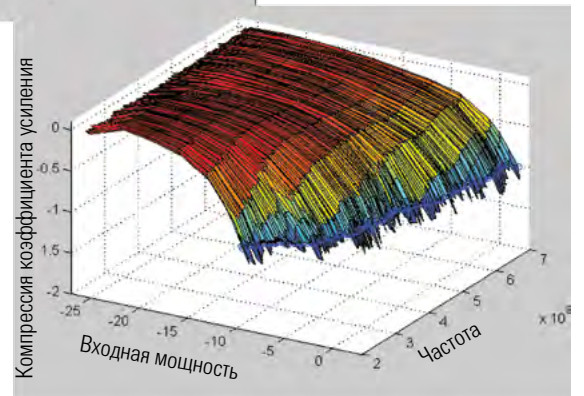


Советы экспертов

- Используйте безопасный режим интеллектуального (SMART) свипирования, чтобы увеличение уровня входной мощности происходило сначала большими, а затем малыми шагами с целью предотвращения перегрузки ТУ
- Если имеются сомнения относительно гистерезиса или тепловых эффектов ТУ, рекомендуется использовать свипирование частоты при каждом значении уровня мощности, а не свипирование уровня мощности при каждом значении частоты, либо добавить время выдержки, чтобы уменьшить влияние эффектов от предыдущих измерений
- Функция анализа компрессии выделяет отклик ТУ в диапазоне мощности для заданной частотной точки на любом графике компрессии
- Следует использовать отчёты CompAI1 и CompAI2 внутреннего вольтметра, которые синхронизированы относительно точки компрессии для измерения КПД добавленной мощности (PAE) при компрессии для каждого значения частоты



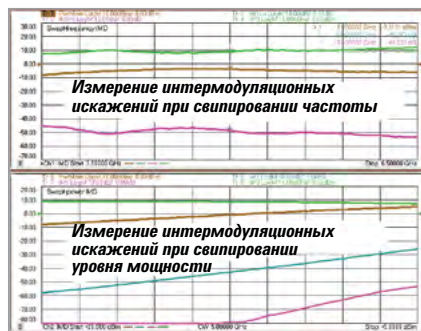
Исходные измеренные данные при интеллектуальном (SMART) свипировании, когда безопасный режим (Safe Mode) выключен (вверху) и включен (внизу). В последнем случае используется больше итераций, поскольку коэффициент усиления быстрее приближается к точке компрессии на 1 дБ при включенном безопасном режиме, который минимизирует избыточную мощность возбуждения.



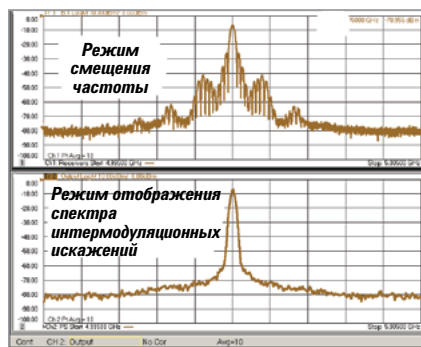
Инновационные приложения

Быстрые измерения интермодуляционных искажений с помощью двухтонального сигнала и простой установки

(Опция 087)



Приложение IMD измеряет продукты интермодуляционных искажений и точку пересечения третьего порядка, используя 201 точку при свиповании частоты (или уровня мощности), фактически за секунды в сравнении с несколькими минутами при использовании генераторов сигналов и анализатора спектра.



Режим смещения частоты, как правило, имеется в векторных анализаторах цепей, но у традиционных фильтров ПЧ обнаруживаются боковые лепестки. Режим отображения спектра интермодуляционных искажений (IM Spectrum mode) использует оптимизированный цифровой фильтр ПЧ и обеспечивает реальную возможность измерения в режиме анализа спектра в PNA-X.

Проблемы измерения интермодуляционных искажений

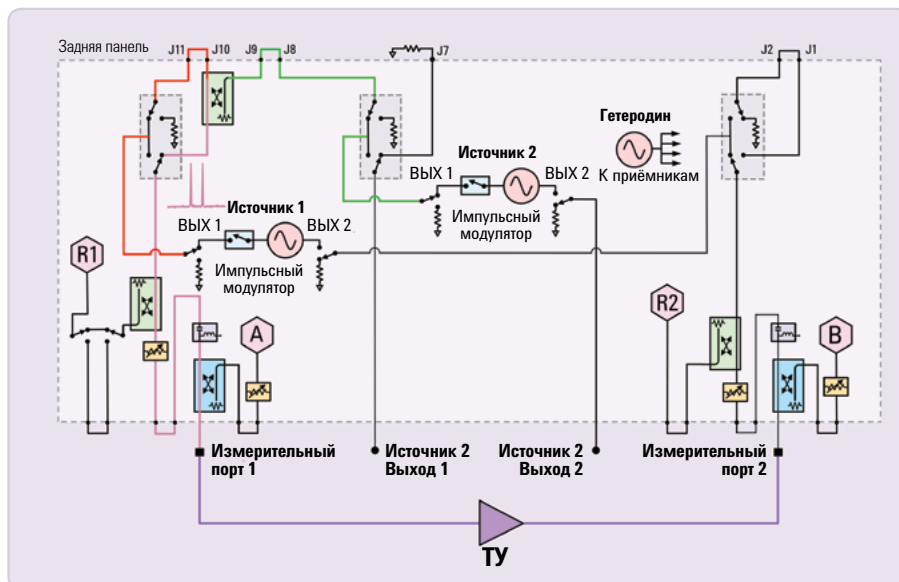
- Наиболее часто используются генераторы сигналов, анализатор спектра и внешнее устройство суммирования, при этом требуется ручная установка параметров измерения для всех измерительных приборов и принадлежностей
- Время тестирования замедляется, когда измерения интермодуляционных искажений проводятся в режиме свипования частоты/уровня мощности
- Измерительные приборы и установки для испытаний часто вносят значительные погрешности измерений из-за гармоник, генерируемых источником, перекрёстной модуляции и фазового шума, а также компрессии коэффициента усиления и уровня собственных шумов приёмника



PNA-X с приложением IMD заменяет два генератора сигналов и анализатор спектра в системной стойке, упрощая конфигурацию системы и увеличивая производительность испытаний.

Приложение для измерения интермодуляционных искажений PNA-X (IMD) обеспечивает:

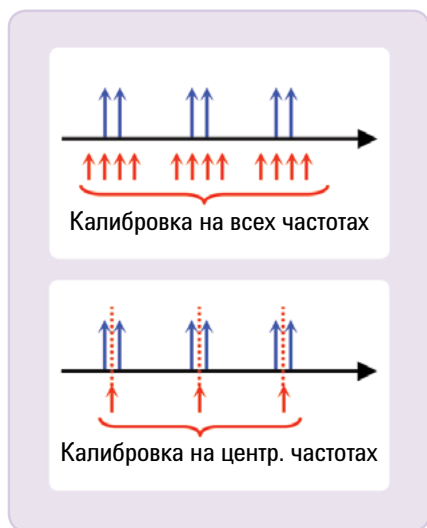
- Быстрые измерения интермодуляционных искажений усилителей и устройств с преобразованием частоты в режиме свипования с использованием внутреннего устройства суммирования сигналов и двух внутренних источников сигналов
- Быстрые и удобные измерения с упрощенной установкой параметров измерения и интуитивно-понятным интерфейсом пользователя
- Калибровка обеспечивает высокую точность измерений
- Режим анализатора спектра для поиска неисправностей или измерения паразитных составляющих, исключая необходимость в отдельном анализаторе спектра
- Очень низкий уровень гармоник внутренних источников сигналов и широкий динамический диапазон приёмников, за счёт чего минимизируются ошибки измерения, возникающие при использовании других измерительных приборов



Два внутренних источника сигнала с высоким выходным уровнем мощности, широким диапазоном АРМ, уровнем гармоник ниже -60 дБн и устройством суммирования сигналов с высокой изоляцией делают PNA-X идеальным измерительным прибором для возбуждения ТУ при проведении измерений интермодуляционных искажений с помощью двухтонального сигнала. Приёмники с широким динамическим диапазоном и высокими точками компрессии позволяют проводить точные измерения продуктов интермодуляционных искажений малой мощности в присутствии основных тонов значительно более высокой мощности.

Виды свипирования при измерении интермодуляционных искажений в режиме свипирования

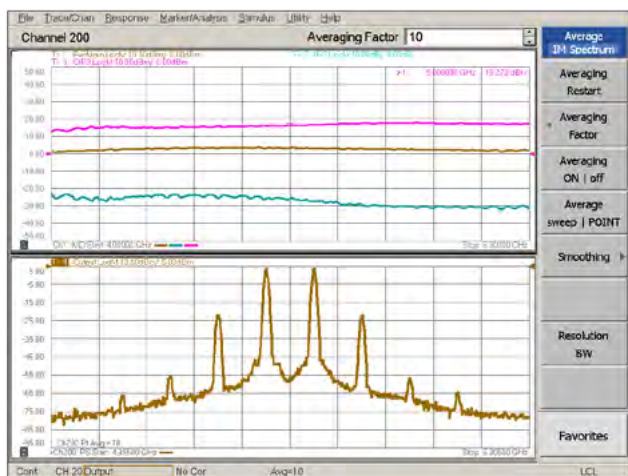
	Свипирование центральной частоты (fc)	Свипирование разнотаонов (Delta F)	Свипирование мощности	НГ	Свипирование мощности гетеродина	Сегментированное свипирование
Центральная частота	Свипируемая	Фиксированная	Фиксированная	Фиксированная	Фиксированная	Свипируемая (как определено таблицей сегментов)
Разнос частот тонов	Фиксированный	Свипируемый	Фиксированный	Фиксированный	Фиксированный	Фиксированный
Мощности тоновых сигналов	Фиксированные	Фиксированные	Свипируемые (связанные или несвязанные)	Фиксированные	Фиксированные	Фиксированные
Диаграммы						



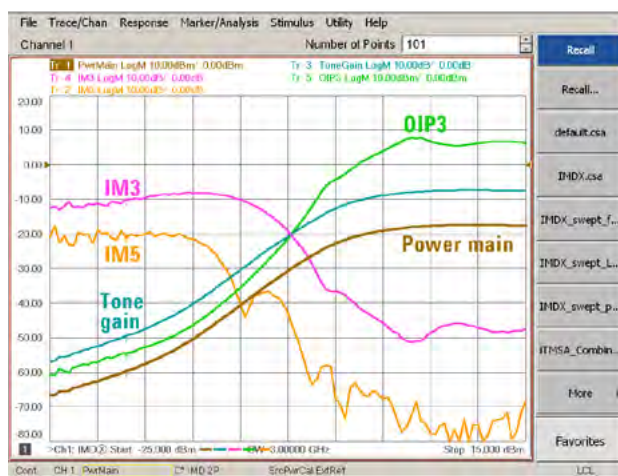
Советы экспертов

- Выбор калибровки на всех частотах измерения или только на центральных частотах является компромиссом между производительностью и точностью измерений
- Для значительного упрощения измерения интермодуляционных искажений смесителей и преобразователей частоты в режиме свипирования следует управлять внешними генераторами сигналов от PNA-X
- С целью отображения спектра в заданной точке графика измерения интермодуляционных искажений в режиме свипирования следует использовать маркер для функции IM Spectrum
- Для уменьшения девиации уровня собственных шумов с минимальным влиянием на скорость измерений особенно при использовании широких полос пропускания при работе со спектром интермодуляционных искажений (IM Spectrum) следует использовать усреднение по точкам

При измерении с большим разномом по частоте тонов рекомендуется использовать калибровку на всех частотах. Хотя калибровка на всех частотах занимает больше времени, на скорость измерения это не влияет.



Спектр интермодуляционных искажений (IM Spectrum) в нижнем окне отображает спектр, соответствующий положению маркера в центре графика измерения интермодуляционных искажений в режиме свипирования (в верхнем окне). Для уменьшения девиации шума к спектру IM Spectrum применяется усреднение по точкам.



Зависимость интермодуляционных искажений и точки пересечения третьего порядка (IP3) от мощности сигнала гетеродина позволяет получить максимальное значение IP3 при наименьшей возможной мощности возбуждения гетеродина. Это помогает определить параметры установки смесителя для достижения максимальной эффективности при минимальном потреблении мощности.

Инновационные приложения

Точное измерение характеристик смесителей и преобразователей частоты

(Опции 082, 083, 084)

Проблемы измерения смесителей и преобразователей частоты

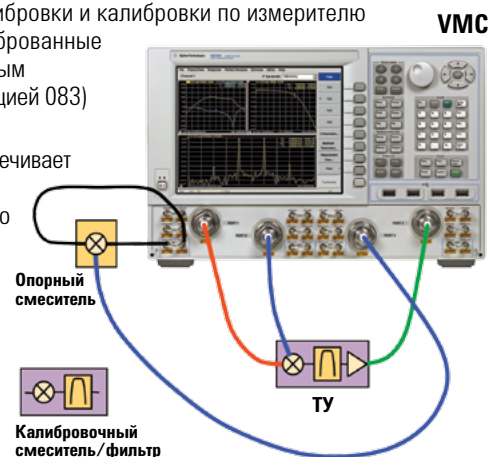
- Традиционный подход, связанный с использованием анализатора спектра и внешних источников сигналов, является громоздким, медленным и не даёт информации о фазе или групповом времени запаздывания (ГВЗ)
- Традиционные векторные анализаторы цепей (ВАЦ) требуют внешних источников сигналов, из-за чего снижается скорость свипирования
- Традиционные ВАЦ измеряют фазу или ГВЗ относительно образцового ("золотого") устройства
- Для минимизации неравномерности характеристики из-за рассогласования по входу или выходу часто используют аттенуаторы, ухудшающие динамический диапазон и стабильность калибровки



Опция 083 (измерения параметров смесителей/преобразователей частоты плюс измерения фазы со скалярной калибровкой) упрощает установку измерений смесителей и преобразователей частоты, так как опорный и калибровочный смеситель не требуются. Калибровка легко выполняется с использованием трёх широкополосных мер: измерителя мощности в качестве меры уровня мощности, генератора комбинационных частот в качестве меры фазы и калибровочного набора S-параметров (механического или модуля ECal).

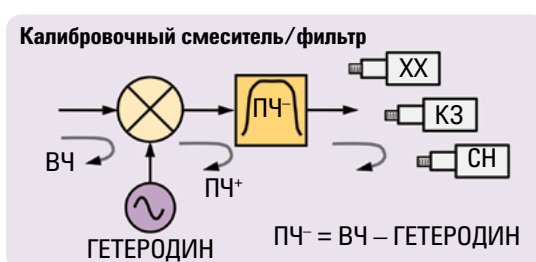
Приложения для преобразователей частоты PNA-X обеспечивают:

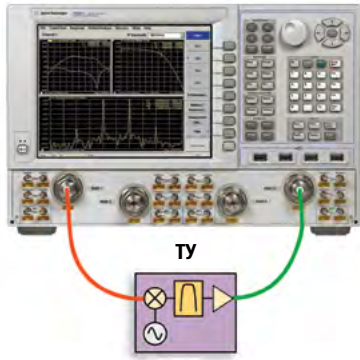
- Простую измерительную установку, в которой в качестве сигнала гетеродина используется второй внутренний источник
- Уменьшение времени измерения до 100 раз по сравнению с подходом, который базируется на использовании анализаторов спектра
- Высокую точность измерений за счёт использования двух патентованных методов:
 - Скалярная калибровка смесителя/преобразователя частоты (SMC) обеспечивает согласование и самые точные измерения потерь/усиления преобразования за счёт объединения 2-портовой калибровки и калибровки по измерителю мощности (опция 082), а также калиброванные измерения абсолютного ГВЗ с опорным или калибровочным смесителем (с опцией 083)
 - Векторная калибровка смесителя/преобразователя частоты (VMC) обеспечивает измерения согласования, потерь/усиления преобразования, абсолютного ГВЗ, разности фаз между несколькими трактами или устройствами и фазовых сдвигов внутри устройства, используя векторную калибровку через смеситель (опция 083)
- Коррекция рассогласования по входу и выходу уменьшает неравномерность характеристики и исключает необходимость в аттенуаторах
- Опция 084 (измерения с использованием встроенного гетеродина) распространяет возможности измерений с SMC и VMC на преобразователи со встроенным гетеродином без доступа к внутренней временной базе



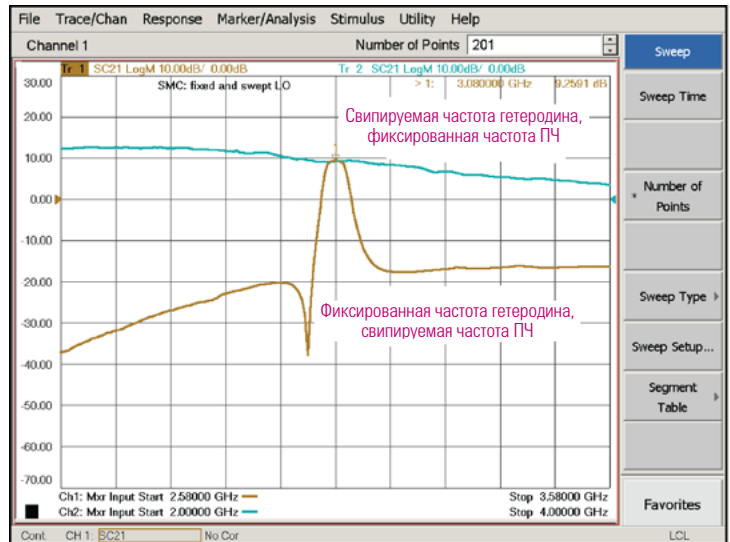
Метод векторной калибровки смесителя (VMC) обеспечивает измерения согласования по входу и выходу, потерь/усиления преобразования, абсолютного ГВЗ, разности фаз между несколькими трактами или устройствами и фазовых сдвигов внутри устройства.

Патентованный метод векторной калибровки смесителей/преобразователей частоты (VMC) компании Agilent использует меры холостого хода (XX), короткого замыкания (КЗ) и согласованной нагрузки (СН) для определения характеристик калибровочного смесителя.

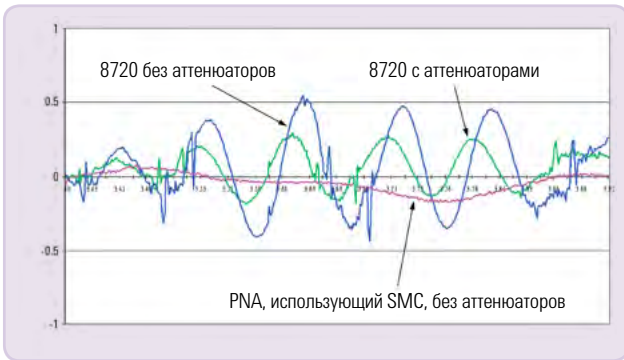




Для измерения преобразователей частоты со встроенными гетеродинами без доступа к внутренним временным базам можно использовать как скалярную калибровку смесителя (SMC), так и векторную калибровку смесителя (VMC).



Имея два внутренних источника сигнала, PNA-X обеспечивает быстрые измерения как при фиксированной, так и свируемой частоте ПЧ.



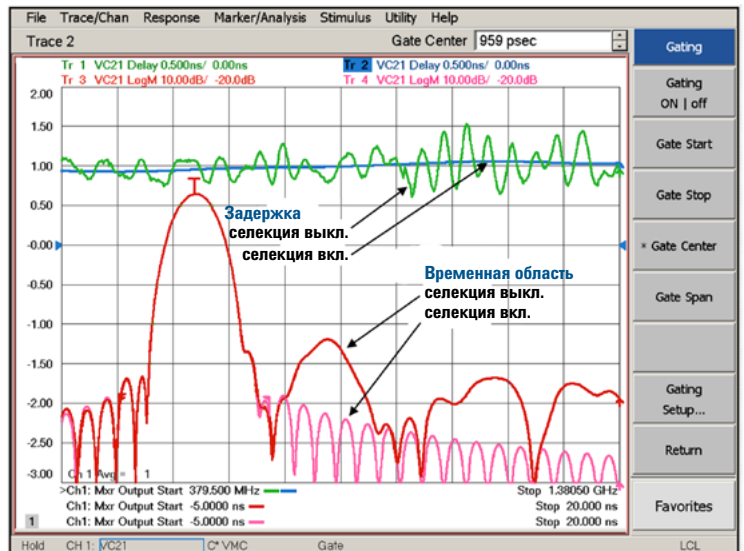
Коррекция согласования скалярной калибровки смесителя (SMC) позволяет значительно уменьшить ошибки рассогласования при измерениях потерь/усиления преобразования, исключая необходимость использования аттенуаторов на концах измерительных кабелей.



Коррекция согласования векторной калибровки смесителя VMC позволяет значительно уменьшить ошибки рассогласования при измерениях ГВЗ, устраняя необходимость использования аттенуаторов на концах измерительных кабелей.

Советы экспертов

- Сужение полосы ПЧ помогает исключить выбросы на графике измерения, которые происходят вследствие проникновения сигнала гетеродина и других паразитных сигналов от ТУ
- Для предотвращения ошибок из-за отсутствия стабилизации мощности источника при измерении устройств с паразитными откликами высокого уровня на выходе (таких, как смесители без фильтрации), часто полезно увеличить величину ослабления сигнала источника, чтобы обеспечить лучшую изоляцию между ТУ и PNA-X
- При измерении многокаскадных преобразователей частоты с использованием VMC лучше всего создать единый "метасигнал" гетеродина, который можно использовать для возбуждения опорного и калибровочного смесителей
- При измерении смесителей без фильтрации селекция во временной области может оказаться полезным средством для уменьшения неравномерности характеристики посредством удаления нежелательных, задержанных во времени, откликов из-за паразитных сигналов



Селекция во временной области позволяет устранить неравномерность характеристики посредством удаления нежелательных, задержанных во времени, откликов из-за паразитных сигналов.

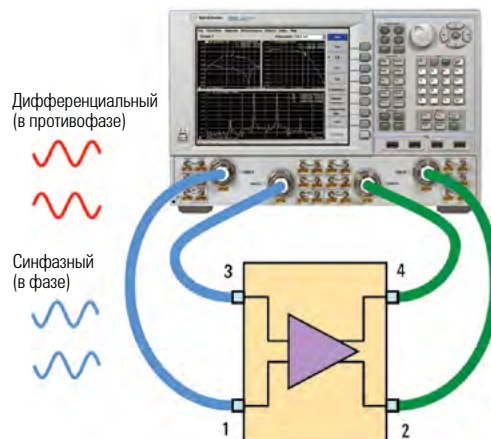
Инновационные приложения

Тестирование дифференциальных усилителей в реальных рабочих условиях

(Опция 460)

Проблемы измерения дифференциальных усилителей

- Традиционные 2-портовые ВАЦ с симметрирующими трансформаторами не обеспечивают измерение характеристик в синфазном режиме, преобразование характеристик дифференциального режима в характеристики синфазного режима и наоборот
- Трансформаторы по своей сути являются узкополосными устройствами, поэтому для перекрытия широкого диапазон частот нужно несколько испытательных установок
- Фазовые ошибки трансформаторов приводят к погрешностям при измерении дифференциальных характеристик
- Современные 4-портовые ВАЦ обеспечивают измерение S-параметров смешанного режима, используя несимметричные сигналы стимулов, однако дифференциальные усилители могут реагировать по-разному, находясь в состоянии компрессии в реальных рабочих условиях



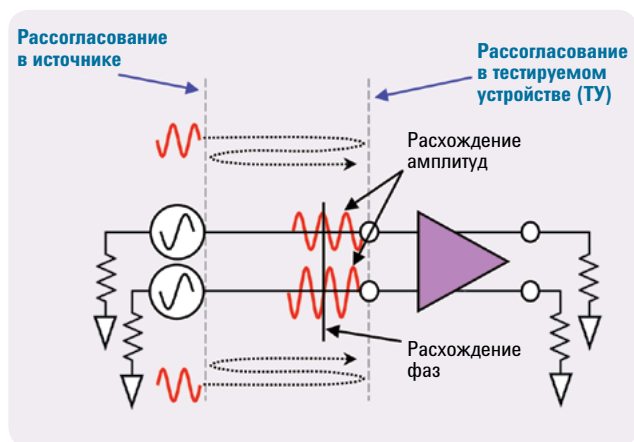
Используя два внутренних источника PNA-X, приложение iTMSA управляет дифференциальным усилителем в соответствии с реальными рабочими условиями, обеспечивая точное измерение S-параметров смешанного режима при всех условиях эксплуатации.

Интегрированное приложение PNA-X с использованием тестовых сигналов True-mode (iTMSA) обеспечивает:

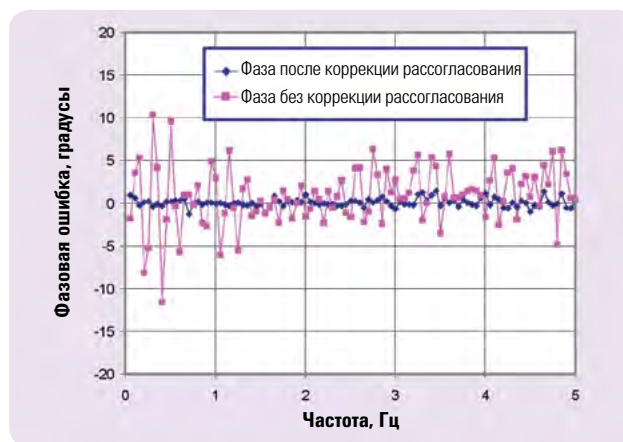
- S-параметры смешанного режима дифференциальных усилителей, возбуждаемых дифференциальными и синфазными сигналами True-mode
- Коррекцию рассогласования на входе ТУ для минимизации фазовых ошибок между двумя источниками
- Режим возбуждения только по входу, что предотвращает повреждение усилителей сигналами стимулов на выходном порте
- Возможность произвольного смещения фазы и свипирования смещения фазы при измерении в устройстве подключения для оптимизации входной согласующей цепи с целью получения максимального коэффициента усиления

$$\begin{bmatrix}
 S_{DD 11} & S_{DD 12} & S_{DC 11} & S_{DC 12} \\
 S_{DD 21} & S_{DD 22} & S_{DC 21} & S_{DC 22} \\
 S_{CD 11} & S_{CD 12} & S_{CC 11} & S_{CC 12} \\
 S_{CD 21} & S_{CD 22} & S_{CC 21} & S_{CC 22}
 \end{bmatrix}$$

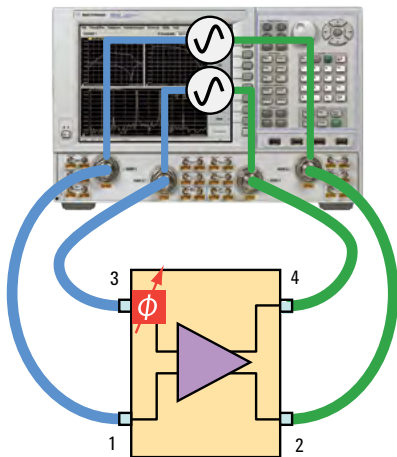
S-параметры смешанного режима.



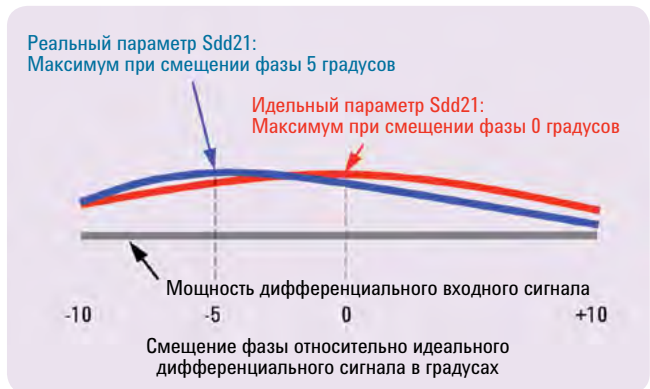
Без коррекции рассогласования сигналы, передаваемые к ТУ, не будут по-настоящему дифференциальными из-за отражений от входа ТУ и последующих повторных отражений от источников. Отражённые сигналы накладываются на исходные сигналы, вызывая дисбаланс фазы и амплитуды. Этот эффект можно устранить с помощью коррекции рассогласования.



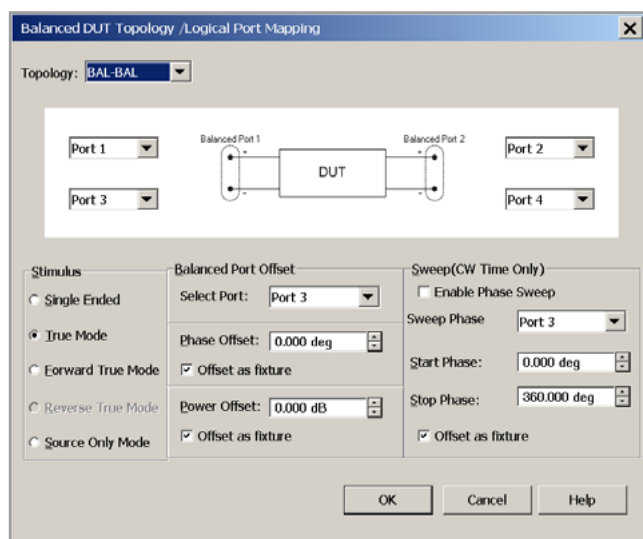
Приложение iTMSA компенсирует ошибки рассогласования путём предварительного измерения согласования векторного анализатора цепей и ТУ и последующей точной настройки амплитуды и фазы двух сигналов в опорной плоскости для получения тестовых сигналов True-mode.



При измерениях со свипированием смещения фазы значение смещения фазы изменяется, как если бы оно было добавлено в устройстве подключения, позволяя оценить правильность входной схемы согласования.



Измерение ТУ со свипированием смещения фазы в устройстве подключения позволяет выявить оптимальное значение смещения фазы для достижения наивысшего коэффициента усиления, что крайне необходимо при разработке входной схемы согласования.



В диалоговом окне *Balanced DUT Topology* (топология балансного тестируемого устройства) доступны различные установки сигналов стимулов и свипирования, которые позволяют правильно настроить параметры прибора для измерения характеристик тестируемых устройств (ТУ).

Советы экспертов

- Режим возбуждения только по входу с использованием тестовых сигналов True-mode предполагает, что имеется идеальное согласование между ТУ и измерительными портами векторного анализатора цепей. Это можно допустить, если у ТУ хорошая развязка входа от выхода. Если развязка недостаточная, то добавление аттенуаторов на выходном порте улучшит согласование и уменьшит ошибки рассогласования.
- При сравнении результатов измерений с использованием несимметричных и тестовых сигналов True-mode при одной и той же подаваемой эффективной дифференциальной мощности следует учитывать, что мощность дифференциального тестового сигнала True-mode, подаваемого на отдельный порт, должна быть установлена на 6 дБ меньше, чем в случае несимметричного тестового сигнала.

Несимметричный тестовый сигнал

0 дБм (мощность, подаваемая на порт) = -3 дБм (мощность дифференциальной составляющей) + -3 дБм (мощность синфазной составляющей)

Дифференциальный тестовый сигнал True-mode

-3 дБм (мощность, подаваемая на порт) = -6 дБм (мощность несимметричного сигнала, подаваемого на порт 1) + -6 дБм (мощность несимметричного сигнала, подаваемого на порт 3)

Инновационные приложения

Мощное, быстрое и точное автоматическое удаление эффектов устройства подключения (функция AFR)

(Опция 007)

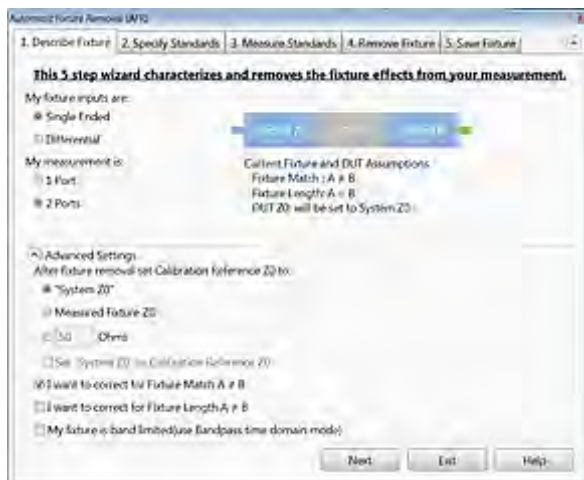
Проблема измерения

Многие из современных устройств не имеют коаксиальных соединителей, и для измерения таких устройств в коаксиальной среде их вставляют в устройства подключения. Для получения хороших результатов измерения параметров тестируемых устройств (ТУ) требуется точное удаление эффектов устройства подключения.

Мощные свойства функции AFR могут справляться с различными потребностями измерений

- Несимметричные и дифференциальные устройства
- Левая и правая стороны устройства подключения могут быть несимметричными
- Электрическая длина меры переемычки может быть указана или определена в результате измерений меры XX (нагрузка холостого хода) или меры КЗ (короткозамкнутая нагрузка)
- Режим полосовой фильтрации при преобразовании во временную область для устройств с ограниченной полосой пропускания
- Возможность экстраполяции для обеспечения соответствия диапазону частот ТУ
- Коррекция уровня мощности компенсирует потери в устройстве подключения в зависимости от частоты
- Файлы для удаления эффектов устройства подключения можно сохранять в различных форматах для последующего использования в PNA, ADS и PLTS

Функция AFR - самый быстрый способ удаления эффектов устройства подключения из результатов измерения



Мастер приложения, включающий пять шагов, руководит действиями пользователя в процессе определения параметров устройства подключения и удаления их из результатов измерения.

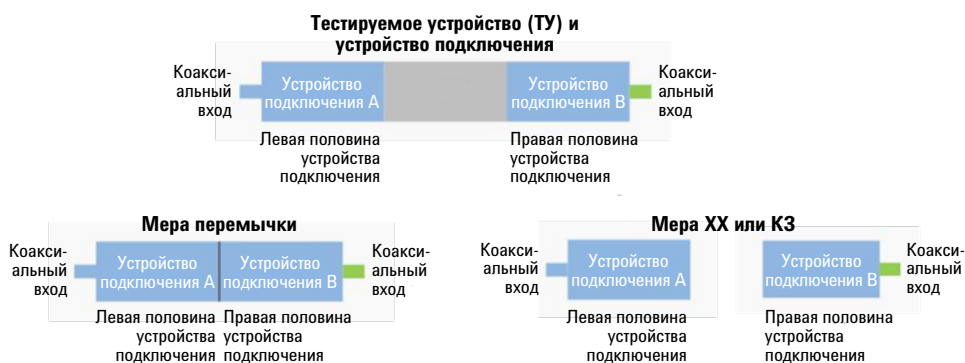
Удаление эффектов устройства подключения ранее без функции AFR

Для определения параметров устройств подключения и удаления их из результатов измерения требовалось либо усложнённое моделирование в программной среде ЭМ-моделирования, либо несколько смонтированных на плате калибровочных мер.

Удаление эффектов устройства подключения теперь с функцией AFR

Сначала проводится калибровка в коаксиальной среде с опорными плоскостями на входах устройства подключения. Затем проводится измерение одной или нескольких мер: меры переемычки, спроектированной в виде копии устройства подключения, или половинок устройства подключения, нагруженных мерой XX (нагрузка холостого хода) или мерой КЗ (короткозамкнутая нагрузка).

Или даже быстрее: проводится измерение самого реального устройства подключения (как меры XX), перед тем как в него будет установлено ТУ. Функция AFR автоматически определит параметры устройства подключения и удалит их из результатов измерения.



Точность, получаемая при использовании функции AFR, сравнима с точностью, обеспечиваемой встроенной TRL-калибровкой, но достигается намного проще



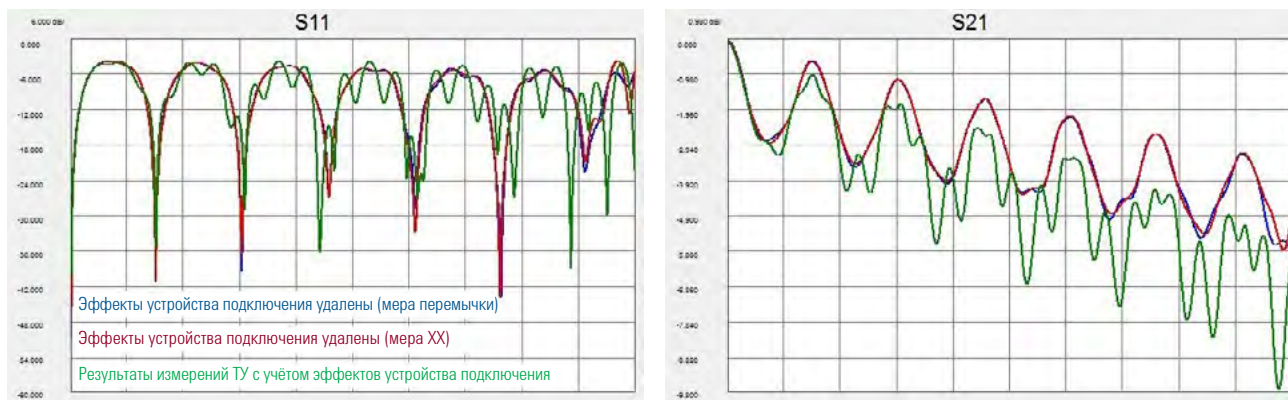
Относительное сравнение различных методов коррекции ошибок, обусловленных эффектами устройства подключения.

Пример измерения



Измерение параметров верификационного стандарта (меры) Битти (Beatty)

На графиках, приведённых ниже, зелёные графики представляют результаты измерений верификационного стандарта (меры) Битти (Beatty), используемого в качестве тестируемого устройства (ТУ), до удаления с помощью функции AFR эффектов устройства подключения. Красные графики представляют характеристики ТУ после удаления эффектов устройства подключения с помощью функции AFR и меры ХХ. Синие графики представляют характеристики ТУ после удаления эффектов устройства подключения с помощью функции AFR и меры переключки. Ошибки рассогласования и электрическая длина устройства подключения удалены из результатов измерений параметров ТУ. На графиках показана хорошая корреляция между результатами определения параметров устройства подключения с помощью функции AFR для случаев использования меры ХХ и меры переключки.



Параметры S11 и S21 в частотной области

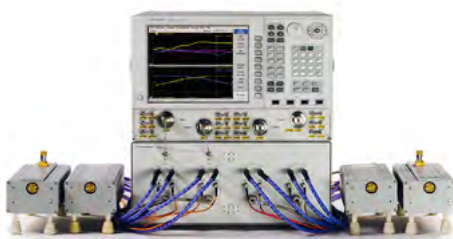
Инновационные приложения

Использование PNA-X в миллиметровом диапазоне

Уникальная архитектура аппаратных средств PNA-X обеспечивает:

- 2- и 4-портовые технические решения для измерения широкого круга несимметричных и балансных устройств мм-диапазона
- Измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов на частотах мм-диапазона, использующие два внутренних источника сигналов
- Полностью интегрированное техническое решение для измерений в импульсных режимах на частотах мм-диапазона, использующее встроенные импульсные модуляторы, импульсные генераторы и стробирование приёмников
- Обеспечение точного стабилизированного уровня мощности на частотах мм-диапазона за счёт использования передовых методов калибровки мощности источника
- Возможность непосредственного подключения модулей терагерцового диапазона, управляемых PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц
- Возможность анализа параметров цепей в режиме однократного свипирования от 10 МГц до 110 ГГц с полным управлением уровнем мощности, используя PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц и модули расширения мм-диапазона

2- и 4-портовые конфигурации



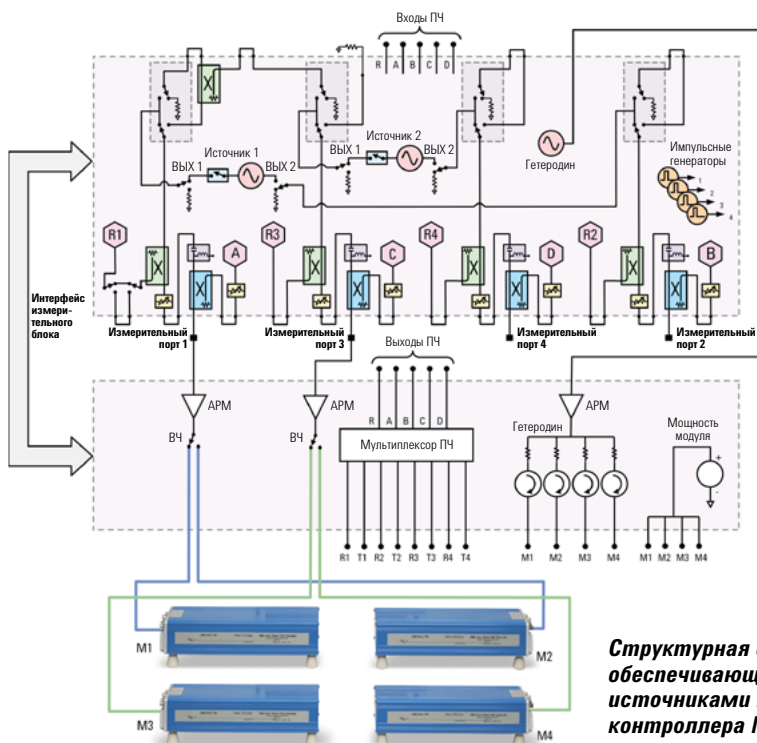
Контроллер N5262A подключает к PNA-X четыре измерительных модуля мм-диапазона. Для 2-портовых измерений доступен контроллер N5261A.

4-портовые измерения в режиме однократного свипирования от 10 МГц до 110 ГГц



Системы на базе PNA-X с диапазоном частот до 110 ГГц поставляются в 2- или 4-портовых версиях. Они обеспечивают управление уровнем мощности, истинные дифференциальные сигналы стимулов и возможность измерения преобразователей частоты со скалярной калибровкой смесителя (SMC). Эти настольные системы являются заменой стоечных систем 8510XF, обладая при этом более высокими характеристиками.

Архитектура 4-портовой системы



Структурная схема 4-портовой системы мм-диапазона, обеспечивающая фазовую когерентность при управлении источниками модулей компании OML с помощью контроллера N5262A.

Измерения в терагерцовом диапазоне

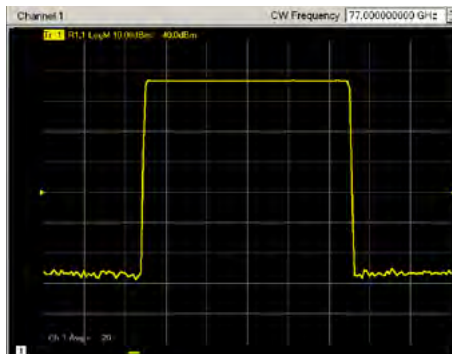


Непосредственное подключение модулей VDI к PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц обеспечивает измерение S-параметров до 1,05 ТГц.

Приложения PNA-X для мм-диапазона

Интегрированные измерения в импульсном режиме

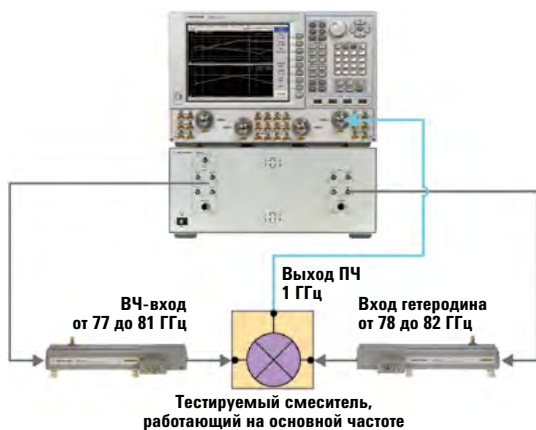
Внутренние импульсные модуляторы PNA-X создают импульсные ВЧ-сигналы для модулей мм-диапазона, упрощая настройку параметров и проведение измерений в импульсных режимах для миллиметрового диапазона.



Измерение профиля импульса на частоте 77 ГГц с использованием внутреннего импульсного генератора и стробирования ПЧ анализатора PNA-X

Скалярные измерения смесителей

Система, включающая два модуля, может использоваться для подачи ВЧ-сигнала основной частоты и сигнала гетеродина к смесителю, работающему в мм-диапазоне, при измерении потерь преобразования.



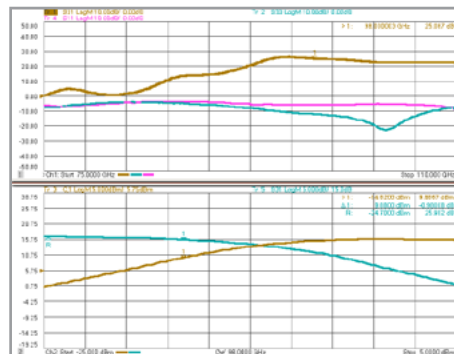
Система, включающая два модуля.

Советы экспертов

- При конфигурировании двух 2-портовых установок, рабочие полосы частот которых отличаются, следует использовать 4-портовый контроллер N5262A.
- Даже при отсутствии преобразователя мощности миллиметрового диапазона таблицу калибровки мощности можно создать, используя внутренний опорный приёмник PNA-X с целью обеспечения точности относительных изменений мощности источника для измерительных модулей мм-диапазона.
- Для приложений, в которых не требуется контроллер, загружаемый макрос, предлагаемый компанией Agilent, упрощает конфигурирование параметров при непосредственном подключении устройств мм-диапазона.

Компрессия коэффициента усиления

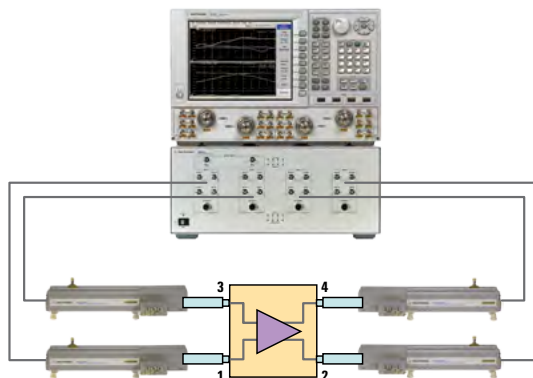
Используя свипирование с калиброванной мощностью источника, PNA-X обеспечивает наиболее точные в отрасли измерения компрессии коэффициента усиления в мм-диапазоне.



Пример измерения компрессии коэффициента усиления блочного усилителя на PHEMT-транзисторах в диапазоне от 75 до 110 ГГц.

Измерения с использованием дифференциальных сигналов True-mode на частотах мм-диапазона

- Обеспечение наивысшей в отрасли точности измерений за счёт использования передовых методов коррекции ошибок
- Встроенная функция измерения со свипированием смещения фазы и управлением уровнем мощности



Измерение параметров балансного малошумящего усилителя с использованием дифференциальных тестовых сигналов True-mode с помощью PNA-X, контроллера N526A и четырёх измерительных модулей мм-диапазона.

Инновационные приложения

Определение характеристик нелинейных компонентов и X-параметров

(Опции 510, 514, 518 и 520)

Проблемы разработки усилителей мощности

- Нередко активные устройства используются в нелинейной области их характеристик; часто это происходит в результате стремления увеличить коэффициент полезного действия, информационную ёмкость или выходную мощность
- При возбуждении сигналами высокого уровня происходит искажение временных диаграмм работы активных устройств, генерируются гармоники, интермодуляционные искажения, происходит увеличение спектральных составляющих
- Используемые в настоящее время средства моделирования схем, в основе которых заложено использование S-параметров и моделей с ограниченным нелинейным поведением, не являются больше достаточными для полного анализа и прогнозирования нелинейного поведения устройств и систем
- Для удовлетворения современных требований, касающихся периода времени от начала разработки до получения готового изделия и его выхода на рынок, количество итераций должно быть как можно меньше



S-параметры в нелинейном мире

В прошлом при конструировании систем с усилителями мощности разработчики измеряли S-параметры усилителя, используя векторный анализатор цепей, загружали результаты измерения в программу моделирования ВЧ-схем, добавляли другие измеренные или смоделированные схемные элементы и затем запускали моделирование с целью получения предварительной оценки рабочих характеристик системы, таких как коэффициент усиления и коэффициент полезного действия при различных нагрузках.

Поскольку при измерении S-параметров предполагается, что все элементы в системе являются линейными, такой подход не очень хорошо работает, если попытаться смоделировать рабочие характеристики усилителя, когда он находится в состоянии компрессии или насыщения, что часто случается с реальными усилителями мощности. Ошибки становятся особенно очевидными при моделировании результирующих характеристик двухкаскадных устройств, которые проявляют нелинейное поведение. И хотя инженеры могут не принимать во внимание эту неточность, она неизбежно приводит к обширным и дорогостоящим итерациям, значительно увеличивая длительность и стоимость процесса разработки и оценки правильности проектных решений.

Передовая технология позволяет точно измерять характеристики нелинейного поведения

Проблемы, связанные с проведением испытаний современных усилителей мощности, требуют альтернативного технического решения, которое позволило бы быстро и точно измерять и отображать характеристики нелинейного поведения устройств при воздействии сигналов высокого уровня, и обеспечивать точные модели поведения, которые можно было бы использовать для линейного и нелинейного моделирования схем. Такое решение обеспечивают нелинейный векторный анализ цепей (NVNA) и X-параметры*, разработанные компанией Agilent.

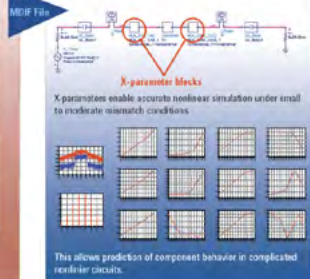
Нелинейный векторный анализ (NVNA), разработанный компанией Agilent, предоставляет существенно большие возможности, чем линейные S-параметры

- Эффективный и точный анализ, разработка активных устройств и систем в соответствии с реальными условиями эксплуатации для уменьшения числа циклов разработки не менее, чем на 50%
- Усиление ценной возможности понимания поведения устройств за счёт полного определения характеристик нелинейных компонентов (опция 510)
 - Отображение во временной области калиброванных падающих, отражённых и переданных сигналов ТУ при коаксиальном подключении, в устройстве подключения или на пластине
 - Отображение амплитуд и фаз всех гармонических спектральных составляющих и продуктов искажений для разработки оптимальных схем согласования
 - Создание форм представления данных, определяемых пользователем, таких как динамические линии нагрузки
 - Обеспечение единства измерений за счёт метрологической привязки к эталонам NIST (Национальный институт стандартов и технологий)
- Обеспечение быстрых и эффективных измерений нелинейного поведения ТУ с использованием X-параметров (опция 514)
 - Распространение возможностей линейных S-параметров в нелинейные области работы с целью точного прогнозирования нелинейного поведения каскадных устройств, используя данные измерения
 - Удобный импорт X-параметров NVNA в САПР Advanced Design System (ADS) компании Agilent для быстрого и точного моделирования нелинейных компонентов, модулей и систем
- Измерение эффектов памяти, таких как саморазогрев и изменение смещения в зависимости от сигнала (опция 518)
- Захват полных характеристик нелинейного поведения компонентов в зависимости от нагрузки за счёт использования X-параметров и внешних тюнеров импеданса (опция 520)

Измерение характеристик нелинейного поведения с помощью NVNA



Моделирование и разработка с помощью ADS



Измерение полных характеристик линейного и нелинейного поведения компонентов с помощью NVNA, затем точное проведение моделирования и оптимизации с помощью САПР Advanced Design System (ADS) компании Agilent.

*X-параметры - зарегистрированный товарный знак компании Agilent Technologies. Формат X-параметров и лежащие в их основе уравнения являются открытыми и задокументированы. Подробнее см. на сайте компании: <http://www.agilent.com/find/eesof-x-parameters-info>



Опции программного обеспечения NVNA и принадлежности превращают 4-портовый анализатор цепей PNA-X компании Agilent в высокопроизводительный анализатор для нелинейного векторного анализа цепей.

Инновационные приложения

Быстрая и точная

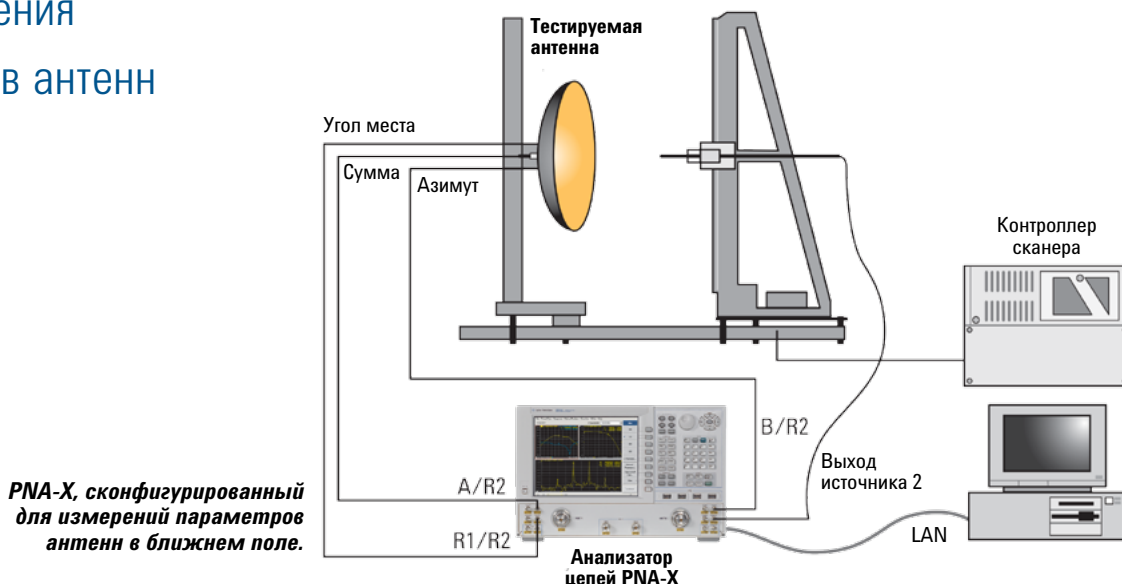
ВЧ-подсистема

для измерения

параметров антенн

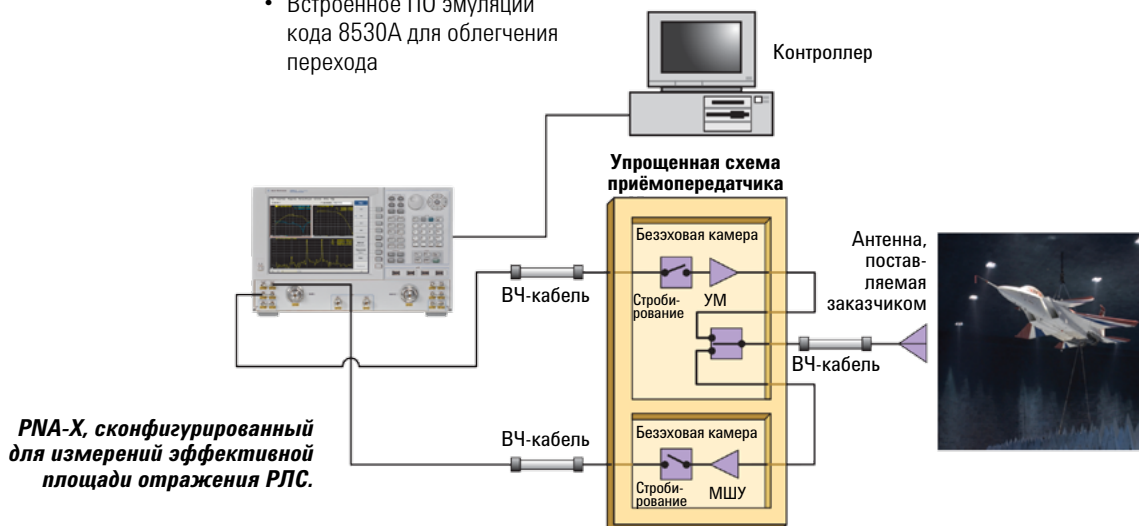
Проблемы измерения параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР)

- Требуется провести сбор большого количества точек данных, что приводит к длительным временам измерения
- При измерениях параметров антенн в дальней зоне и ЭПР уровни сигналов могут быть близки к уровню собственных шумов измерительного приёмника, что приводит к зашумленности результатов измерений
- Широко используемый антенный приемник 8530A больше не производится и не поддерживается



Технические решения для испытаний антенн на базе PNA-X обеспечивают:

- Гибкость разработки системы: можно выбрать стандартный анализатор цепей PNA-X или недорогой специализированный измерительный приёмник N5264A, созданный на базе аппаратных средств PNA-X
- Высокая скорость измерений: 400000 точек данных в секунду одновременно по пяти каналам приёмника, что приводит к уменьшению времени измерений от трёх до пяти раз по сравнению с 8530A
- Возможность накопления большого объёма собранных данных в кольцевом буфере данных FIFO на 500 миллионов точек
- Превосходная чувствительность измерений за счёт возможности установки полосы ПЧ и режима усреднения по точкам
- Встроенное ПО эмуляции кода 8530A для облегчения перехода

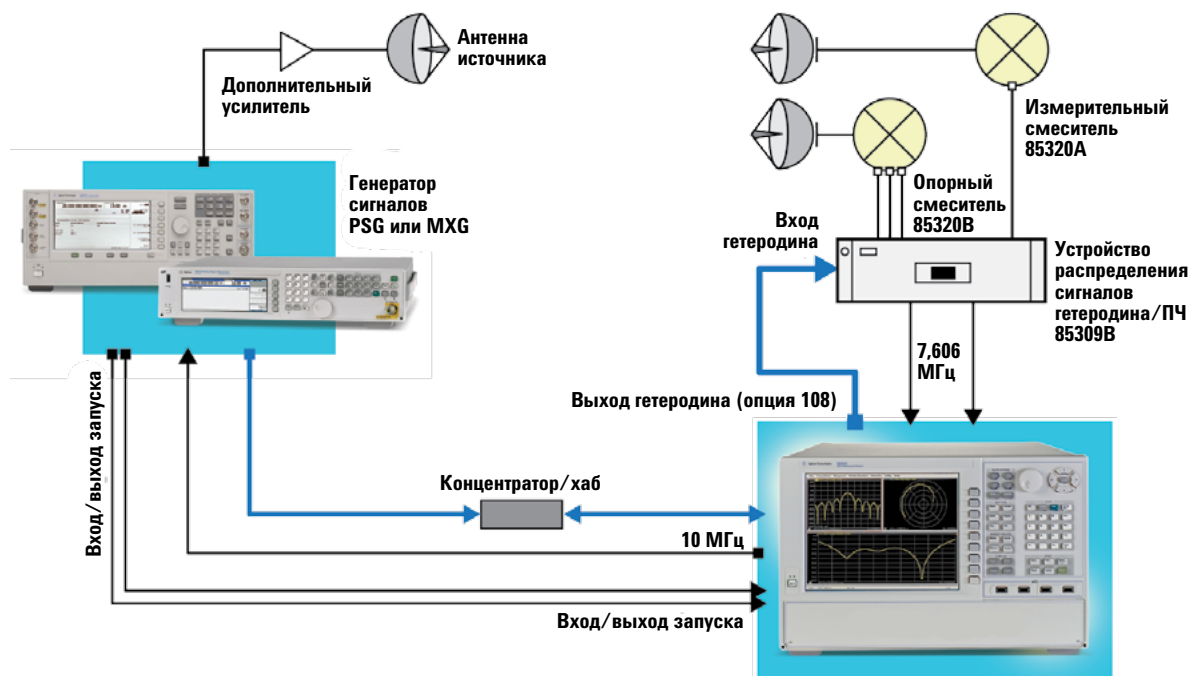


Причины замены систем 8530A новым измерительным приёмником на базе PNA-X

- Приёмник 8530A больше не поддерживается, поэтому техническое обслуживание существующих систем на его основе становится всё труднее и труднее
- Измерительный приёмник на базе PNA-X
 - Предлагает встроенное ПО эмуляции кода 8530A, чтобы можно было использовать существующее программное обеспечение измерений
 - Полностью совместим с компонентами существующих у пользователей систем 8530A
 - Ускоряет время сбора данных в 80 раз
 - По дополнительному заказу предлагает встроенный источник сигналов с высокой выходной мощностью (опция 108), который можно использовать в качестве сигнала гетеродина для удалённых смесителей или преобразователей частоты

Что лучше всего выбрать в качестве антенного приёмника?

Приложение	Измерительный приёмник N5264A	N524xA серии PNA-X	Комментарии
Измерения в ближней зоне	Нет (требуется внешний источник)	Да	Достижение более высокой скорости измерения за счёт использования внутреннего источника. Векторный анализатор цепей можно использовать для испытаний компонентов общего назначения
Компактный полигон	Да	Да	Выбор зависит от размеров антенного полигона
Измерения в дальнем поле	Да	Нет (более высокая стоимость)	Распределённый подход позволяет увеличить чувствительность измерений посредством оперативного размещения компонентов
Измерения в импульсных режимах	Нет	Да	PNA-X предлагает встроенные импульсные генераторы и импульсные модуляторы, которые упрощают конфигурацию системы

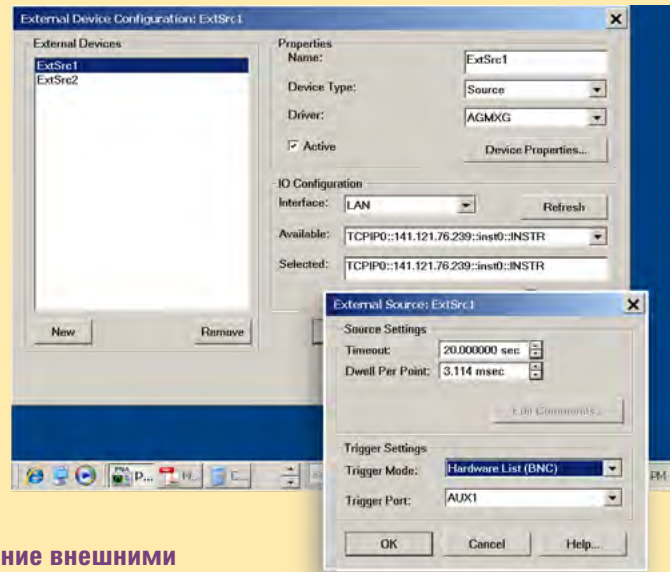


Измерительный приёмник PNA-X, сконфигурированный для измерения параметров антенн в дальней зоне. Можно также использовать PNA-X с опцией 020 (входы ПЧ).

Инновационные приложения

Быстрая и точная ВЧ-подсистема для измерения параметров антенн
продолжение

Советы экспертов

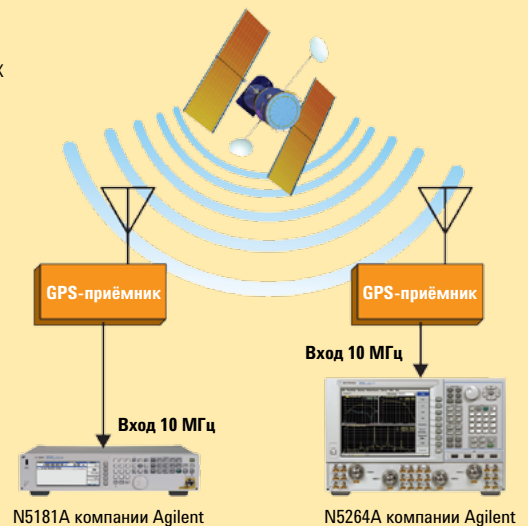


Управление внешними источниками сигналов

1. Подключить PNA-X к источнику сигналов через интерфейс LAN или GPIB
2. Использовать функцию External Device Configuration (конфигурирование внешнего устройства)
3. В разделе с заголовком Properties (свойства):
 - Ввести имя внешнего источника, в окне Device Type (тип устройства) выбрать Source (источник), а в окне Driver (драйвер) - соответствующий драйвер
 - После нажатия клавиши Device Properties (свойства устройства) выбрать один из двух режимов запуска: Software CW (кабели запуска не требуются, но медленный) или Hardware List (быстрый, но требуются внешние сигналы запуска с уровнями ТТЛ)
 - Если дистанция между PNA-X и источником слишком большая для использования кабелей запуска с соединителями BNC (> 40 метров), то хорошей альтернативой будет блок запуска E5818A компании Agilent с концентратором локальной сети (LAN)

Способ получения общего опорного сигнала 10 МГц для источника сигналов и PNA-X, когда расстояние между ними слишком большое (кабели с соединителями BNC использовать нельзя)

- Использовать недорогие спутниковые GPS-приёмники для получения высокоточных опорных сигналов 10 МГц
- Поместить один GPS-приёмник около источника сигналов, а другой - около PNA-X
- Данный подход работает для произвольно выбранных расстояний от сотен метров до многих километров



Основные рабочие характеристики

Сравнение технических характеристик

	N5249A N5241A N5242A	N5244A N5245A	N5247A
Диапазон частот	N5249A: от 10 МГц до 8,5 ГГц N5241A: от 10 МГц до 13,5 ГГц N5242A: от 10 МГц до 26,5 ГГц	N5244A: от 10 МГц до 43,5 ГГц N5245A: от 10 МГц до 50 ГГц	От 10 МГц до 67 ГГц
Динамический диапазон системы (на частоте 20 ГГц)	От 121 до 130 дБ зависит от конфигурации От 124 до 141 дБ с прямым доступом к приёмнику (тип.)	От 121 до 125 дБ зависит от конфигурации От 133 до 137 дБ с прямым доступом к приёмнику (тип.)	От 122 до 129 дБ зависит от конфигурации От 136 до 140 дБ с прямым доступом к приёмнику (тип.)
Максимальная выходная мощность на измерительном порте (на частоте 20 ГГц)	+13 дБм (опция 200, 400) +10 дБм (опция 219, 419) +15 дБм (опция 224) +10 дБм (опция 423)	+13 дБм (опция 200, 400) +10 дБм (опция 219, 419) +10 дБм (опция 224, 423)	+11 дБм (опция 200, 400) +8 дБм (опция 219, 419) +7 дБм (опция 224, 423)
Макс. диапазон свипирования мощности	38 дБ		
Характеристики системы после коррекции¹	(2-портовая калибровка, 3,5 мм) Dir: от 44 до 48 дБ SM: от 31 до 40 дБ LM: от 44 до 48 дБ Refl trk: от +/-0,003 до 0,006 дБ Trans trk: от +/-0,015 до 0,104 дБ	(2-портовая калибровка, 2,4 мм) Dir: от 36 до 42 дБ SM: от 31 до 41 дБ LM: от 35 до 42 дБ Refl trk: от +/-0,001 до 0,027 дБ Trans trk: от +/-0,020 до 0,182 дБ	(2-портовая калибровка, 1,85 мм) Dir: от 34 до 41 дБ SM: от 34 до 44 дБ LM: от 33 до 41 дБ Refl trk: от 0,01 до 0,33 дБ Trans trk: от 0,061 до 0,17 дБ
Шум трассы графика	0,002 дБ СКЗ (полоса ПЧ = 1 кГц)		
Гармоники От 10 МГц до 2 ГГц > 2 ГГц	-51 дБн (тип.) -60 дБн (тип.)		

¹ Dir = направленность; SM = согласование в источнике; LM = согласование в нагрузке; Refl trk = собственный ноль при измерении параметров отражения; Trans trk = собственный ноль при измерении параметров передачи

Анализаторы цепей серии PNA-X

Доступные опции

Описание	Дополнительная информация
Измерительный блок	
Опция 200 2 порта, один источник	
Опция 224 2 порта, дополнительный внутренний 2-ой источник, сумматор и механические переключатели	Требуются опция 200, одна из опций 219 или H85, а также 080
Опция 400 4 порта, два источника	Рекомендуется опция 080
Опция 423 4 порта, дополнительный внутренний сумматор и механические переключатели	Требуются опция 400, одна из опций 419 или H85, а также 080
Конфигурация выходной мощности	
Опция 219 2 порта, расширенный диапазон мощности и цепи подачи смещения	
Опция 419 4 порта, расширенный диапазон мощности и цепи подачи смещения	
Опция H85 ¹ Конфигурация с высокой мощностью (2 или 4 порта)	
Измерительные приложения	
Опция 007 Автоматическое удаление эффектов устройства подключения	Требуются ОС Windows 7 (комплект обновления ОС Windows 7 можно заказать, используя номер модели N8983A), а опция заказывается под номером N52xxAU-007
Опция 010 Измерения во временной области	
Опция 028 ² Измерения коэффициента шума с использованием стандартных приёмников	Для измерения преобразователей частоты требуется опция 082 или 083.
Опция 029 ² Измерения коэффициента шума с полной коррекцией	Требуются опция 080, а для моделей N5241/42A/49A - одна из опций 219, 224, 419, 423 или H85. Для моделей N5244/45/47A требуется опция 224 или 423. В модели N5247A приёмники шума работают только до 50 ГГц. Для измерения преобразователей частоты требуется опция 082 или 083.
Опция 080 Смещение частоты	
Опция 082 ³ Измерения преобразователей частоты со скалярной калибровкой	Требуются опция 080
Опция 083 ³ Измерения преобразователей частоты с векторной и скалярной калибровкой	Требуются опция 080
Опция 084 Измерения со встроенным гетеродином	Требуются хотя бы одна из опций: 028, 029, 082, 083, 086 или 087
Опция 086 Приложение для измерения компрессии коэффициента усиления	Рекомендуются опции 219, 419 или H85, и для измерения преобразователей частоты требуется опция 082 или 083
Опция 087 Приложение для измерения интермодуляционных искажений	Требуются опция 224 или 423, и для измерения преобразователей частоты требуется опция 082 или 083
Опция 088 Управление фазой источника	
Опция 460 Приложение для измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов стимулов	Требуются опция 400
Опция 551 ⁴ Приложение для N-портовых измерений	
Нелинейный векторный анализ цепей (NVNA)	
Опция 510 Определение характеристик нелинейных компонентов	Требуются опции 419 и 080 или 400, H85 и 080
Опция 514 Нелинейные X-параметры ⁵	Требуются опции 423 и 510;
Опция 518 Нелинейные измерения в области огибающей импульса	Требуются опции 021 и 025 и одна из двух опций 510 или 514
Опция 520 X-параметры с произвольными импедансами нагрузки	Требуются опция 514

Принадлежности, требуемые для NVNA

- Генератор комбинационных частот U9391C (от 10 МГц до 26,5 ГГц) или U9391F (от 10 МГц до 50 ГГц) (для измерений нелинейных параметров требуются два генератора).
- Измеритель мощности и преобразователь мощности, либо измеритель мощности с шиной USB компании Agilent
- Калибровочный набор компании Agilent: механический или модуль ECal
- Генератор сигналов серии MXG или PSG компании Agilent - используется для извлечения X-параметров (внутренний выход опорного сигнала 10 МГц может быть использован для приложений с разномом тонов, равным 10 МГц)

1. Заказывайте специальную модель N524xAAS вместо N524xA и добавляйте опции N524xA-200 и N524xAAS-H85 для 2 портов, расширенного диапазона мощности, конфигурации с высокой мощностью, либо опции N524xA-400 и N524xAAS-H85 для 4 портов, расширенного диапазона мощности, конфигурации с высокой мощностью. Заказывайте другие стандартные опции, используя обозначение N524xA-xxx. Опция H85 включает расширенный диапазон мощности опций 219 и 419, и поэтому их нельзя заказывать вместе.
2. При измерениях с коррекцией неполного согласования в источнике опции 028 и 029 на моделях N5241/42/49A требуют использования модуля ECal в качестве тонера импеданса. Модели N5244/45/47A имеют встроенный тонер. Для калибровки опция 029 требует либо источник шума серии 346 (рекомендуется 346C компании Agilent), либо измеритель мощности, а опция 028 - измеритель мощности. При измерении параметров смесителей и преобразователей частоты для всех опций требуется измеритель мощности.
3. Опция 082 является подмножеством опции 083, поэтому обе эти опции нельзя заказывать вместе.
4. При конфигурировании прибора как многопортового анализатора цепей с использованием опции 551 и внешнего многопортового измерительного блока функция сумматора опции 224 или 423 временно запрещается. При конфигурировании прибора как автономного анализатора цепей функция сумматора разрешается. При заказе внешнего измерительного блока выберите опцию, чтобы заказать соответствующий набор кабельных перемычек для организации межсоединений между анализатором и измерительным блоком.
5. X-параметры - зарегистрированный товарный знак компании Agilent Technologies.

Анализаторы цепей серии PNA-X

Доступные опции, *продолжение*

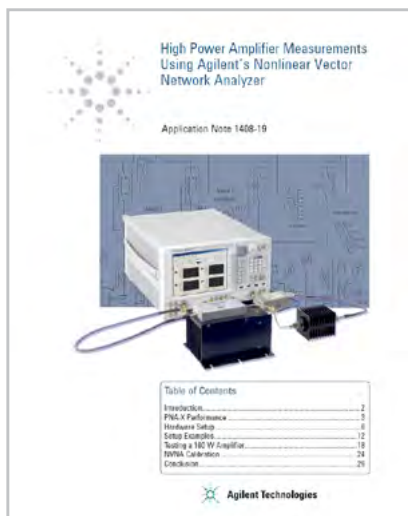
Описание	Дополнительная информация
Измерения параметров антенн, измерения в импульсных режимах и миллиметровом диапазоне	
Опция 008 Измерения в импульсных режимах	Требуется опция 025
Опция 020 Добавление входов ПЧ для измерений параметров антенн и в миллиметровом диапазоне	
Опция 021 Добавление импульсного модулятора к первому внутреннему источнику	
Опция 022 Добавление импульсного модулятора ко второму внутреннему источнику	Требуется опция 224 or 400
Опция 025 Добавление четырёх внутренних импульсных генераторов	
Опция 118 Режим свипирования Fast CW	
Принадлежности	
Опция 1CM Комплект для монтажа в стойку для использования без ручек	
Опция 1CP Комплект для монтажа в стойку для использования с ручками	
Программное обеспечение калибровки	
Опция 897 ¹ Бессрочная лицензия на встроенное программное обеспечение для проверки технических характеристик прибора в соответствии с требованиями компании Agilent	
Опция 898 ¹ Бессрочная лицензия на встроенное программное обеспечение для проверки технических характеристик с целью калибровки прибора в соответствии со стандартами	
Калибровочная документация	
Опция 1A7 Калибровка, соответствующая стандарту ISO 17025	
Опция UK6 Коммерческий сертификат калибровки с данными испытаний	
Опция A6J Калибровка, соответствующая стандарту ANSI Z540	

1. Требуется дополнительное оборудование. Для получения информации о требуемом для обслуживания измерительном оборудовании следует обращаться к руководству по техническому обслуживанию анализатора (Service Guide).

Дополнительная информация

Загрузите самые последние заметки по применению PNA-X:

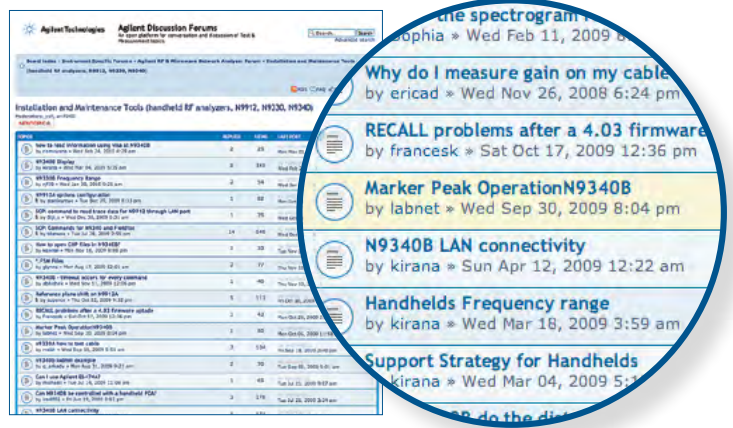
Запомните ссылку на эту Web-страницу для загрузки самых последних заметок по применению PNA-X с целью получения более глубоких знаний по измерениям.



www.agilent.com/find/pnaxapps

Получайте ответы от заводских экспертов в диалоговом режиме:

Обсуждение тем, касающихся калибровки, приложений, технических характеристик приборов и программирования, на дискуссионном форуме, расположенном на сайте компании Agilent. Получайте ответы по самым трудноразрешимым проблемам измерений и разработки и просматривайте темы, которые обсуждались ранее.



www.agilent.com/find/na_forum

Полная уверенность в результатах измерений

При тестировании параметров активных устройств, в зависимости от стоящих задач, требуется оптимальное сочетание быстродействия и производительности. На этапе разработки векторные анализаторы обеспечивают высокий уровень достоверности измерений, на производстве - высокую производительность и повторяемость измерений. В полевых условиях наши ручные анализаторы обеспечивают высокое качество измерений там, где необходимо. Каждый векторный анализатор семейства - это воплощение нашего опыта в области тестирования параметров линейных и нелинейных устройств. И в лаборатории, и на производстве, и в полевых условиях мы можем помочь Вам добиться полной уверенности в результатах измерений.



myAgilent

www.agilent.com/find/myagilent

Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.



www.lxistandard.org

LAN eXtensions for Instruments (расширения LAN для измерительных приборов) добавляет возможности локальной сети Ethernet и Web в измерительные системы. Компания Agilent является членом-учредителем консорциума LXI.



Трехлетняя гарантия

www.agilent.com/find/ThreeYearWarranty

За пределами технических характеристик, изменяя опыт владения. Agilent является единственным производителем контрольно-измерительного оборудования, предлагающим трехлетнюю гарантию на все приборы.



Гарантийные планы Agilent

www.agilent.com/find/AssurancePlans

Пять лет защиты и отсутствия неожиданных трат, чтобы обеспечить работу Ваших приборов в соответствии с техническими характеристиками. Вы можете постоянно полагаться на точные измерения.



www.agilent.com/quality

Подразделение электронных измерений Agilent сертифицировано компанией DEKRA в соответствии с системой менеджмента качества ISO 9001:2008



Торговые партнеры Agilent

www.agilent.com/find/channelpartners

Получите двойную выгоду: глубокие профессиональные знания в области измерительной техники и широкую номенклатуру выпускаемой продукции компании Agilent в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

www.agilent.com

www.agilent.com/find/pna

Для получения дополнительной информации по контрольно-измерительным решениям Agilent Technologies, пожалуйста, обращайтесь в Российское отделение компании Agilent Technologies по адресу:

Россия, 115054, Москва,
Космодамианская набережная,
д. 52, стр. 3
Тел: +7 (495) 7973954,
8 800 500 9286

(звонок по России бесплатный)
Факс: +7 (495) 7973902, +7 (495) 7973901
E-mail: tmo_russia@agilent.com
или посетите нашу страницу
в сети Internet по адресу:
www.agilent.ru

Сервисный центр Agilent Technologies в России

Россия, 115054, Москва,
Космодамианская набережная,
д. 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901
E-mail: russia.ssu@agilent.com

Технические характеристики и описания изделий, содержащиеся в данном документе, могут быть изменены без предварительного уведомления.

© Авторское право
Agilent Technologies, Inc. 2010, 2014
Published in USA, July 9, 2014
Номер публикации 5990-4592RURU

Защитите Ваши инвестиции в программное обеспечение:

Компания Agilent защищает Ваши инвестиции в программное обеспечение систем на базе анализаторов цепей 8753, 8720 и 8510, обеспечивая средства миграции, предназначенные для сокращения усилий и затрат на преобразование кода.

www.agilent.com/find/nadisco



www.agilent.com/find/pna



Agilent Technologies