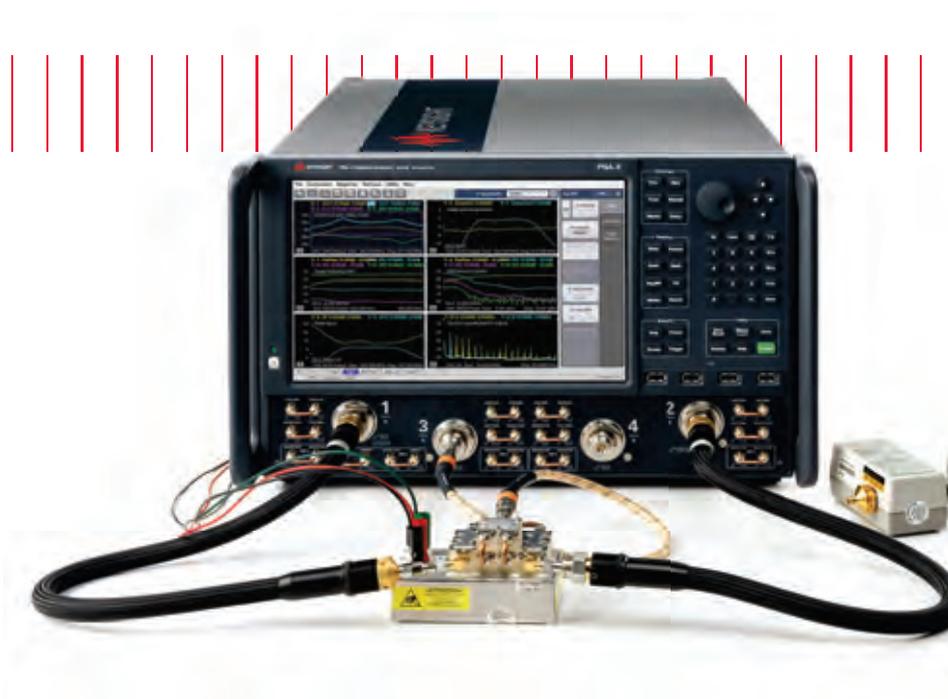


Keysight Technologies

СВЧ-анализаторы цепей серии PNA-X



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 серии PNA-X - вершина 40-летней истории технического лидерства и инноваций компании Keysight 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, схемы суммирования сигналов, приёмников для измерения S-параметров и шума, импульсных модуляторов и генераторов, гибкого набора коммутаторов 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 импульсных режимах)
- Измерение коэффициента шума
- Измерение компрессии коэффициента усиления
- Измерение интермодуляционных и гармонических искажений
- Измерение усиления/потерь преобразования
- Измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов стимулов
- Определение характеристик нелинейных компонентов и X-параметров
- Тестирование антенн

Технология анализа цепей до нанодиапазона

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

- 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, предназначенной для топографических измерений калиброванных ёмкостей и плотности легирующих примесей при нанометровых размерах.

Нужный диапазон частот для Ваших задач

N5249B	От 10 МГц до 8,5 ГГц
N5241B	От 10 МГц до 13,5 ГГц
N5242B	От 10 МГц** до 26,5 ГГц
N5244B	От 10 МГц до 43,5 ГГц
N5245B	От 10 МГц до 50 ГГц
N5247B	От 10 МГц** до 67 ГГц
PNA-X с модулями мм-диапазона	От 10 МГц до 1,5 ТГц

** Некоторые опции позволяют расширить диапазон частот вниз до 900 Гц

Создайте оптимальную систему с нужным диапазоном частот.

Комплекс измерений с помощью одного прибора

Замените целую стойку с оборудованием одним прибором

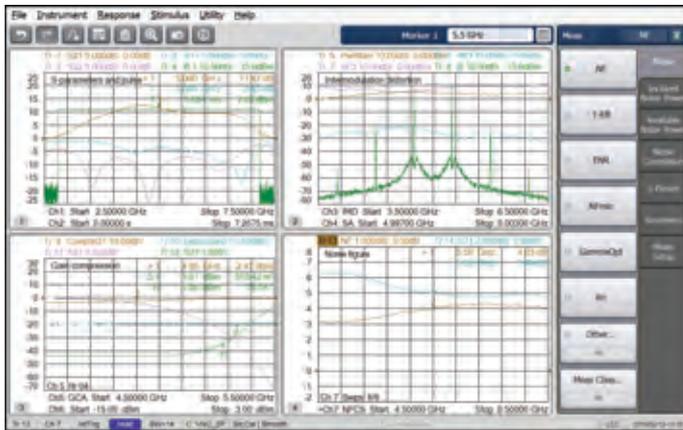
Обладая высокоинтегрированными и универсальными аппаратными средствами и реконфигурируемыми измерительными трактами, PNA-X позволяет заменить целые стойки с оборудованием одним измерительным прибором. Один PNA-X может заменить следующие измерительные приборы:

- анализатор цепей
- анализатор спектра
- два источника сигналов
- измеритель/анализатор коэффициента шума
- измерители мощности
- коммутационная матрица
- цифровой вольтметр



Преимущества 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 позволяет...**
 - ...повысить качество выпускаемой продукции и более точно определять характеристики устройств
- **Гибкие аппаратные средства позволяют быть готовым...**
 - ...к будущим требованиям к испытаниям



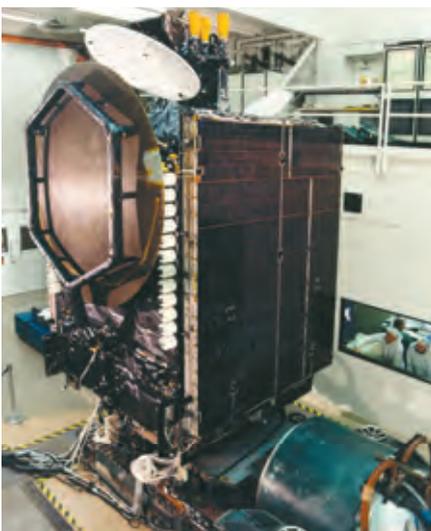
Используя один набор подключений к усилителю или преобразователю частоты, PNA-X может измерять S-параметры, интермодуляционные искажения, зависимость компрессии коэффициента усиления и фазы от частоты, коэффициент шума и многое другое в режиме НГ (непрерывная генерация гармонических сигналов) и импульсных режимах.



Практические результаты – примеры применения PNA-X

“Мы выбрали PNA-X компании Keysight, 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 тестирования 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 включают 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 объём повторных испытаний и большое время вынужденного простоя системы.

Результаты

Возможность PNA-X объединять в одном приборе больше активных измерений, чем любой другой продукт 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 объёма 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 тестирования 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 объём 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

Сначала аэрокосмическая компания закупила четыре PNA-X (модели с диапазоном частот до 26,5 и 50 ГГц). В связи со значительным ростом производительности и объёма 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 объёма 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 тестирования с 30 до 10 минут

Проблемы

Производитель разрабатывал новую широкополосную систему беспроводной связи, и ему требовалась более быстродействующая 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 тестирования 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 переподсоединения 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 Keysight 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-понятный интерфейс пользователя для быстрого управления функциями анализатора

Гибкий интерфейс пользователя: клавиши передней панели, панель программируемых клавиш с закладками, ниспадающее меню, настраиваемая панель инструментов, контекстные меню, вызываемые правой клавишей мыши, возможность перетаскивания объектов на экране и сенсорный дисплей с диагональю 12,1 дюйма

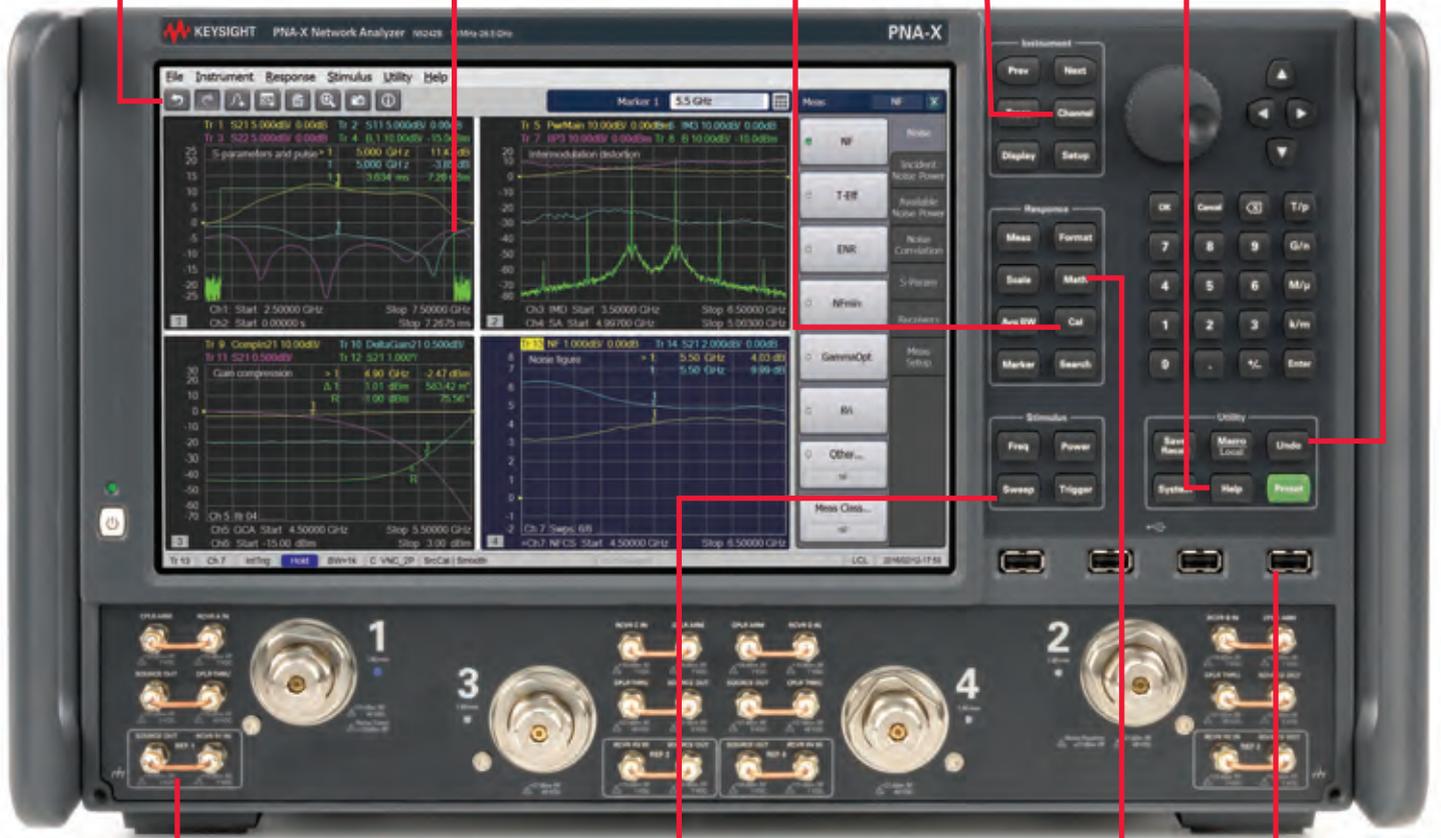
До 15 маркеров на график

Методы калибровки, соответствующие последним достижениям

200 измерительных каналов и неограниченное число графиков

Клавиша Undo/Redo отменяет или восстанавливает введённые данные

Контекстно-зависимая встроенная справочная система



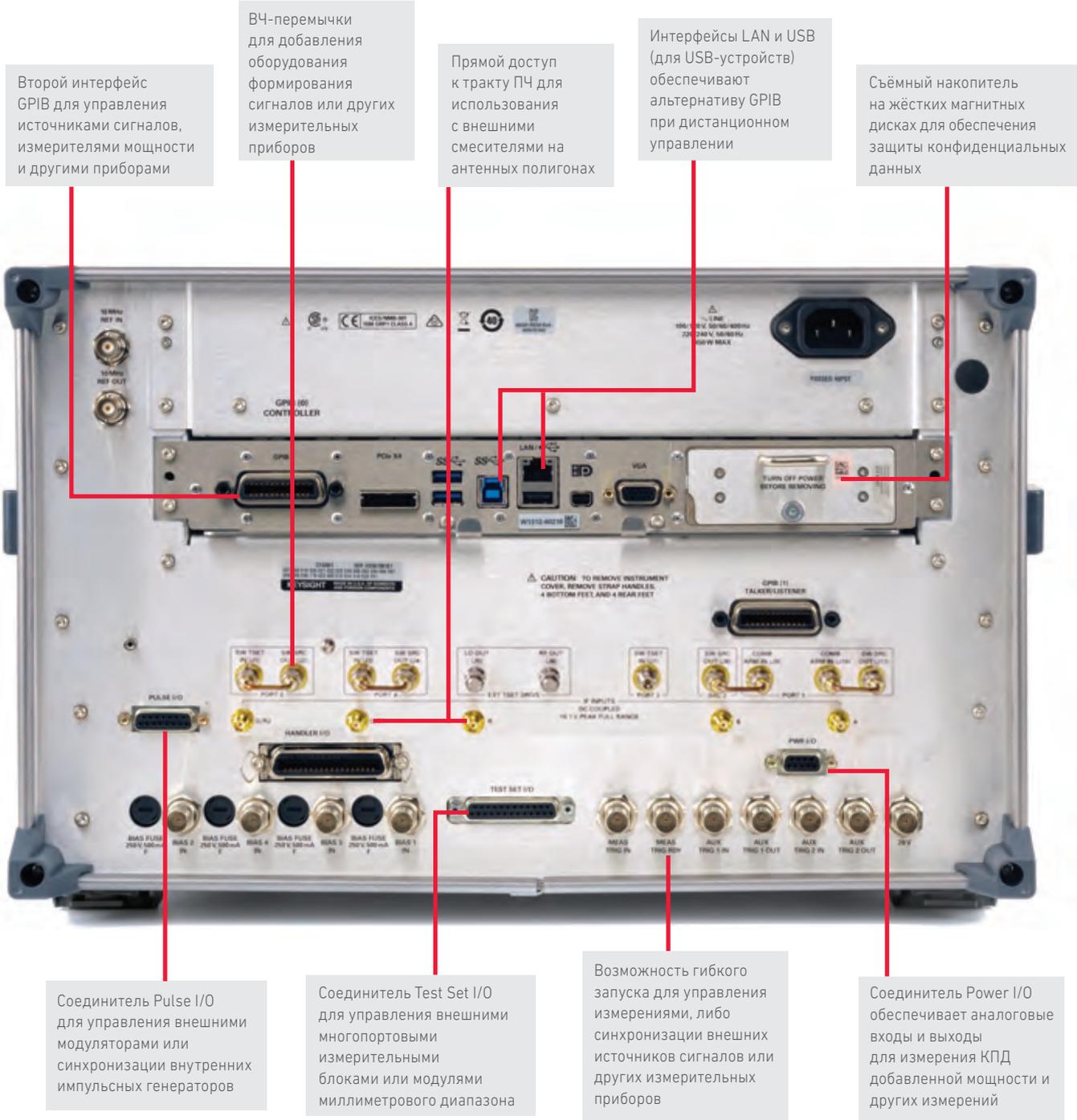
Конфигурируемый измерительный блок, доступный на всех моделях

Виды свипирования: частота (линейное, логарифмическое, сегментированное) уровень мощности, НГ (непрерывная генерация на одной частоте), фаза

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



Второй интерфейс GPIB для управления источниками сигналов, измерителями мощности и другими приборами

ВЧ-перемычки для добавления оборудования формирования сигналов или других измерительных приборов

Прямой доступ к тракту ПЧ для использования с внешними смесителями на антенных полигонах

Интерфейсы LAN и USB (для USB-устройств) обеспечивают альтернативу GPIB при дистанционном управлении

Съёмный накопитель на жёстких магнитных дисках для обеспечения защиты конфиденциальных данных

Соединитель Pulse I/O для управления внешними модуляторами или синхронизации внутренних импульсных генераторов

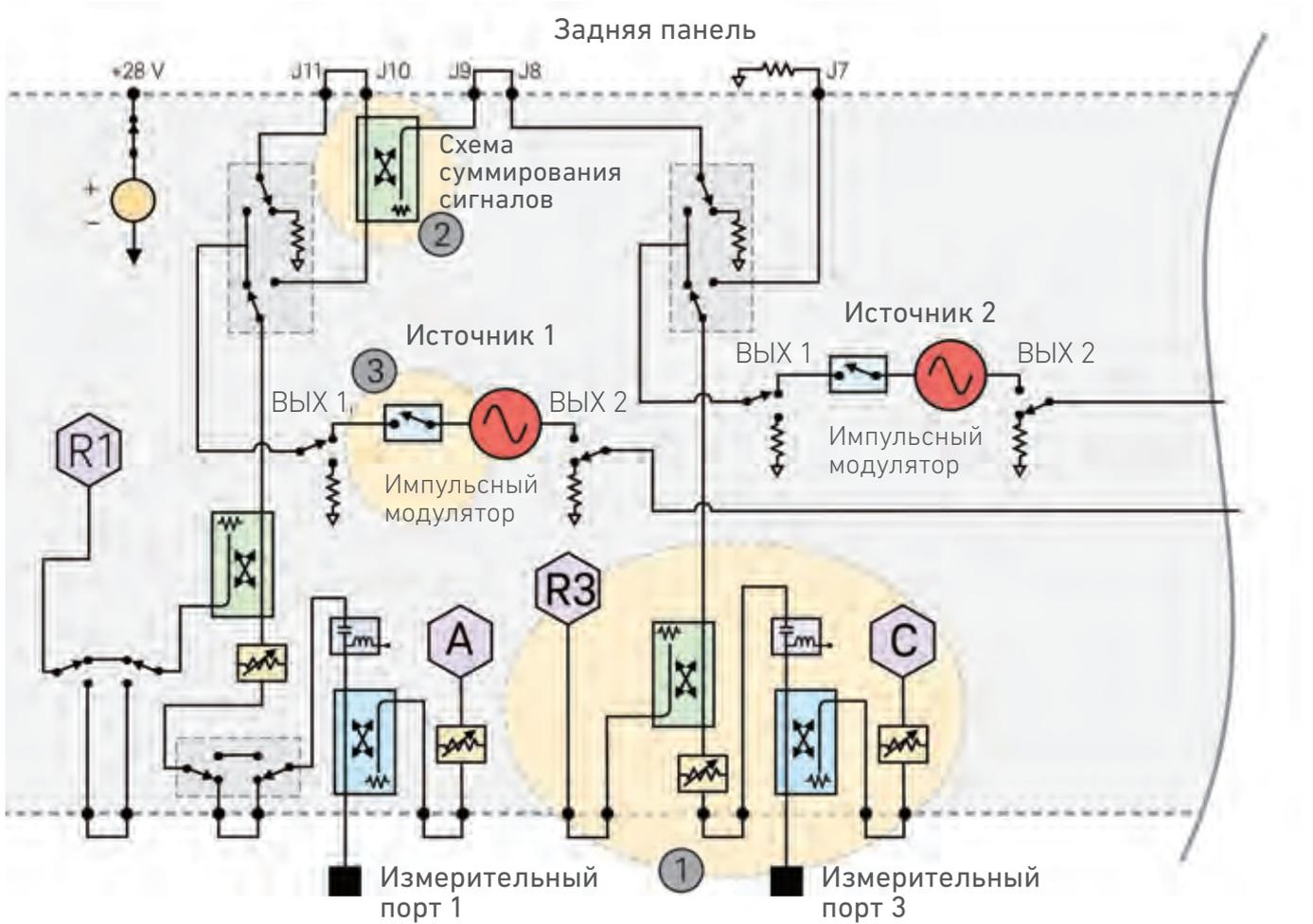
Соединитель Test Set I/O для управления внешними многопортовыми измерительными блоками или модулями миллиметрового диапазона

Возможность гибкого запуска для управления измерениями, либо синхронизации внешних источников сигналов или других измерительных приборов

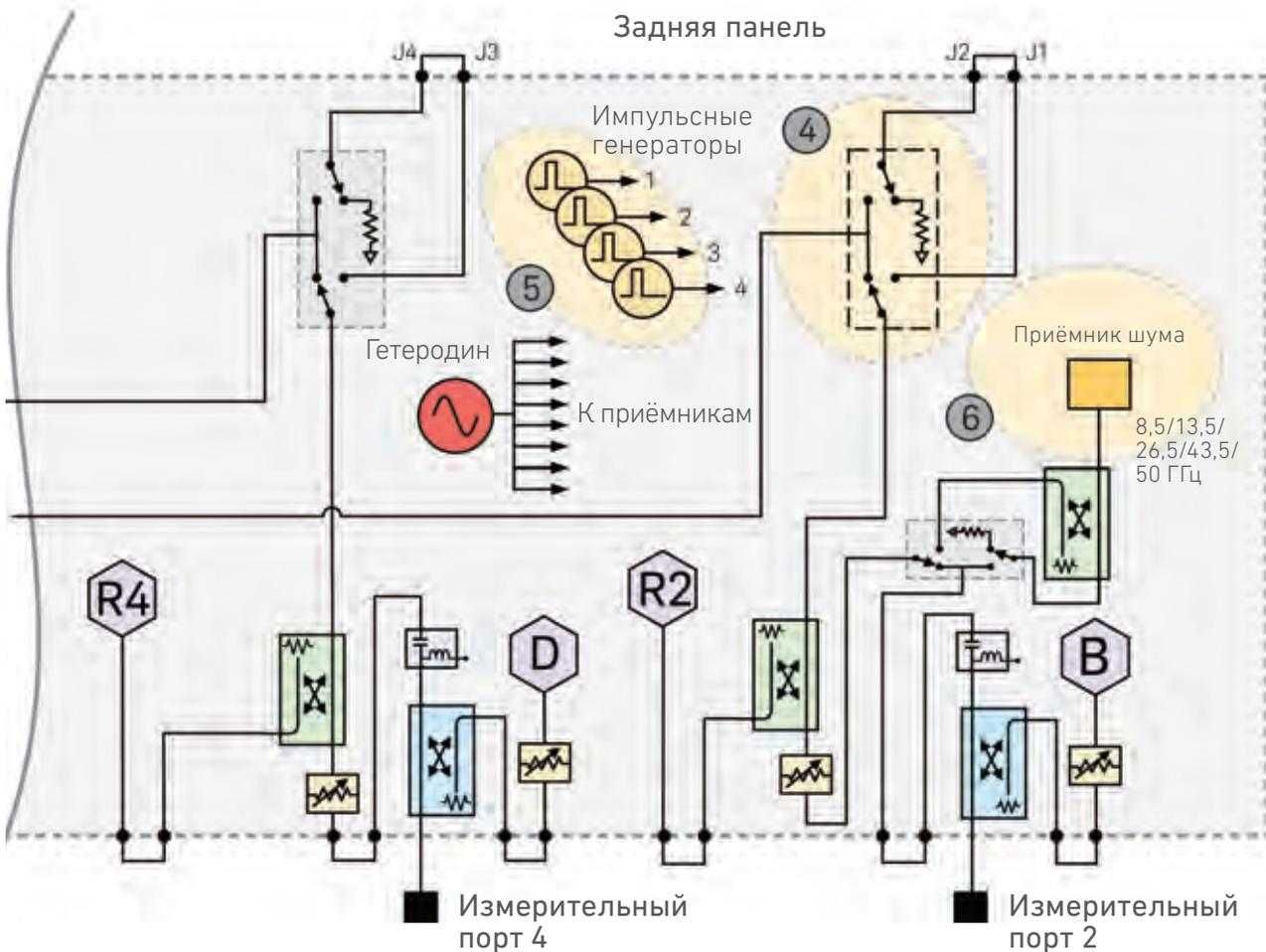
Соединитель Power I/O обеспечивает аналоговые входы и выходы для измерения КПД добавленной мощности и других измерений

Гибкая архитектура

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



4. Переключаемые переключатели 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 высокочувствительные приёмники при использовании с передовыми алгоритмами калибровки и измерений обеспечивают самые точные в отрасли измерения коэффициента шума.



Инновационные приложения

Простые, быстрые и точные измерения параметров импульсных ВЧ-сигналов

(S93025/026A, опции 021, 022)



В течение 1990-х годов HP 8510 был промышленным стандартом для векторных анализаторов цепей, измеряющих параметры импульсных ВЧ-сигналов.

Серия PNA заменила стоечную систему 8510 настольным техническим решением.

Проблемы измерений параметров импульсных ВЧ-сигналов

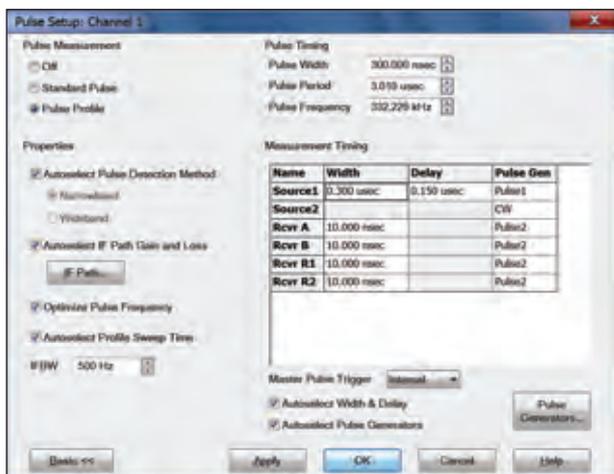
- Импульсные генераторы и модуляторы, необходимые для измерений параметров импульсных ВЧ-сигналов, значительно усложняют измерительную систему
- Для коротких импульсов:
 - максимальная полоса ПЧ анализатора часто слишком мала для широкополосного детектирования
 - узкополосное детектирование получается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

Измерения параметров импульсных ВЧ-сигналов с помощью PNA-X обеспечивают:

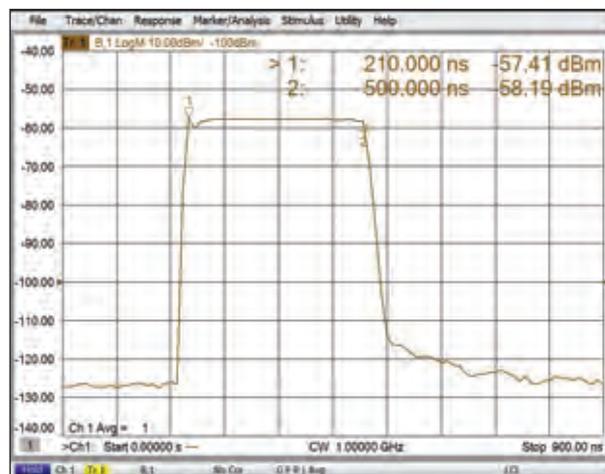
- Приложение S93025A обеспечивает простой интерфейс пользователя для полного управления двумя внутренними импульсными модуляторами (опции 021 и 022) и четырьмя внутренними независимыми импульсными генераторами и измерения с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse) при минимальной длительности импульса 200 нс, а также профиля импульса (Pulse profile) с минимальным разрешением 50 нс
- Приложение S93026A добавляет измерения с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса при минимальной длительности импульса 20 нс и профиля импульса с минимальным разрешением 10 нс
- 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 от 100 нс
- Соединитель Pulse I/O на задней панели для синхронизации с внешним оборудованием и ТУ
- Точное определение параметров активных компонентов с помощью уникальных приложений для измерения компрессии усиления, интермодуляционных искажений в режимах свипирования частоты/уровня мощности и коэффициента шума



Первая одноблочная испытательная система для измерения параметров импульсных ВЧ-сигналов на базе PNA-X устанавливает новый стандарт простоты использования, скорости и точности измерений.



Приложение для измерений параметров импульсных ВЧ-сигналов автоматически оптимизирует конфигурацию внутренних аппаратных средств для конкретных условий формирования импульсов, значительно упрощая установку параметров испытаний. В качестве альтернативы, пользователи могут выбрать ручную установку аппаратных средств для удовлетворения уникальных требований испытаний.



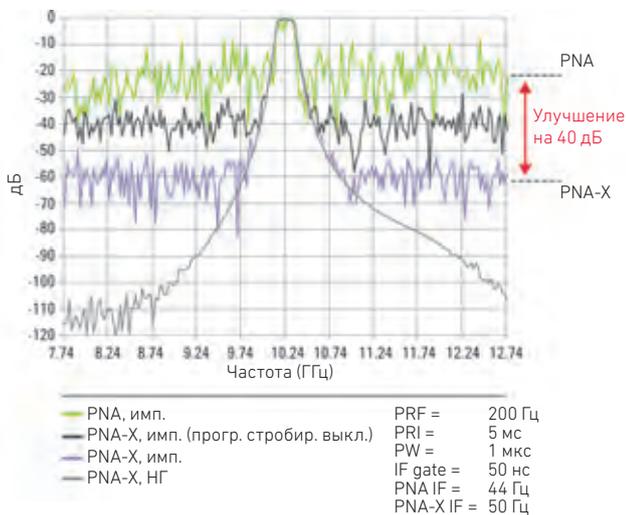
Измерение профиля импульса при использовании метода узкополосного детектирования даёт 30 точек измерения в пределах длительности импульса 300 нс, обеспечивая временное разрешение 10 нс.

Советы экспертов

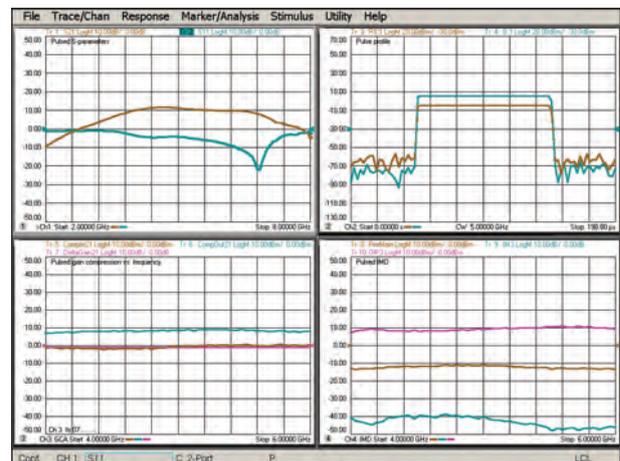
- В сравнении с усреднением по циклам свипирования усреднение по точкам обычно обеспечивает более быстрое получение результатов, если усреднение необходимо для снижения уровня шумов и улучшения точности измерений при использовании широкополосного детектирования.
- Во время калибровки уровня мощности источника измерители мощности считают среднюю мощность, хотя анализатор устанавливает уровень пиковой мощности импульсных испытательных сигналов. Для компенсации разницы между значениями пиковой и средней мощности используйте 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 метода

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.

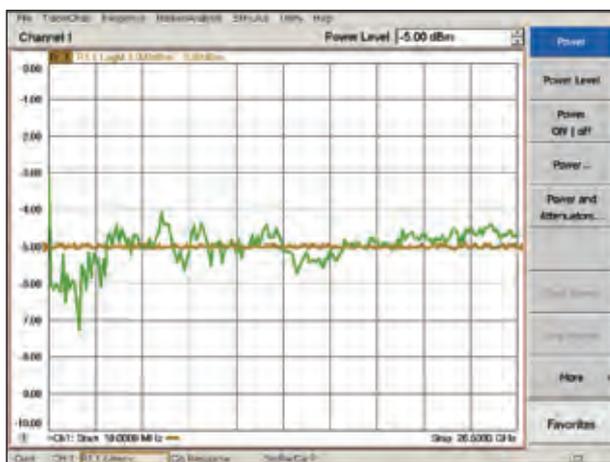
- В импульсном режиме важно использовать выравнивание уровня по приёмнику для поддержания точности определения уровня мощности при соответствующих измерениях, таких как измерение выходной мощности, компрессии и интермодуляционных искажений.



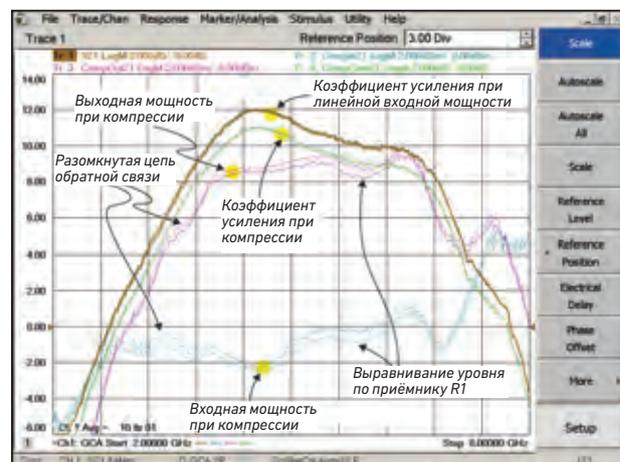
Метод узкополосного детектирования PNA-X, используемый при коротких длительностях импульса (< 267 нс) использует специальные аппаратные средства и патентованные методы программного стробирования для улучшения динамического диапазона системы при измерениях с низким коэффициентом заполнения импульсов на 40 дБ по сравнению с системами, измеряющими параметры импульсных ВЧ-сигналов, на базе PNA.



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



Использование функции выравнивания уровня по приёмнику уменьшает погрешность измерения уровня мощности импульсного ВЧ-сигнала 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 уровней испытательных 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 (S93029A, опция 029)

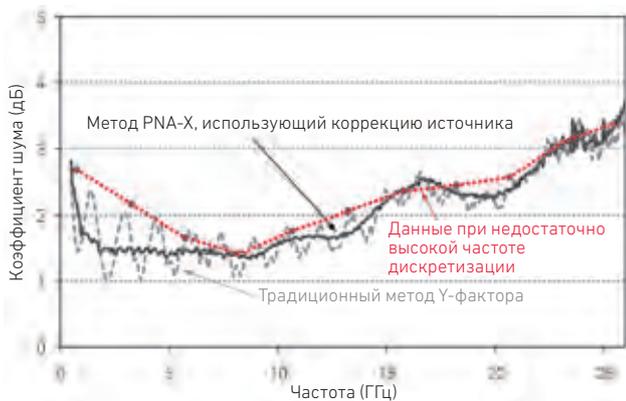
Проблемы измерения коэффициента шума с помощью традиционного метода Y-фактора

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

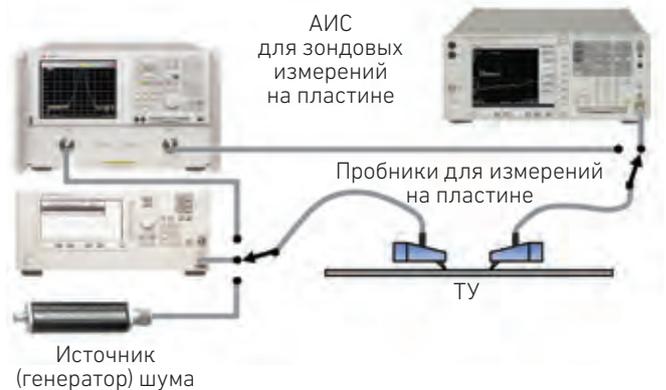


Техническое решение для измерения коэффициента шума на базе PNA-X обеспечивает:

- Измерения параметров 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 по сравнению с анализаторами коэффициента шума серии NFA компании Keysight
- Сверхбыстрые измерения шумовых параметров при использовании с автоматическими тюнерами компании Maury Microwave, позволяющими повысить скорость измерения от 200 до 300 раз



При использовании 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.



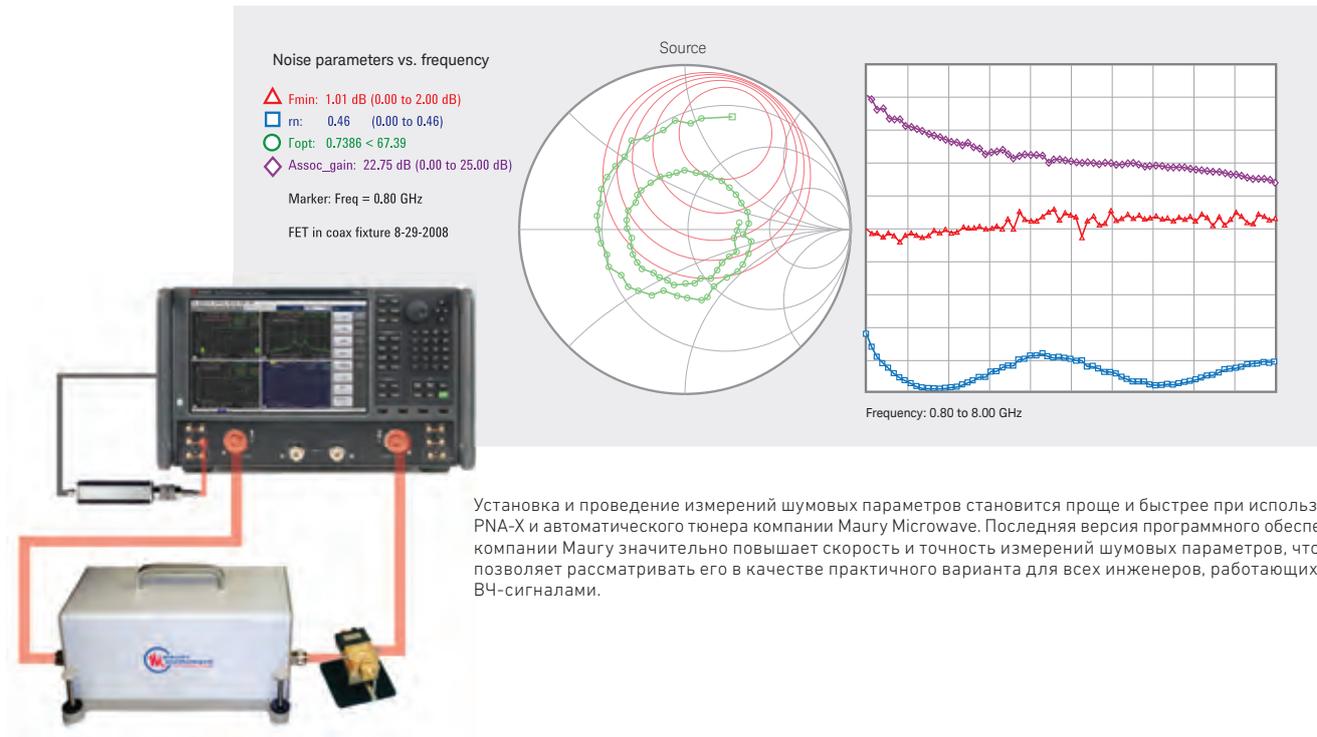
При измерениях с использованием метода Y-фактора любая электрическая цепь, подключенная между источником шума и ТУ (кабели, коммутационные матрицы, пробники для измерений на пластине), приводит к значительному ухудшению точности измерений.

“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 шумовых параметров за минуты, а не за дни

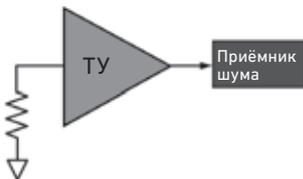


Установка и проведение измерений шумовых параметров становится проще и быстрее при использовании PNA-X и автоматического тюнера компании Maury Microwave. Последняя версия программного обеспечения компании Maury значительно повышает скорость и точность измерений шумовых параметров, что позволяет рассматривать его в качестве практического варианта для всех инженеров, работающих с ВЧ-сигналами.

Методы измерения коэффициента шума



Метод Y-фактора: самым распространённым методом измерения коэффициента шума является метод Y-фактора. В его основе заложено использование источника (генератора) 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 включён, 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 Keysight с опциями предусилителя и специализированной программы для измерения коэффициента шума.



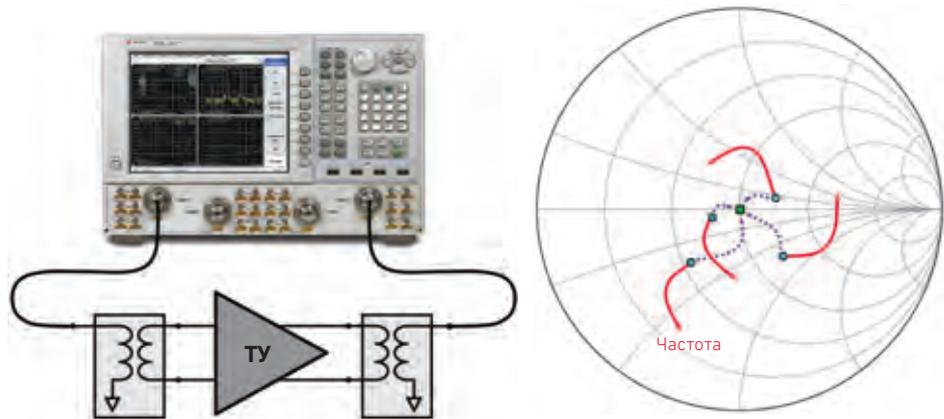
Метод холодного источника: альтернативным методом измерения коэффициента шума является метод холодного источника или метод прямого измерения шума. При использовании этого метода производится только одно измерение мощности шума на выходе тестируемого усилителя, при этом вход усилителя нагружен импедансом 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 (S21), 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 (S93029A, опция 029, продолжение)

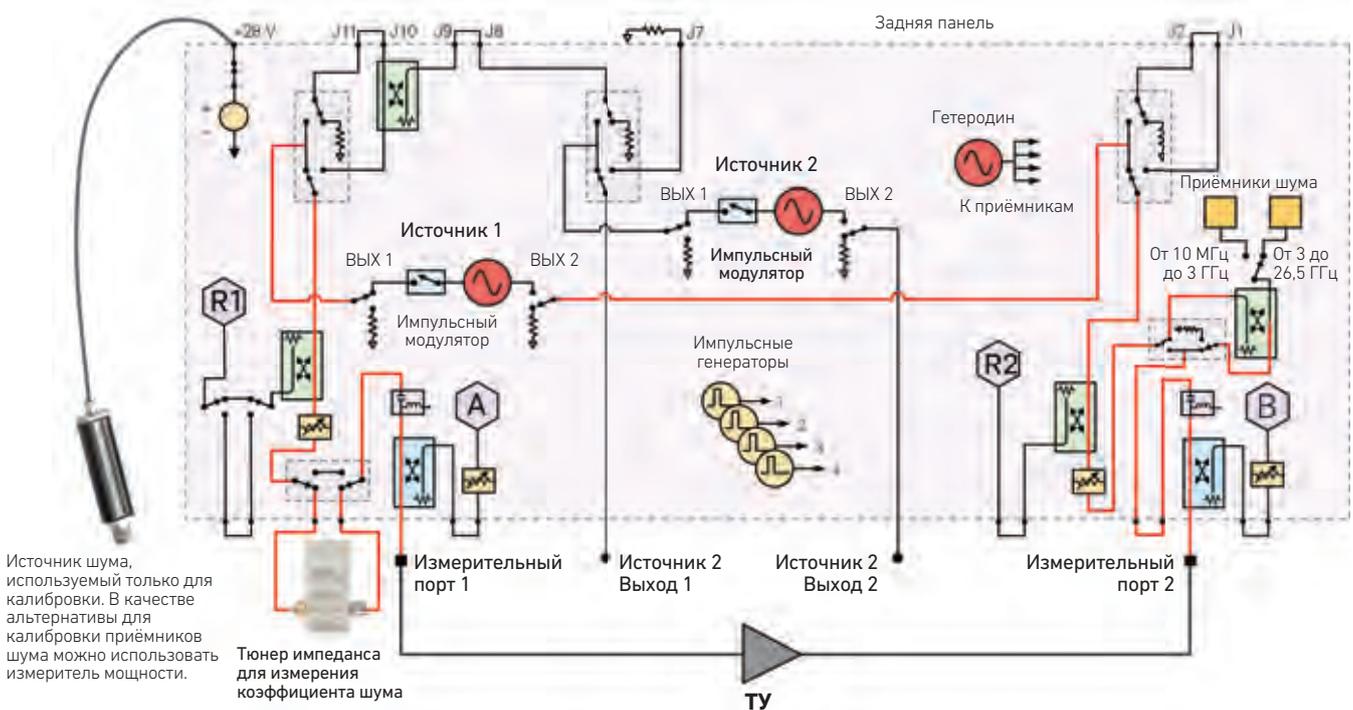
Уникальное техническое решение для измерения коэффициента шума на базе PNA-X с коррекцией неполного согласования в источнике

- 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 шумовых параметров
- Поддерживает высокую точность при измерении в тестовой оснастке, 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 известными, но не равными 50 Ом, импедансами источника. Используя результаты этих измерений, вычисляется точное значение коэффициента шума, соответствующее импедансу источника 50 Ом.



Источник шума, используемый только для калибровки. В качестве альтернативы для калибровки приёмников шума можно использовать измеритель мощности.

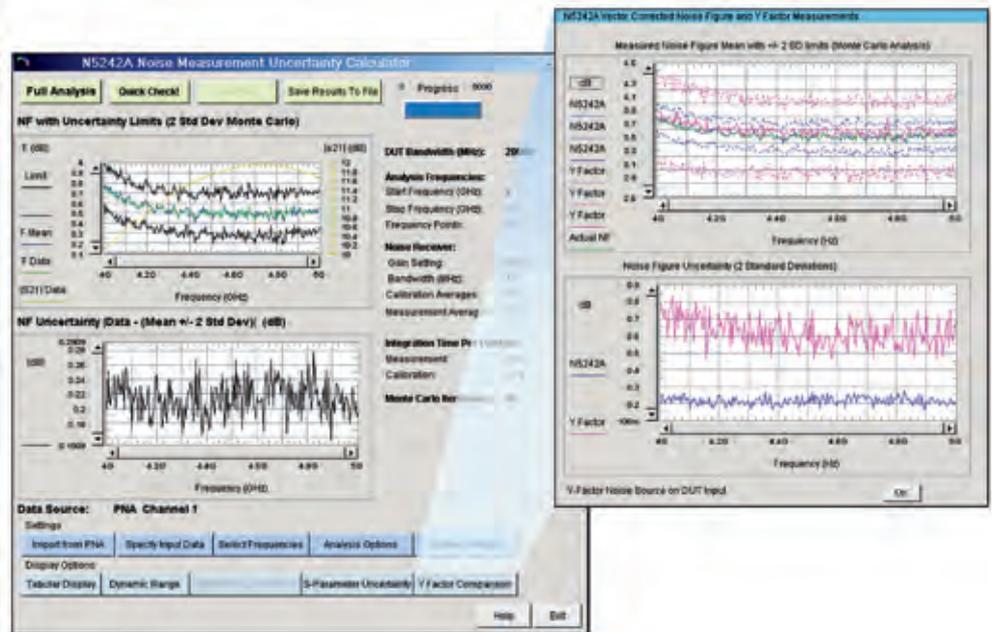
Тюнер импеданса для измерения коэффициента шума

Структурная схема 2-портового анализатора N5242B серии PNA-X с опцией 224 измерительного блока и опцией 029 высокочувствительного приёмника для измерения коэффициента шума. Стандартный модуль ECal используется в качестве тюнера импеданса, чтобы помочь исключить эффекты, связанные с неполным согласованием в источнике. Модели N5244/45/47B включают встроенный тюнер импеданса.

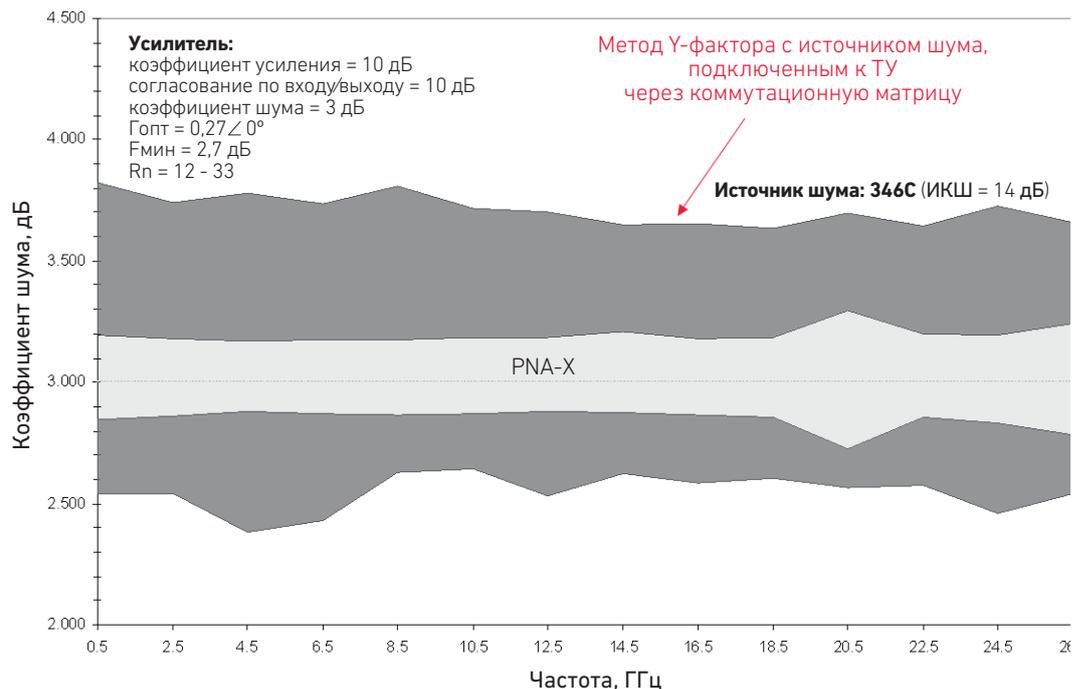
Советы экспертов

- 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 используют батареи, чтобы исключить влияние помех по цепи питания на результаты измерения параметров чувствительных маломощных усилителей
- Общую погрешность измерения можно оценить с помощью калькулятора погрешностей измерения коэффициента шума на базе метода Монте-Карло, предлагаемого компанией Keysight

Калькулятор погрешностей измерения коэффициента шума PNA-X компании Keysight (www.keysight.com/find/nfcalc) учитывает эффекты рассогласования и наведённые ошибки при измерении шумовых параметров, 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

(S93086A)

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

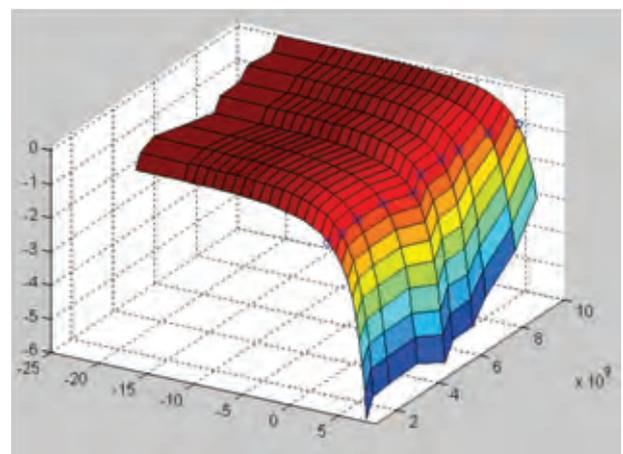
Приложение для измерения компрессии коэффициента усиления PNA-X (GCA) обеспечивает:

- Быстрые и удобные измерения с использованием режима интеллектуального (SMART) свипирования
- Очень точные результаты измерений за счёт использования направляемой калибровки, 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 НГ-сигнала. 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.



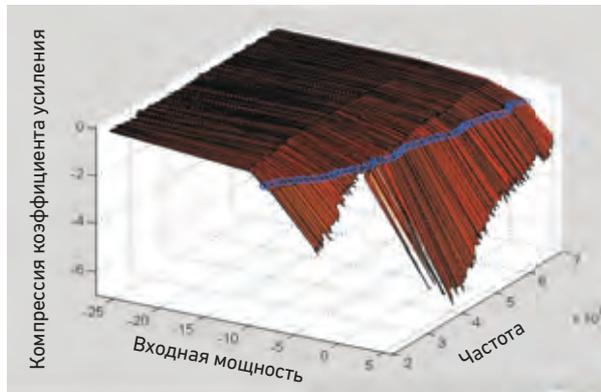
Полное определение характеристик устройства с помощью двумерного свипирования: зависимость коэффициента усиления от частоты и уровня мощности.

Доступные методы определения компрессии

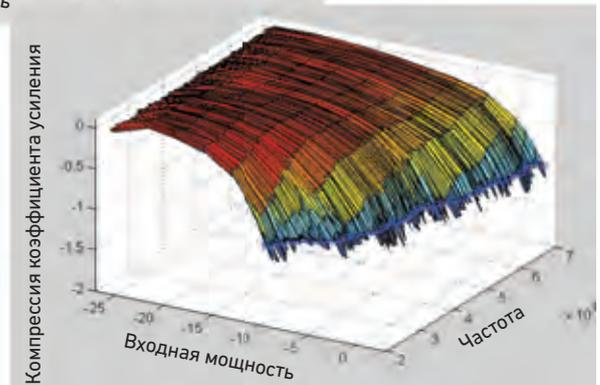
<p>Компрессия относительно линейного коэффициента усиления</p>	<p>Линейный коэффициент усиления измеряется с использованием заданного линейного (входного) уровня мощности. Точка компрессии вычисляется следующим образом: линейный коэффициент усиления минус заданный уровень компрессии.</p>	
<p>Компрессия относительно максимального коэффициента усиления</p>	<p>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.</p>	
<p>Компрессия относительно уровня возврата</p>	<p>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.</p>	
<p>Метод X/Y</p>	<p>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.</p>	
<p>Компрессия относительно насыщения</p>	<p>Точка компрессии определяется как наибольшее значение выходной мощности минус значение, заданное как "From Max Pout" (от максимального значения выходной мощности).</p>	

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
- Используйте отсчёты CompA1 и CompA2 внутреннего вольтметра, синхронизированные относительно точки компрессии для измерения КПД добавленной мощности (PAE) при компрессии для каждого значения частоты



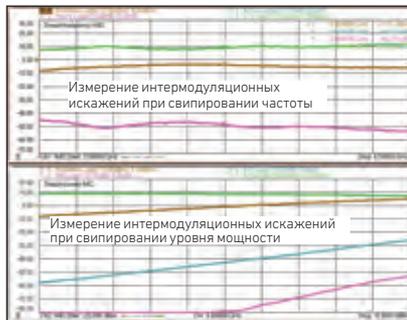
Исходные измеренные данные при интеллектуальном (SMART) свипировании, когда безопасный режим (Safe Mode) выключен (вверху) и включён (внизу). В последнем случае используется больше итераций, поскольку коэффициент усиления теснее приближается к точке компрессии на 1 дБ при включённом безопасном режиме,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



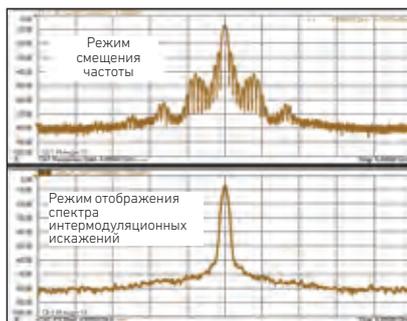
Инновационные приложения

Быстрые измерения интермодуляционных искажений с помощью двухтонального сигнала и простой установки

(S93087A)



Приложение IMD измеряет продукты интермодуляционных искажений и точку пересечения третьего порядка, используя 201 точку при свипировании 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 заметные 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

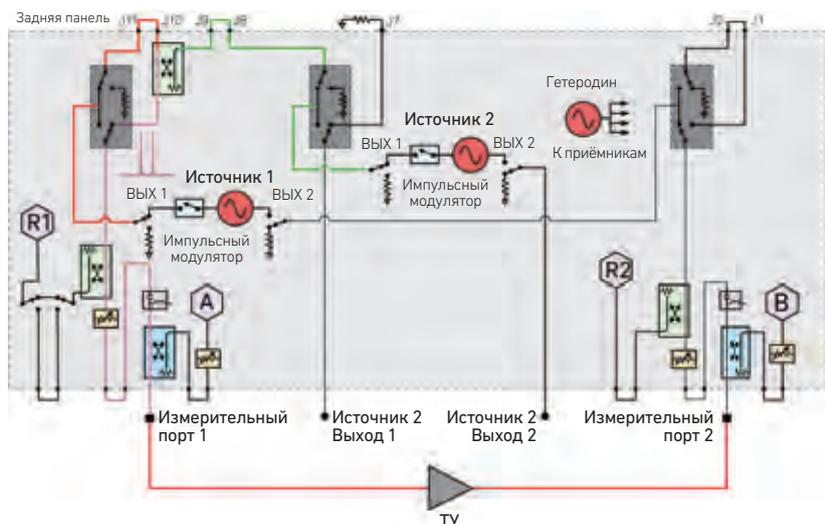
- Наиболее часто используются генераторы сигналов, анализатор спектра и внешнее устройство суммирования, при этом требуется ручная установка параметров измерения для всех измерительных приборов и принадлежностей
- Время тестирования замедляется, когда измерения интермодуляционных искажений проводятся в режиме свипирования частоты/уровня мощности
- Измерительные приборы и установки для испытаний часто вносят значительные погрешности измерения 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.

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

- Быстрые измерения интермодуляционных искажений усилителей и устройств с преобразованием частоты в режиме свипирования с использованием внутреннего сумматора сигналов и двух внутренних источников сигналов
- Быстрые и удобные измерения с упрощенной установкой параметров приборов и интуитивно-понятным интерфейсом пользователя
- Управляемая калибровка упрощает проведение процедуры калибровки и обеспечивает высокую точность измерений
- Режим анализатора спектра для поиска неисправностей или измерения паразитных составляющих, исключающий необходимость в отдельном анализаторе спектра
- Очень низкий уровень гармоник внутренних источников сигналов и широкий динамический диапазон приёмников, за счёт чего минимизируются погрешности измерения, возникающие при использовании других измерительных приборов

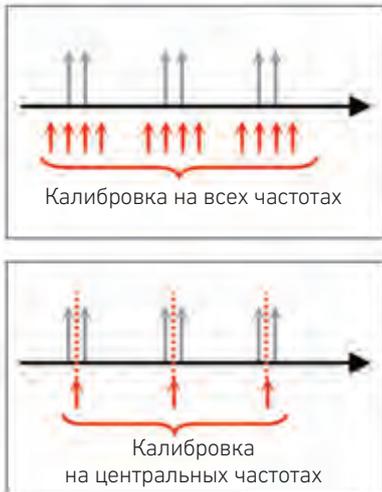


Два внутренних источника сигналов с высоким выходным уровнем мощности, широким диапазоном АРМ, уровнем гармоник ниже -60 дБн и схемой суммирования сигналов с высокой изоляцией делают PNA-X идеальным измерительным прибором для возбуждения ТУ при измерении интермодуляционных искажений с помощью двухтонального 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 разноса тонов (Delta F)	Свипирование мощностей	Непрерывная генерация	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 тонов	Фиксированные	Фиксированные	Свипируемые (связанные или несвязанные)	Фиксированные	Фиксированные	Фиксированные

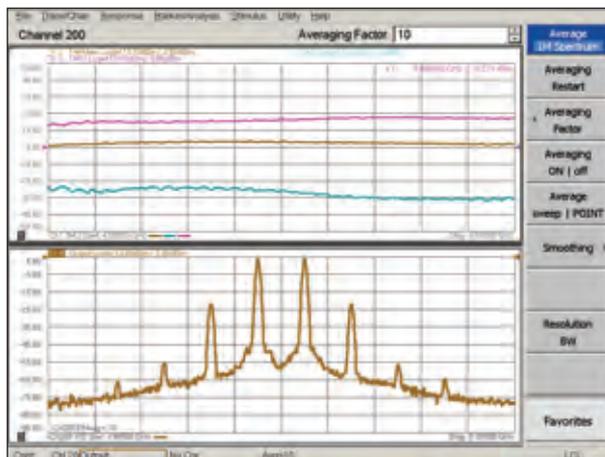
Диаграммы



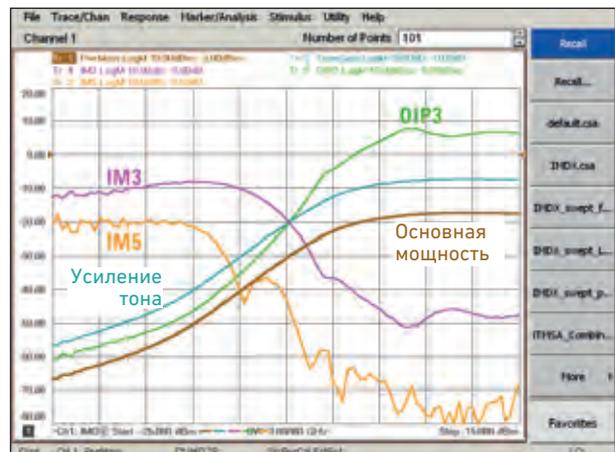
Советы экспертов

- 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 определение параметров смесителей и преобразователей частоты

(S93082/083/084A)

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 использования 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 аттенюаторы, ухудшающие динамический диапазон и стабильность калибровки

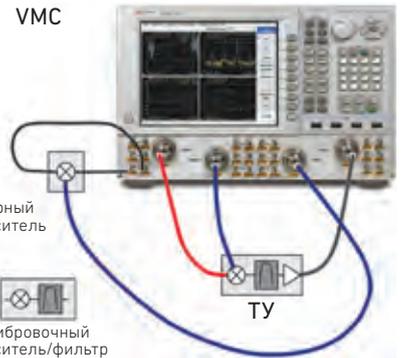
SMC+Phase



Класс скалярных измерений смесителей/ преобразователей частоты плюс фазы (SMC+Phase) приложения S93083A 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 комплекта S-параметров (механического или модуля ECal).

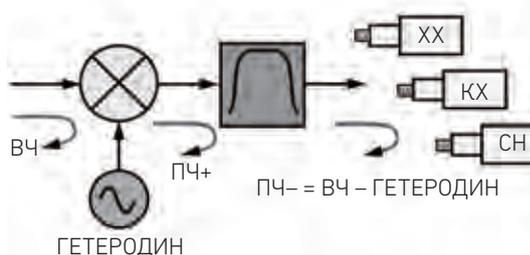
Приложения для измерения параметров преобразователей частоты PNA-X обеспечивают:

- Простую измерительную установку, в которой в качестве источника сигнала гетеродина используется второй внутренний источник
- Уменьшение типового времени измерения до 100 раз по сравнению с подходом, который базируется на использовании анализаторов спектра
- Высокую точность измерений, используя два патентованных метода:
 - Метод скалярной калибровки смесителей/преобразователей частоты (SMC) обеспечивает согласование и самые точные измерения потерь/усиления преобразования за счёт объединения 2-портовой калибровки и калибровки по измерителю мощности (S93082A), а также (с S93083A) калиброванные измерения абсолютного ГВЗ без опорного или калибровочного смесителя
 - Метод векторной калибровки смесителей/преобразователей частоты (VMC) обеспечивает измерения согласования, потерь/усиления преобразования, абсолютного ГВЗ, разности фаз между несколькими трактами или устройствами и фазовых сдвигов внутри устройства, используя калибровочный смеситель, характеристики которого были определены во время векторной калибровки (S93083A)
- Коррекция рассогласования по входу и выходу уменьшает неравномерность характеристики и исключает необходимость в аттенюаторах
- Приложение S93084A (измерение параметров преобразователей частоты со встроенным гетеродином) распространяет возможности измерений с SMC и VMC на преобразователи со встроенным гетеродином без доступа к внутренним временным базам

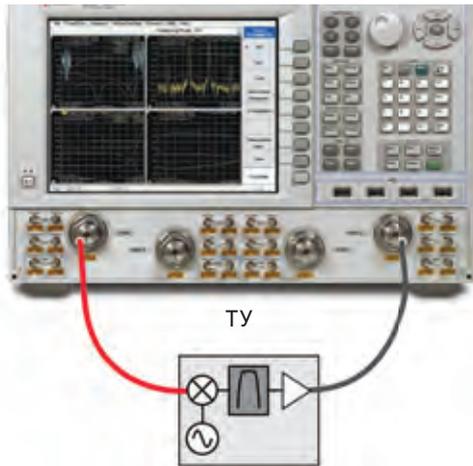


Метод векторной калибровки смесителя (VMC) обеспечивает измерения согласования по входу и выходу, потерь/усиления преобразования, абсолютного ГВЗ, разности фаз между несколькими трактами или устройствами и фазовых сдвигов внутри устройства.

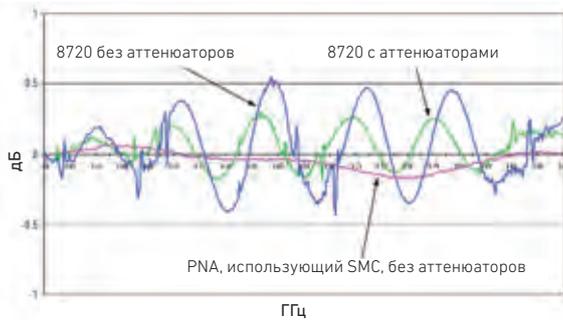
Калибровочный смеситель/фильтр



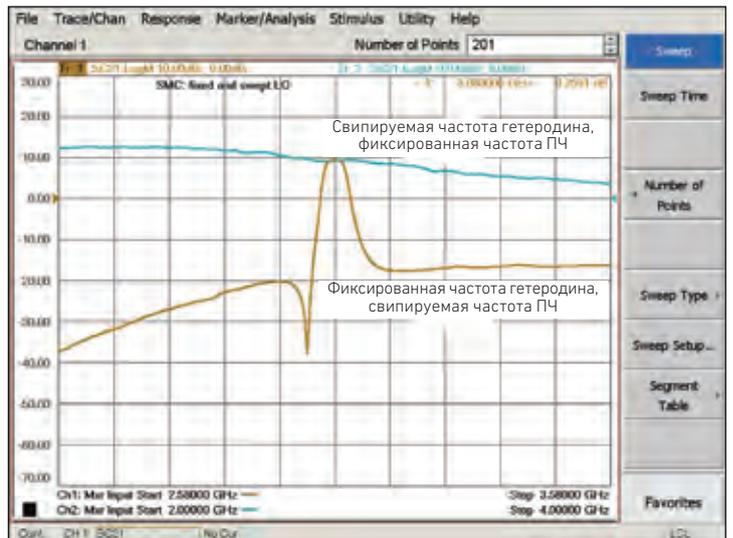
Патентованный метод векторной калибровки смесителей/ преобразователей частоты (VMC) компании Keysight использует меры холостого хода (XX), короткого замыкания (КЗ) и согласованной нагрузки (СН) для определения характеристик калибровочного смесителя.



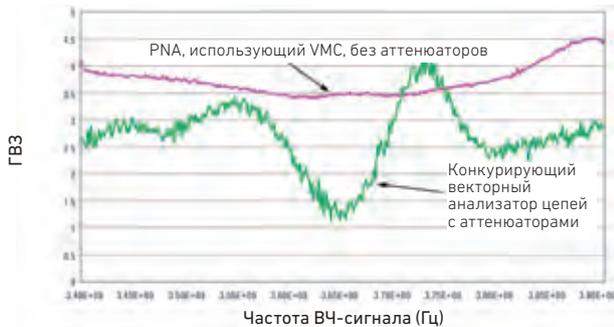
Для измерения преобразователей частоты со встроенными гетеродинами без доступа к внутренним временным базам можно использовать как метод скалярной калибровки смесителей (SMC), так и метод векторной калибровки смесителей (VMC).



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



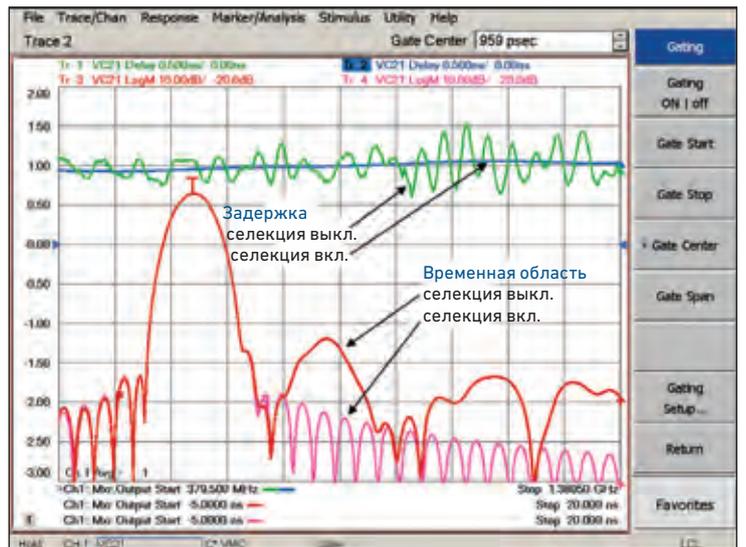
Имея два внутренних источника сигнала, PNA-X обеспечивает быстрые измерения как при фиксированной, так и свирируемой частоте ПЧ.



Коррекция согласования векторной калибровки смесителя (VMC) позволяет значительно уменьшить ошибки рассогласования при измерениях GB3, 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

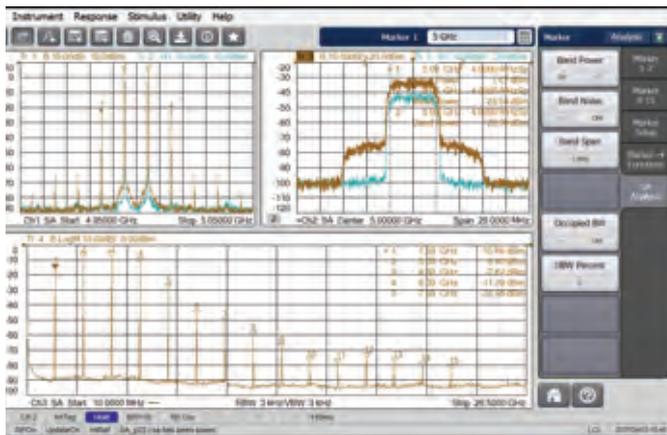


Селекция во временной области позволяет устранить неравномерность характеристики посредством удаления нежелательных, задержанных во времени, откликов из-за паразитных сигналов.

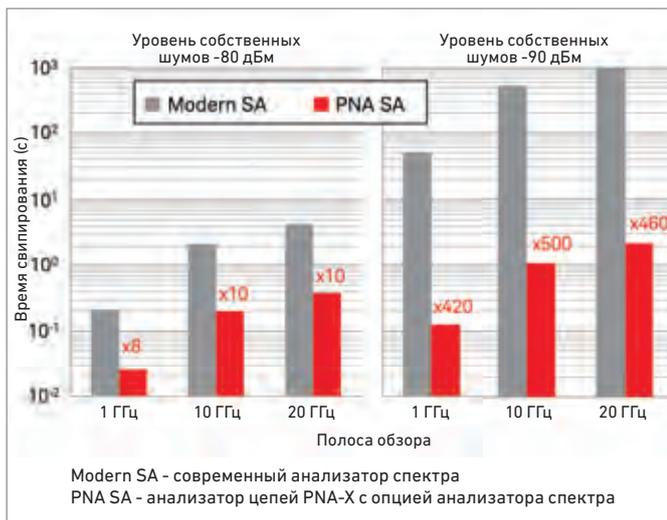
Инновационные приложения

Быстродействующий многоканальный анализатор спектра для определения параметров компонентов

(S93090x/093/094A)



Опция анализатора спектра добавляет к PNA-X возможность быстрого поиска паразитных сигналов, заменяя в испытательных системах, предназначенных для определения параметров компонентов, отдельно приобретаемые анализатор спектра и матричный коммутатор.



Зависимость времени свипирования от ширины полосы обзора при центральной частоте 12 ГГц для значений уровня собственных шумов -80 дБм и -90 дБм. Атеннатор приёмника устанавливается, чтобы предотвратить компрессию при использовании сигнала с уровнем +10 дБм.

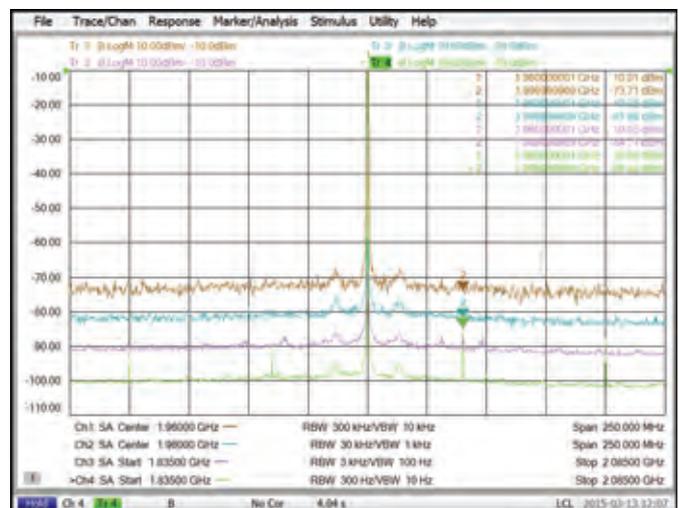


Проблемы анализа спектра при тестировании компонентов

- Измерение характеристик паразитных сигналов занимает много времени, особенно при поиске паразитных сигналов низкого уровня в широком диапазоне частот
- Длительное время измерения может вынудить ограничить полноту тестирования
- Определение параметров паразитных сигналов в рабочем диапазоне тестируемого устройства (ТУ) является трудоёмким процессом, либо требует использования внешней управляющей программы

Приложение анализатора спектра PNA-X обеспечивает:

- Быстрый поиск паразитных сигналов в широких диапазонах частот
- Многоканальный анализ спектра с использованием внутренних генераторов в режиме свипирования частоты для обеспечения эффективного анализа паразитных сигналов смесителей и преобразователей частоты
- Измерения спектра в тестовой оснастке с использованием методов калибровки и исключения цепей, применяемых векторным анализатором цепей
- Быстрые измерения уровня мощности в заданной полосе частот и шума
- Добавление возможностей анализа спектра к комплексу измерений PNA-X за одно подключение

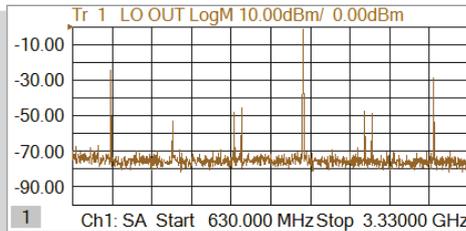


На верхнем графике показано измерение паразитного сигнала с уровнем -84 дБм в присутствии сигнала с уровнем +10 дБм. Отношение сигнал/шум (сверху вниз) приблизительно равно (при полосе пропускания): 80 дБ (300 кГц), 90 дБ (30 кГц), 100 дБ (3 кГц) и 110 дБ (300 Гц)

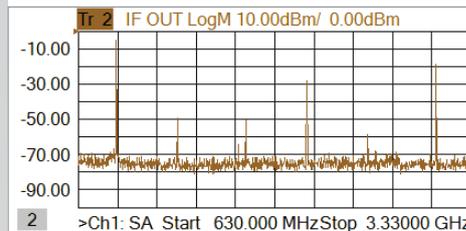
Обеспечение многоканального анализа спектра



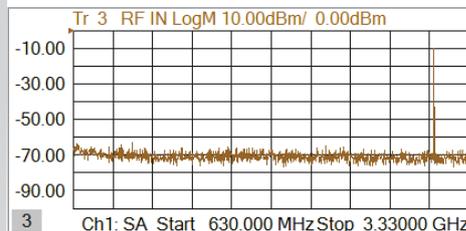
Наличие анализаторов спектра на всех портах смесителя или преобразователя частоты обеспечивает возможность исследования характеристик устройства. При одном наборе подключений можно легко просматривать паразитные сигналы, возникающие на всех портах в процессе работы с фиксированными или свипируемыми испытательными сигналами. Измеряемые паразитные сигналы могут включать проникающие ВЧ-сигналы, сигналы гетеродина и ПЧ, гармоники, интермодуляционные составляющие и другие продукты смешения более высоких порядков. Характеристики зависимости потерь преобразования и согласования от частоты можно увидеть в канале измерения со скалярной калибровкой (внизу).



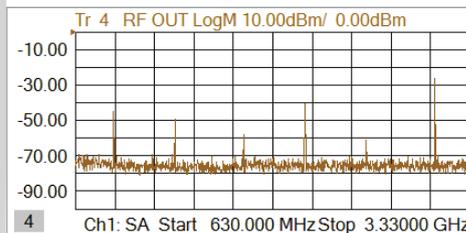
Спектр выходного сигнала на порте гетеродина



Спектр выходного сигнала на порте ПЧ

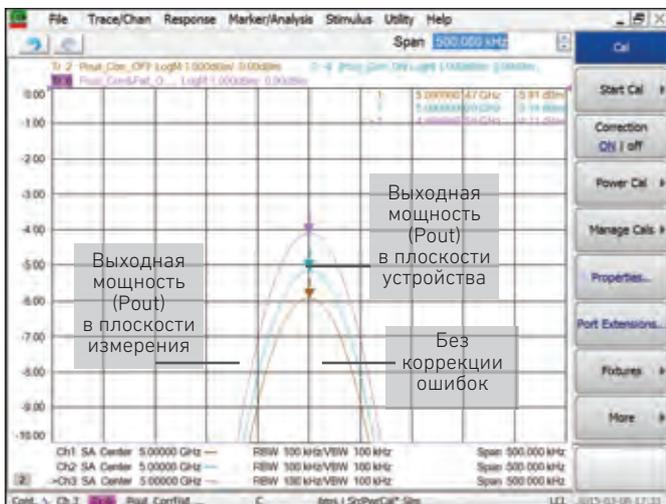
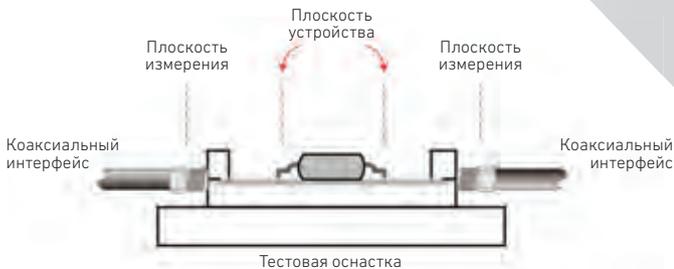


Спектр входного сигнала на ВЧ-порте



Спектр выходного сигнала на ВЧ-порте

Выявите истинные характеристики устройства с помощью методов калибровки ВАЦ



Методы калибровки и функция исключения цепей ВАЦ удаляют эффекты кабелей и тестовой оснастки и корректируют неравномерность АЧХ приёмника, обеспечивая калиброванные измерения спектра в тестовой оснастке.

Советы экспертов

- Выберите разные уровни программного подавления зеркальных составляющих для достижения компромисса между скоростью и точностью измерения на основе спектральной плотности измерения
- При измерении гармоник добавьте отдельный канал анализатора спектра (SA) для каждой гармоники, используя узкую полосу обзора и узкую полосу пропускания для оптимизации скорости и чувствительности измерения, а также достаточное ослабление приёмника для подавления гармоник, генерируемых внутри приёмника
- Чтобы помочь идентифицировать паразитные сигналы, которые могут повлиять на результаты измерений, используйте функцию Marker-to-SA для удобного создания отображения спектра при одних и тех же условиях формирования испытательных сигналов в положении маркера в канале измерения со скалярной калибровкой, канале измерения интермодуляционных искажений со свипированием частоты или в стандартных каналах
- При использовании функции исключения цепей тестовой оснастки для измерения тестируемых устройств в тестовой оснастке или на пластине используйте функцию компенсации потерь мощности для учёта потерь в тестовой оснастке или пробниках, подавая таким образом на ТУ испытательный сигнал с известным уровнем мощности

Инновационные приложения

Управление относительной амплитудой и фазой между двумя источниками зондирующих сигналов для активного управления выходной нагрузкой

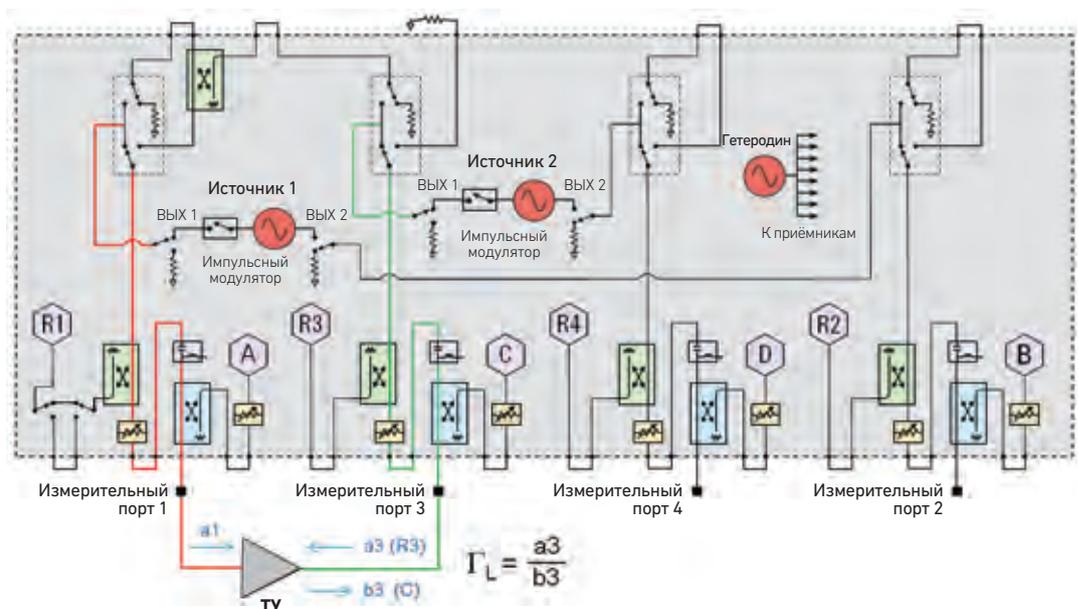
(S93088A)

Проблемы измерения параметров усилителей при изменяемом импедансе нагрузки

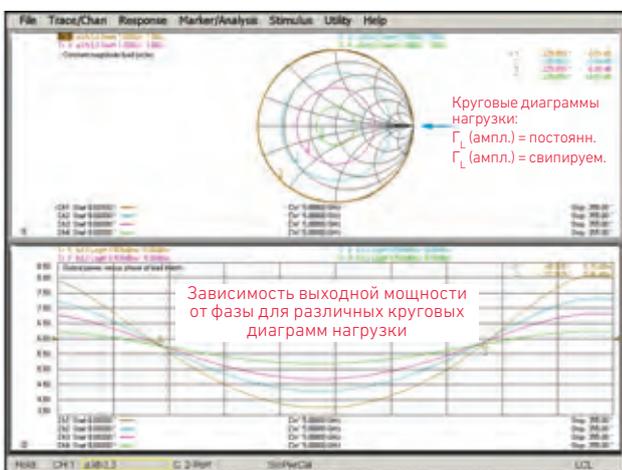
- Коэффициент усиления, выходная мощность и коэффициент полезного действия (КПД) усилителя обычно измеряются при различных условиях выходной нагрузки для оптимального согласования в режиме большого сигнала
- Традиционный подход использует механические согласующие устройства (механические тюнеры), которые способны управлять высокой мощностью, но являются медленными и не могут замещать нагрузки с высоким коэффициентом отражения

PNA-X с приложением контроля фазы источников зондирующих сигналов обеспечивает:

- Управление вторым источником для электронной настройки коэффициента отражения на выходе усилителя
- Высокая скорость настройки и полное отражение
- Коррекция согласования для точного управления амплитудой и фазой
- Измерения выходной мощности, согласования, коэффициента усиления и КПД добавленной мощности (PAE) усилителя при различных режимах нагрузки



Генерируйте произвольные импедансы выходной нагрузки, управляя амплитудой и фазой сигнала, выходящего из порта 3, и одновременно подавая на тестируемое устройство (ТУ) сигнал, выходящий из порта 1.



Пример круговых диаграмм нагрузки, сгенерированных посредством поддержания амплитуды импеданса нагрузки Γ_L постоянной в процессе свипирования фазы.

Советы экспертов

- Измерительные установки могут использовать обозначения приёмников (R3, C...) или сигналов (a3, b3...)
- Используйте редактор формул для расчёта мощности, подаваемой на нагрузку (мощность в прямом направлении - мощность в обратном направлении), с помощью следующего выражения: $\sqrt{\text{pow}(\text{mag}(b3_3,2)) - \text{pow}(\text{mag}(a3_3,2))}$
- Используйте механические тюнеры и внешнее программное обеспечение для гибридных систем с изменяемым импедансом нагрузки, которые могут управлять высокой мощностью и достигать полного отражения
- При использовании внешних источников сигналов подключите измерительные приборы к общему сигналу опорной частоты 10 МГц

Инновационные приложения

Упрощенное тестирование I/Q-преобразователей/модуляторов и дифференциальных смесителей

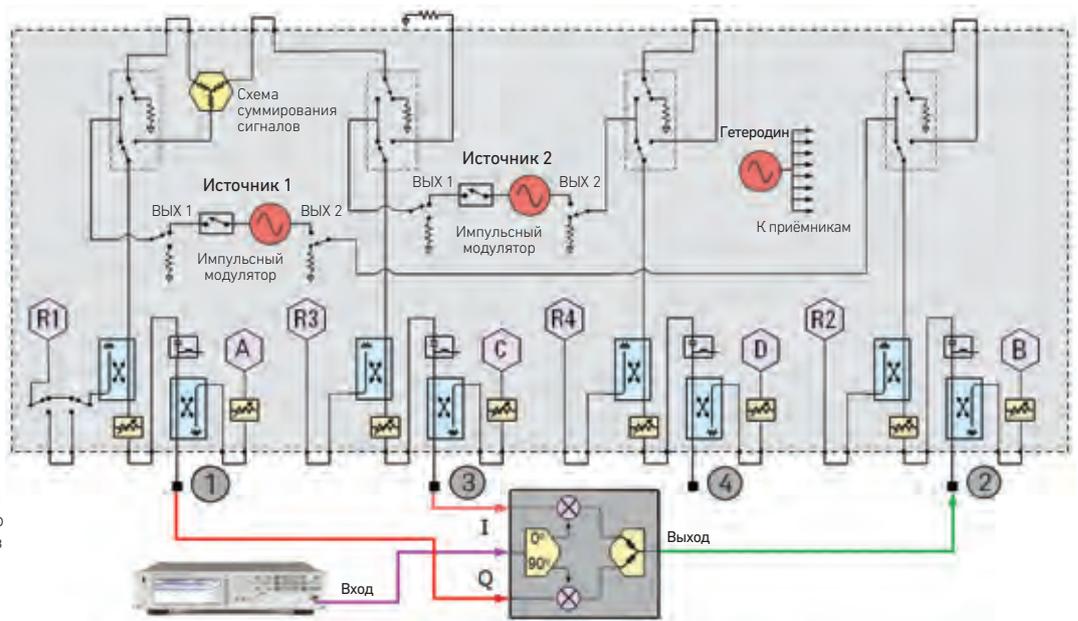
(S93089A)

Проблемы измерения I/Q- и дифференциальных преобразователей

- Требуются сигналы с разностью фаз 90° или 180°
- Традиционный подход использует гибридные ответвители и/или симметрирующие трансформаторы, обладающие следующими свойствами:
 - они по своей сути являются узкополосными устройствами, поэтому для широкополосных измерений требуется множество таких компонентов
 - они обеспечивают только фиксированные значения разности фаз, что исключает свипирование фазы для определения оптимальной настройки
 - они вносят потери и являются неточными (от $\pm 3^\circ$ до 12° , тип.)
 - их трудно использовать с установками для тестирования на пластине

Приложение для измерения параметров дифференциальных и I/Q-устройств PNA-X

- Обеспечивает точное управление фазой внутренних и внешних источников сигналов, исключая необходимость использования гибридных ответвителей и симметрирующих трансформаторов
- Настраивает приёмники на все заданные пользователем выходные частоты, что необходимо для полного определения параметров ТУ
- Использует свипирование частоты для измерения рабочей полосы пропускания или свипирование фазы и уровня мощности на фиксированной частоте для измерения сдвига по фазе на 90° или разбаланса дифференциальных сигналов
- Включает измерения мощности с коррекцией рассогласования для достижения наивысшей точности



Сигналы на I/Q-входы модулятора можно подавать непосредственно с выходов внутренних источников сигналов PNA-X, исключая тем самым необходимость в использовании гибридных ответвителей со сдвигом фаз между выходными каналами 90° .

Советы экспертов

- Два дополнительных внешних источника сигналов можно использовать для создания дифференциальных сигналов, подаваемых на I/Q-входы. Выходные сигналы этих двух внешних источников следует направить через измерительный порт анализатора цепей PNA-X к измерительным приёмникам, чтобы добиться требуемой разности фаз.
- При тестировании I/Q-модуляторов выходные напряжения источников питания постоянного тока или устройств источников/измерителей (SMU) могут направляться через втулки подачи смещения к I/Q- входам тестируемого устройства (ТУ). Чтобы помочь определить оптимальные значения смещений напряжения для I/Q-входов с целью максимального подавления сигнала гетеродина, можно выполнить свипирование напряжения.
- Измеряйте уровни гармоник и суммарный коэффициент гармоник (THD) дифференциальных усилителей путём создания истинных дифференциальных испытательных сигналов и настройки приёмников PNA-X на все требуемые гармоники.
- Измеряйте параметры компрессии дифференциальных смесителей, используя свипирование мощности

Инновационные приложения

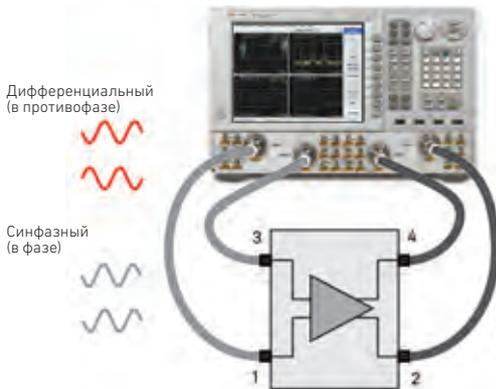
Тестирование дифференциальных усилителей в реальных условиях эксплуатации (S93460A)

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 диапазона 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 испытательные сигналы, однако дифференциальные усилители могут реагировать иначе, находясь в состоянии компрессии в реальных условиях эксплуатации

Приложение для измерения параметров дифференциальных устройств (iTMSA) PNA-X обеспечивает:

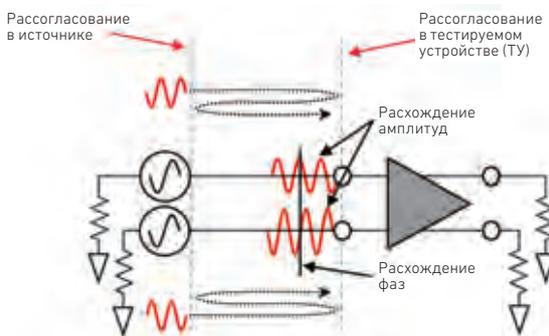
- Измерение S-параметров смешанного режима дифференциальных усилителей, возбуждаемых истинными дифференциальными и синфазными сигналами
- Коррекцию рассогласования на входе ТУ для минимизации фазовых ошибок между двумя источниками
- Режим возбуждения только по входу для предотвращения повреждения усилителей испытательными сигналами на выходном порте
- Возможность установки произвольного смещения фазы и свипирования смещения фазы при измерении в тестовой оснастке для оптимизации входной согласующей цепи с целью получения максимального коэффициента усиления



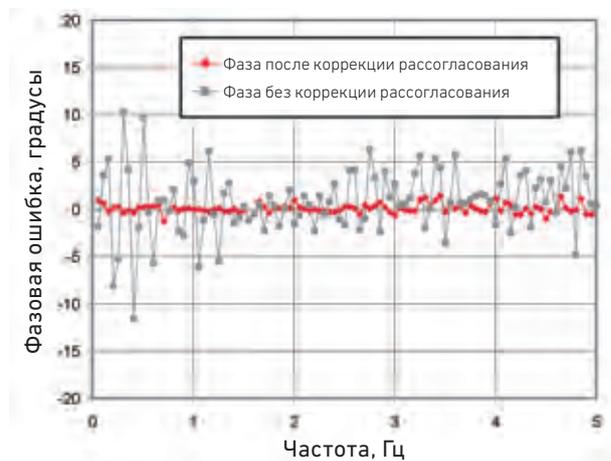
$$\begin{bmatrix} S_{DD 11} & S_{DD 12} & S_{DC 11} & S_{DC 12} \\ S_{DD 21} & S_{DD 22} & S_{DC 21} & S_{DC 22} \\ S_{CD 11} & S_{CD 12} & S_{CC 11} & S_{CC 12} \\ S_{CD 21} & S_{CD 22} & S_{CC 21} & S_{CC 22} \end{bmatrix}$$

S-параметры смешанного режима.

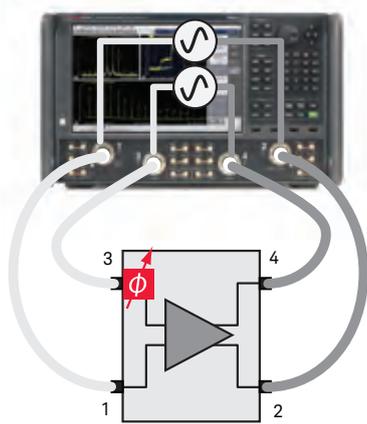
Используя два внутренних источника PNA-X, приложение iTMSA подаёт испытательные сигналы на дифференциальный усилитель в соответствии с реальными рабочими условиями, обеспечивая точное измерение S-параметров смешанного режима при всех условиях эксплуатации.



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 ВАЦ и ТУ и последующей точной настройки амплитуды и фазы двух сигналов в опорной плоскости для получения идеальных истинных испытательных сигналов.



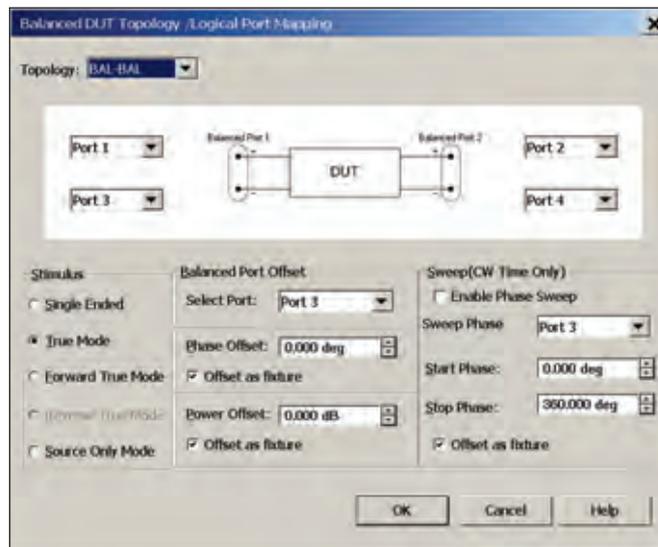
При измерениях со свипированием смещения фазы значение смещения фазы изменяется, как если бы оно было добавлено в тестовой оснастке, позволяя оценить правильность входной схемы согласования.

Реальный параметр Sdd21:
Максимум при смещении фазы -5 градусов

Идеальный параметр Sdd21:
Максимум при смещении фазы 0 градусов



Измерение TУ со свипированием смещения фазы в тестовой оснастке 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 испытательных сигналов и режимов свипирования, которые позволяют правильно настроить параметры прибора для измерения характеристик тестируемых устройств (TУ).

Советы экспертов

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

Несимметричный испытательный сигнал

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

Истинный дифференциальный испытательный сигнал

-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 тестовой оснастки (функция AFR)

(S93007A)

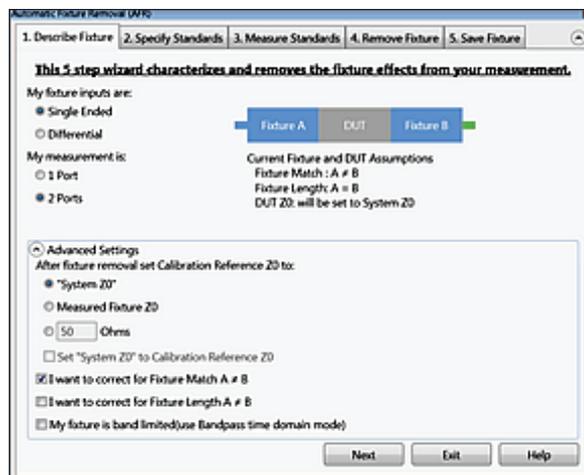
Мощные свойства функции AFR могут справляться с различными потребностями измерений

- Несимметричные и дифференциальные устройства
- Левая и правая стороны тестовой оснастки могут быть асимметричными
- Электрическая длина меры переключки 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 TУ
- Коррекция уровня мощности компенсирует потери в тестовой оснастке в зависимости от частоты
- Файлы для удаления эффектов тестовой оснастки можно сохранять в различных форматах для последующего использования в PNA, ADS и PLTS

Функция AFR - самый быстрый способ удаления эффектов тестовой оснастки из результатов измерения

Проблема измерения:

Многие из современных устройств не имеют коаксиальных соединителей, и для измерения таких устройств в коаксиальной среде их вставляют в тестовую оснастку. Для получения хороших результатов измерения параметров тестируемых устройств (TУ) требуется точное удаление эффектов тестовой оснастки.



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

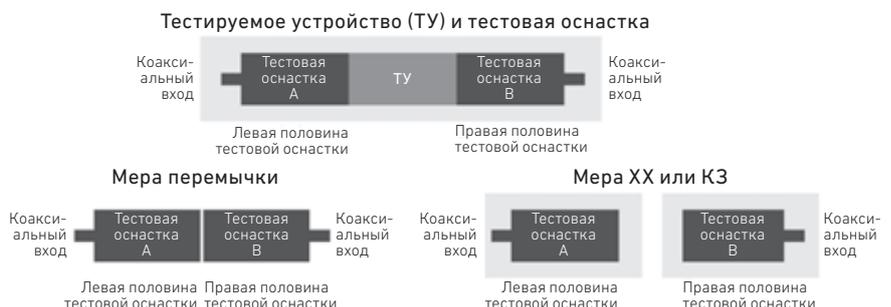
Удаление эффектов тестовой оснастки ранее без функции AFR

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

Удаление эффектов тестовой оснастки теперь с функцией AFR

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

Или даже быстрее: проводится измерение самой реальной тестовой оснастки (как меры XX), перед тем как в него будет установлено TУ. Функция AFR автоматически определит параметры тестовой оснастки и удалит их из результатов измерения.

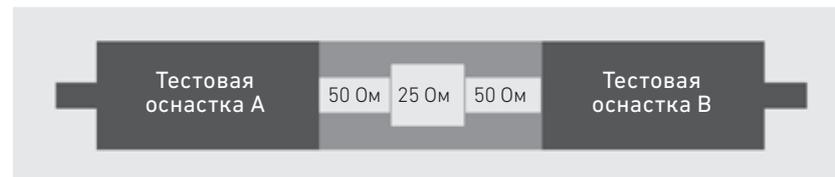


Точность функции AFR сравнима с точностью встроенной TRL-калибровки, но достигается намного проще



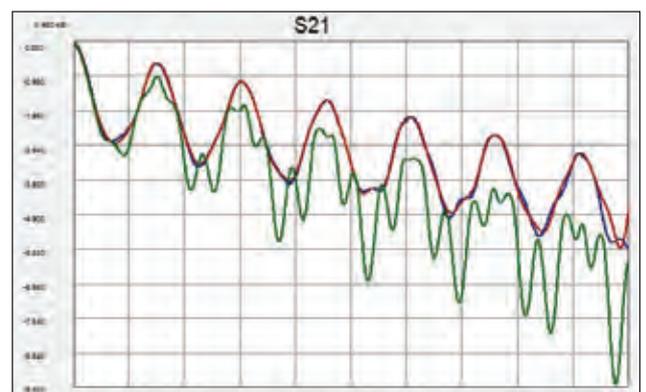
Относительное сравнение различных методов коррекции ошибок, обусловленных эффектами тестовой оснастки.

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 тестовой оснастки. Красные графики представляют характеристики ТУ после удаления эффектов тестовой оснастки с помощью функции AFR и меры XX. Синие графики представляют характеристики ТУ после удаления эффектов тестовой оснастки с помощью функции AFR и меры перемычки. Ошибки рассогласования и электрическая длина тестовой оснастки удалены из результатов измерений параметров ТУ. На графиках показана хорошая корреляция между результатами определения параметров тестовой оснастки с помощью функции AFR для случаев использования меры XX и меры перемычки.



Параметры S11 и S21 в частотной области.

Инновационные приложения

Расширение частотного диапазона PNA-X в область миллиметровых длин волн

Уникальная архитектура аппаратных средств PNA-X обеспечивает:

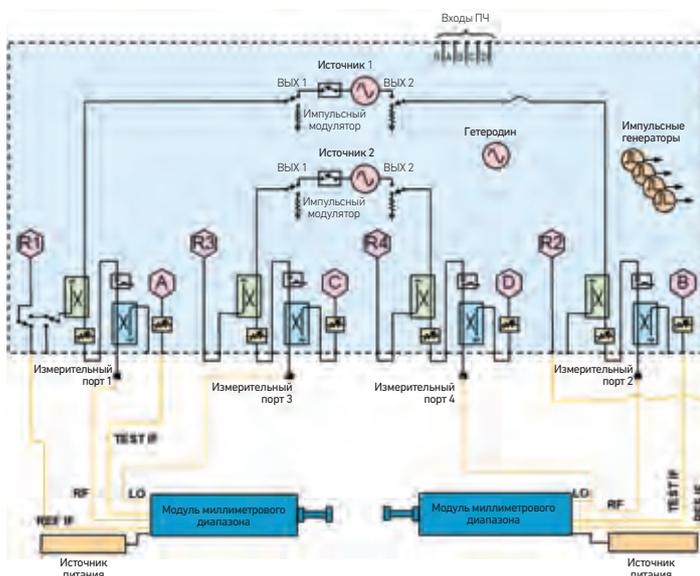
- Конфигурации анализатора цепей мм-диапазона, позволяющие проводить измерения в диапазоне частот от 900 Гц до 120 ГГц за один цикл свипирования
- 2- и 4-портовые технические решения для измерения широкого круга несимметричных и балансных устройств мм-диапазона
- Измерения параметров дифференциальных и I/Q-устройств на частотах мм-диапазона, использующие два внутренних источника зондирующих сигналов с управляемой фазой между источниками
- Полностью интегрированное техническое решение для измерений импульсных ВЧ-сигналов на частотах мм-диапазона, использующее встроенные импульсные модуляторы и импульсные генераторы
- Обеспечение точного стабилизированного уровня мощности на частотах мм-диапазона за счёт передовых методов калибровки мощности источника
- Два внутренних источника зондирующих сигналов обеспечивают непосредственное подключение модулей терагерцового диапазона

2- и 4-портовые широкополосные системы для измерения в диапазоне частот от 900 Гц до 120 ГГц за один цикл свипирования



Анализаторы цепей миллиметрового диапазона с диапазоном частот до 120 ГГц на базе анализатора цепей серии PNA-X N5290/91A доступны только в 4-портовых конфигурациях. 2-портовые решения доступны при использовании 2-портового анализатора цепей серии PNA. Широкополосные системы N5290/91A обеспечивают возможности измерений, необходимые для полного определения параметров пассивных и активных устройств, а также преобразователей частоты. Эти системы являются компактной заменой предшествующих систем N5251A, обеспечивая улучшенные характеристики и более широкий диапазон частот.

Архитектура 2-портовой системы с непосредственным подключением модулей VDI

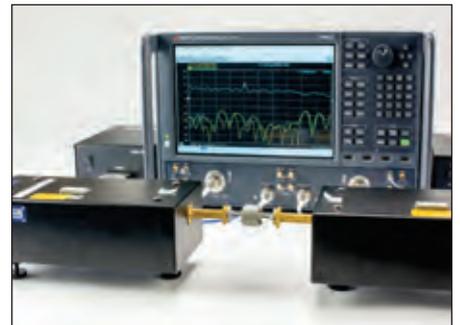


2- и 4-портовые полосовые конфигурации



Контроллер измерительного блока миллиметрового диапазона N5262A подключает к анализатору цепей серии PNA-X четыре измерительных модуля миллиметрового диапазона. Для 2-портовых измерений доступен контроллер измерительного блока миллиметрового диапазона N5261A.

Измерения в терагерцовом диапазоне



Непосредственное подключение модулей VDI к 4-портовому анализатору цепей серии PNA-X позволяет проводить измерения S-параметров до 1,5 ТГц.

Структурная схема 2-портовой системы миллиметрового диапазона, использующая 4-портовый анализатор цепей серии PNA и два модуля миллиметрового диапазона.

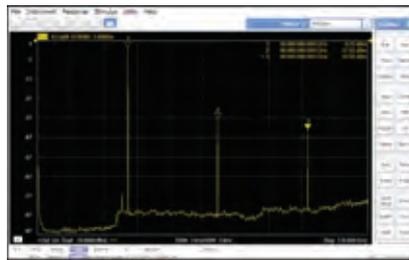
Приложения PNA-X для мм-диапазона

Советы экспертов

- Для обеспечения повторяемости результатов калибровки всегда используйте динамометрический ключ для надлежащей затяжки соединителей 1,0 мм калибровочных мер с вместе с другим ключом, который предотвращает вращение соединителей измерительного порта или измерительных кабелей.
- Для обеспечения повторяемости результатов измерений убедитесь в том, что кабели между измерительным прибором и модулями расширения частотного диапазона физически закреплены по всей их длине.
- Для приложений, в которых не требуется контроллер, загружаемый макрос, предлагаемый компанией Keysight, упрощает конфигурирование параметров при непосредственном подключении полосовых установок миллиметрового диапазона.
- Для упрощения калибровки многоканальных установок используйте функцию Cal All Channels (калибровка всех каналов).

Анализ спектра на частотах мм-диапазона

Системы для измерений в мм-диапазоне на базе PNA позволяют в полной мере использовать преимущества приложений анализатора спектра. Такая возможность позволяет проводить измерения гармоник высшего порядка и помех на частотах мм-диапазона.



Приложение анализатора спектра PNA используется для измерения гармоник усилителя мм-диапазона.

Многоканальные измерения на частотах мм-диапазона

Определяйте полные характеристики активных устройств на частотах мм-диапазона с помощью использования многоканальных программных приложений анализатора цепей серии PNA при одном наборе подключений или одним контактированием тестовых зондов с пластиной. Калибровка многоканальных установок упрощается за счёт использования функции Cal All Channels (калибровка всех каналов).



Кроме измерения S-параметров при определении характеристик усилителя с диапазоном частот от 10 МГц до 125 ГГц используются следующие приложения: анализатор спектра, измерение компрессии в панорамном режиме и измерение параметров дифференциальных и I/Q-устройств.

Скалярные измерения параметров преобразователей частоты

Измеряйте потери или усиление преобразования, а также параметры согласования по входу и выходу смесителей и преобразователей частоты на частотах мм-диапазона.



Анализатор цепей серии PNA с двумя источниками зондирующих сигналов, 4-портовый контроллер N5292A и широкополосные модули расширения частотного диапазона используются для измерения характеристик смесителей и преобразователей частоты на частотах миллиметрового диапазона. Второй источник зондирующего сигнала анализатора цепей серии PNA может использоваться в качестве источника сигнала гетеродина для смесителя.

Измерение параметров дифференциальных и I/Q-устройств на частотах мм-диапазона

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



Измерение параметров балансного усилителя напряжения, управляемого током, с использованием реальных дифференциальных сигналов с помощью 4-портового анализатора цепей серии PNA, контроллера N5292A и модулей расширения частотного диапазона N5293A.

Инновационные приложения

Измерение характеристик нелинейных компонентов и X-параметров

(S94510/514/518/520/521A)

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 погрешность, 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

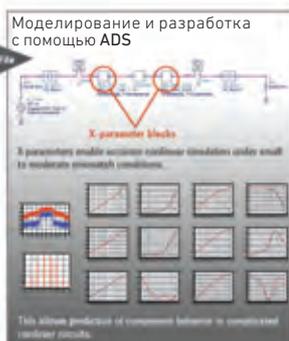
Проблемы, связанные с проведением испытаний современных усилителей мощности, требуют альтернативного технического решения, которое позволило бы быстро и точно измерять и отображать характеристики нелинейного поведения устройств при воздействии сигналов высокого уровня, и обеспечивать точные модели поведения,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

Нелинейный векторный анализ (NVNA), разработанный компанией Keysight и отмеченный наградами, предоставляет существенно большие возможности, чем 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 (S94510A)
 - Отображение во временной области калиброванных падающих, отражённых и переданных сигналов ТУ при коаксиальном подключении, в тестовой оснастке 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 (S94514A)
 - 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 Keysight для быстрого и точного моделирования нелинейных компонентов, модулей и систем
- Измерение эффектов памяти, таких как саморазогрев и изменение смещения в зависимости от сигнала (S94518A)
- Добавление измерений характеристик нелинейного поведения компонентов с переменным согласованием по входу/выходу к X-параметрам за счёт использования внешних источников сигналов или внешних тюнеров импеданса* (S94520A)
- Добавление непосредственного управления внешними источниками сигналов или тюнерами импеданса для измерений с переменным согласованием по входу/выходу тестируемого устройства (S94521A)

*Дополнительно требуется приложение S94521A (управление тюнерами импеданса для измерений с переменным согласованием по входу/выходу тестируемого устройства).

Измерение характеристик нелинейного поведения с помощью NVNA



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 Keysight.



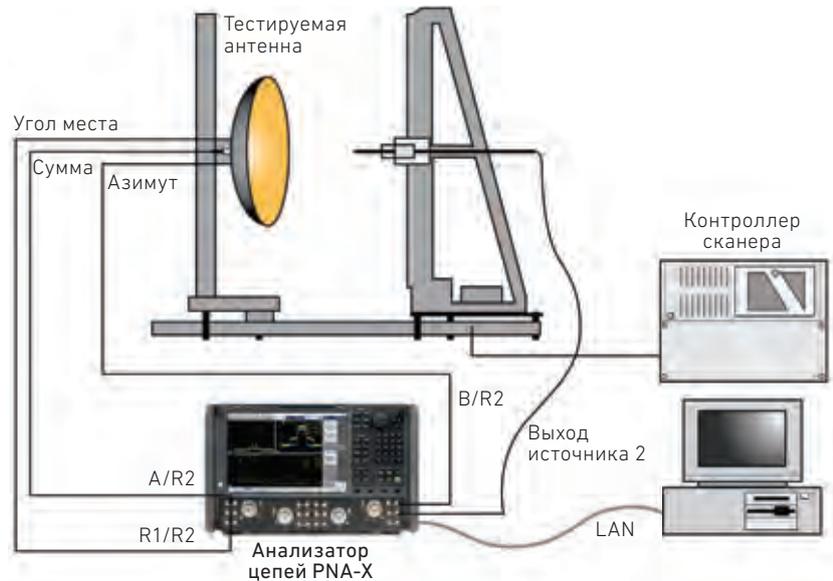
Программные приложения NVNA и принадлежности превращают 4-портовый анализатор цепей PNA-X компании Keysight в высокопроизводительный анализатор для нелинейного векторного анализа цепей.

Инновационные приложения

Быстрая и точная ВЧ-подсистема для измерения параметров антенн

Проблемы измерения параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР)

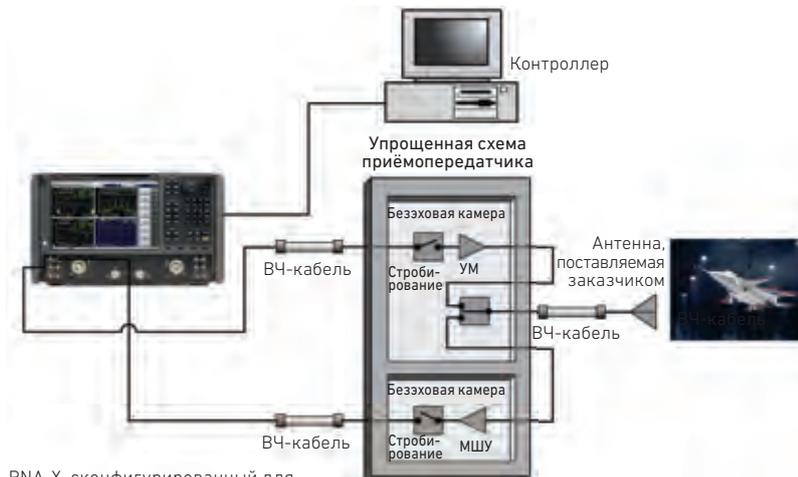
- Требуется провести сбор большого числа точек данных, что приводит к длительным временам измерения
- При измерениях параметров антенн в дальней зоне и ЭПР уровни сигналов могут быть близки к уровню собственных шумов измерительного приёмника, что приводит к зашумленности результатов измерений
- Широко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



PNA-X, сконфигурированный для измерений параметров антенн в ближнем поле.

Технические решения для измерения параметров антенн на базе PNA-X обеспечивают:

- Гибкость разработки системы: можно выбрать стандартный анализатор цепей PNA-X или недорогой специализированный измерительный приёмник N5264B, 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



PNA-X, сконфигурированный для измерений эффективной площади отражения РЛС.

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 измерительное программное обеспечение
 - 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 N5264B	N524xB 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 тестирования 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 импульсных ВЧ-сигналов	Нет	Да	PNA-X предлагает встроенные импульсные генераторы и импульсные модуляторы, которые упрощают конфигурацию системы

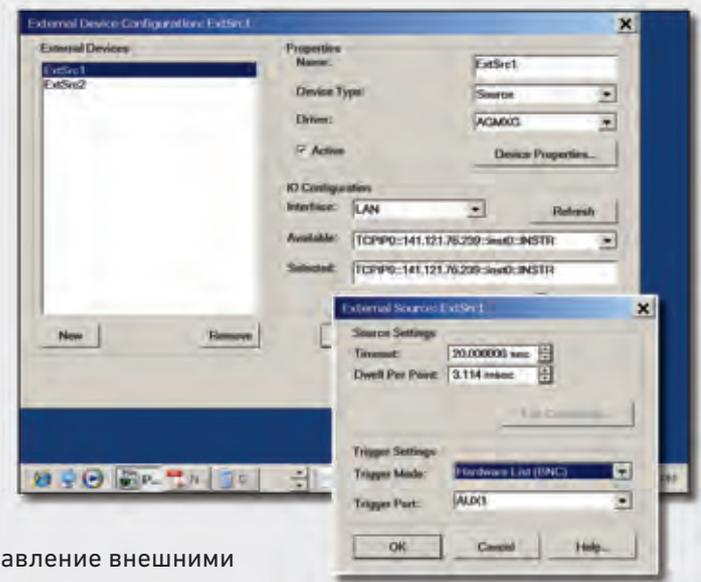


Измерительный приёмник PNA-X, сконфигурированный для измерения параметров антенн в дальней зоне. Можно также использовать PNA-X с опцией 020 (входы ПЧ).

Инновационные приложения

Быстрая и точная ВЧ-подсистема для измерения параметров антенн (продолжение)

Советы экспертов

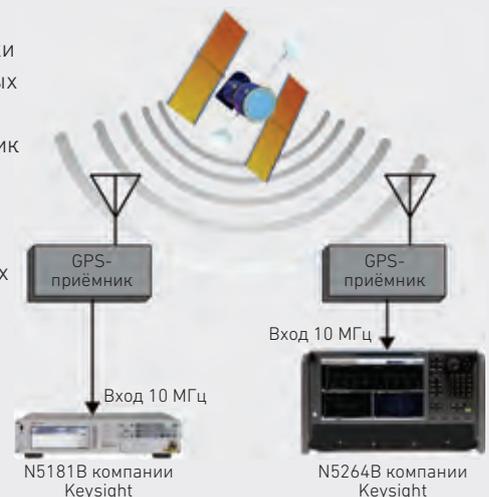


Управление внешними источниками сигналов

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

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



Высокие технические характеристики

Сравнение технических характеристик и свойств

	N5249B N5241B N5242B	N5244B N5245B	N5247B
Диапазон частот	От 10 МГц до 8,5 ГГц От 10 МГц до 13,5 ГГц От 10 МГц до 26,5 ГГц ¹	От 10 МГц до 43,5 ГГц От 10 МГц до 50 ГГц	От 10 МГц до 67 ГГц ¹
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 201, 401) +10 дБм (опция 21х, 41х) +15 дБм (опция 22х) +10 дБм (опция 42х)	+13 дБм (опция 201, 401) +10 дБм (опция 21х, 41х) +10 дБм (опция 22х, 42х)	+11 дБм (опция 201, 401) +8 дБм (опция 219, 419) +7 дБм (опция 224, 423)
Максимальный диапазон свипирования мощности	38 дБ		
Характеристики системы после коррекции ²	(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 (порты 1, 3) От 10 МГц до 2 ГГц > 2 ГГц	-51 дБн (тип.) -60 дБн (тип.)		
Втулки подачи смещения по постоянному у току: максимальные значения силы тока и напряжения	± 200 мА, ± 40 В постоянного тока		
Размеры, В x Ш x Г (с ручками и ножками)	280 x 459 x 578 мм	280 x 459 x 649 мм	280 x 459 x 649 мм
Масса нетто (ном.)			
2-портовые модели	27 кг	46 кг	46 кг
4-портовые модели	37 кг	49 кг	49 кг

- Расширение диапазона частот вниз до 900 Гц обеспечивают следующие конфигурации моделей: N5242B с опциями 425 и 029 (или без опции 029) и N5247B с опциями 425 и 029.
- 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

Информация по комплектованию PNA-X

Анализаторы цепей серии PNA-X

Доступные опции

Измерительный блок	Описание	Дополнительная информация
Опция 201	2 измерительных порта, 1 источник зондирующего сигнала, прямой доступ к источнику и приёмникам сигналов	
Опция 217 ²	2 измерительных порта, 1 источник зондирующего сигнала, прямой доступ к источнику и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источника сигналов и на входе измерительных приёмников	Недоступно на модели N5247B
Опция 219	2 измерительных порта, 1 источник зондирующего сигнала, прямой доступ к источнику и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источника сигналов и на входе измерительных приёмников, втулки подачи смещения по постоянному току	
Опция 222 ²	2 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, выходы второго источника на передней панели, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, схема суммирования и коммутации сигналов источников	Включает дополнительные ВЧ-переключки для обеспечения максимальной гибкости измерительной установки
Опция 224	2 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, выходы второго источника на передней панели, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, схема суммирования и коммутации сигналов источников, втулки подачи смещения по постоянному току	Включает дополнительные ВЧ-переключки для обеспечения максимальной гибкости измерительной установки
Опция 401 ¹	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов	
Опция 417 ^{1,2}	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников	Недоступно на модели N5247B
Опция 419 ¹	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, втулки подачи смещения по постоянному току	
Опция 422 ^{1,2}	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, схема суммирования и коммутации сигналов источников	Включает дополнительные ВЧ-переключки для обеспечения максимальной гибкости измерительной установки
Опция 423 ¹	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, схема суммирования и коммутации сигналов источников, втулки подачи смещения по постоянному току	Включает дополнительные ВЧ-переключки для обеспечения максимальной гибкости измерительной установки
Опция 425 ¹	4 измерительных порта, 2 источника зондирующего сигнала, прямой доступ к источникам и приёмникам сигналов, аттенюаторы на выходе источников сигналов и на входе измерительных приёмников, схема суммирования и коммутации сигналов источников, втулки подачи смещения по постоянному току, расширение диапазона частот вниз до 900 Гц	Включает дополнительные ВЧ-переключки для обеспечения максимальной гибкости измерительной установки. Доступна только для N5242B с опцией 029 или без неё и для N5247B с опцией 029.
Дополнительные аппаратные опции		
Опция 020	Входы ПЧ	Используются для антенных измерений и расширителей миллиметрового диапазона
Опция 021	Импульсный модулятор первого источника зондирующего сигнала	
Опция 022	Импульсный модулятор первого источника зондирующего сигнала	Требуется одна из опций 22х, 40х, 41х или 42х
Опция 029	Высокочувствительный приемник для измерения коэффициента шума	Для управления приёмником шума при измерениях коэффициента шума и мощности шума требуется программное приложение S93029A. Для N5241/42/49B требуется одна из опций: 21х, 22х, 41х, 42х. Для N5244/45/47B требуется одна из опций: 22х или 42х. В модели N5247B приёмник шума работает только до 50 ГГц.

1. Для независимого управления частотой второго внутреннего источника зондирующего сигнала требуется одно из программных приложений: S93080/029/082/083/084/086/087/089/090х/093/094А

2. Рекомендуется для измерительных установок с высокой мощностью. Максимальная номинальная мощность на ответвителях измерительного порта равна +43 дБм (дополнительные аттенюаторы или изоляторы обычно требуются для защиты других компонентов внутри прибора).

Информация по комплектованию PNA-X (продолжение)

Для серии PNA-X	Описание	Дополнительная информация
Опции программных приложений¹		
S93007A	Калибровка внутри тестовой оснастки	
S93010A	Анализ во временной области	
S93025A	S93025A Управление встроенными импульсными генераторами, измерения в импульсном режиме с широкополосным детектированием	Включает управление внутренними импульсными генераторами и обеспечивает измерения параметров импульсов с длительностью до 200 нс, используя метод широкополосного детектирования
S93026A	Управление встроенными импульсными генераторами, измерения в импульсном режиме с широкополосным и узкополосным детектированием	Включает управление внутренними импульсными генераторами и обеспечивает измерения параметров импульсов с длительностью до 100 нс, используя метод широкополосного детектирования, и до 20 нс, используя метод узкополосного детектирования
S93029A	Измерение коэффициента шума с применением векторной коррекции результатов измерения ²	Используются стандартные приёмники, если отсутствует аппаратная опция N524xB-029
S93080A	Отстройка частоты приемников от частоты источников	Обеспечивает возможность независимой установки частоты внутренних источников и приёмников, а также конфигурирования внешних источников. Эта функция включена также в состав опций: S93029/082/083/084/086/087/089/090x/093/094A.
S93082A	Скалярные измерения параметров преобразователей частоты	Обеспечивает класс скалярных измерений параметров смесителей/преобразователей частоты (SMC). S93082A является подклассом S93083A.
S93083A	Скалярные и векторные измерения параметров преобразователей частоты ³	Обеспечивает класс скалярных измерений параметров смесителей/преобразователей частоты плюс фазы (SMC+Phase) и класс векторных измерений параметров смесителей/преобразователей частоты (VMC)
S93084A	Измерение параметров преобразователей частоты со встроенным гетеродином	Работает с опциями S93029/082/083/086/087A
S93086A	Измерение компрессии усиления в панорамном режиме	
S93087A	Измерение интермодуляционных искажений в панорамном режиме ⁴	Недоступна с опциями измерительного блока PNA: 200, 210, 400 и 410
S93088A	Контроль фазы источников зондирующих сигналов	
S93089A	Измерение параметров дифференциальных и I/Q устройств	Требуется опция 4-портового измерительного блока (4xx)
S930900A	Режим многоканального анализатора спектра до 8,5 ГГц ⁵	
S930901A	Режим многоканального анализатора спектра до 13,5 ГГц ⁵	
S930902A	Режим многоканального анализатора спектра до 26,5 ГГц ⁵	
S930904A	Режим многоканального анализатора спектра до 43,5 ГГц ⁵	
S930905A	Режим многоканального анализатора спектра до 50 ГГц ⁵	
S930907A	Режим многоканального анализатора спектра до 67 ГГц ⁵	
S930909A	Режим многоканального анализатора спектра до 90 ГГц ⁵	
S93093A	Режим многоканального анализатора спектра до 120 ГГц	
S93094A	Режим многоканального анализатора спектра свыше 120 ГГц	
S93118A	Режим быстрых измерений на фиксированной частоте	
S93460A	Измерение параметров дифференциальных устройств	требуется опция 4-портового измерительного блока (4xx)
S93551A	Работа с расширителем количества измерительных портов ^{6,7}	Недоступна с опциями измерительного порта: 200, 210, 400 и 410

1. Поддерживаются следующие типы лицензий для программных приложений: фиксированная бессрочная (1FP), перемещаемая бессрочная (1TP), фиксированная на 1 год (1FY) и перемещаемая на 1 год (1TY) (примечание: приложения S93093A, S93094A, S93898A и S94510A имеют только фиксированные типы лицензий).
2. Модели N522xB и N5241/42/49B при измерении коэффициента шума с применением векторной коррекции результатов измерения требуют наличия модуля ECal для использования в качестве тюнера импеданса. В моделях N5244/45/47B с опцией 029 внутренний тюнер уже имеется. Для калибровки шума при использовании стандартного приёмника требуется измеритель мощности. При использовании высокочувствительного приёмника шума (опция 029) потребуется либо измеритель мощности, либо генератор шума серии 346 (рекомендуется 346C или 346C-K01 компании Keysight). Измеритель мощности требуется для измерений параметров смесителей и преобразователей частоты.
3. Конфигурируемый измерительный блок требуется для класса измерений VMC, чтобы можно было подключить образцовый смеситель, либо для класса измерений SMC+Phase с использованием калибровки на базе генератора комбинационных частот. При заказе анализатора цепей PNA с опциями измерительного блока 200, 210, 400 или 410 (без переключателей передней панели) измерения фазы и задержки могут быть выполнены только с использованием класса измерений SMC+Phase с калибровочным смесителем.
4. S93087A может использоваться без опций измерительного блока PNA-X 22x или 42x, но в этом случае может потребоваться внешнее оборудование, такое как анализатор сигналов и сумматор.
5. Рекомендуется использовать измерительный блок с внутренними аттенуаторами приёмника для предотвращения компрессии приёмника при измерении сигналов высокого уровня.
6. При заказе измерительного блока выберите соответствующий интерфейсный набор.
7. При конфигурировании многопортового анализатора, использующего S93551A и многопортовый измерительный блок, функции схемы суммирования опции 22x или 42x временно запрещаются. При конфигурировании как автономного анализатора функция схемы суммирования разрешается.

Информация по комплектованию PNA-X (продолжение)

Для серии PNA-X	Описание	Дополнительная информация
Нелинейный анализ цепей (NVNA)¹		
S94510A ²	Нелинейный анализ цепей	Требуется опция измерительного блока 41x или 42x
S94511A ²	Нелинейный анализ цепей	Версия S94510A для стран с экспортным контролем. Требуется опция измерительного блока 41x или 42x
S94514A ³	Измерение X-параметров ^{4,5}	Требуется опция измерительного блока 42x и программное приложение S94510A
S94518A	Нелинейный анализ цепей в импульсном режиме	Требуется аппаратная опция 021 и программное приложение S94510A и S93025A или S93026A
S94520A	Измерение X-параметров цепей с переменным согласованием по входу/выходу исследуемого устройства ^{4,5}	Требуется программное приложение S94514A
S94521A	Управление тюнерами импеданса для измерений с переменным согласованием по входу/выходу исследуемого устройства ^{4,5}	Требуется программное приложение S94520A
Требуемые принадлежности NVNA		
<ul style="list-style-type: none"> – Генератор комбинационных частот U9391C (от 10 МГц до 26,5 ГГц), U9391F (от 10 МГц до 50 ГГц) или U9391G (от 10 МГц до 67 ГГц), используемые в качестве образцовой меры фазы при NVNA (требуется 2 шт.) – Измеритель мощности и преобразователь мощности, либо измеритель мощности с шиной USB компании Keysight – Калибровочный комплект: механический или модуль ECal компании Keysight – Генератор сигналов серии EXG, MXG или PSG компании Keysight, используемый для выделения X-параметров (выход опорного сигнала 10 МГц анализатора цепей PNA-X можно использовать для случаев с разносом частот между тонами 10 МГц) 		

Принадлежности и опции калибровки

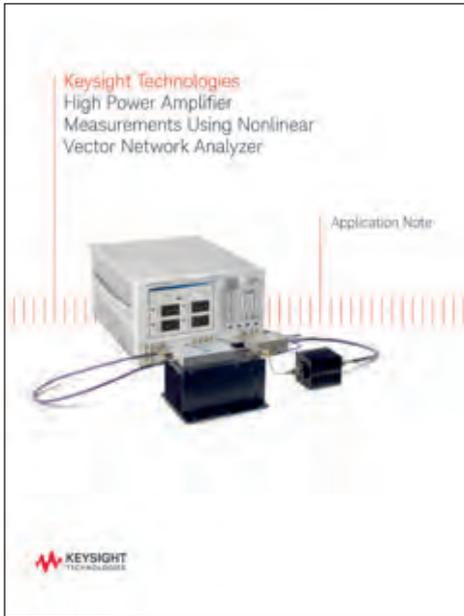
Для серии PNA-X	Описание	Дополнительная информация
Принадлежности		
N524xB-1CM	Комплект для монтажа в стойку без ручек	
N524xB-1CP	Комплект для монтажа в стойку с ручками	
N1966A	Адаптер ввода-вывода для синхронизации измерений в импульсном режиме	
U9391C/F/G	Генератор комбинационных частот ¹	
Программное обеспечение калибровки		
S93898A	Программное обеспечение для проведения верификации параметров прибора по заводскому протоколу ⁶	
Калибровочная документация		
N524xB-1A7	Калибровка, соответствующая стандарту ISO 17025	
N524xB-UK6	Коммерческий сертификат калибровки с данными испытаний	
N524xB-A6J	Калибровка, соответствующая стандарту ANSI Z540	
Требуемые принадлежности NVNA		
<ul style="list-style-type: none"> – Генератор комбинационных частот U9391C (от 10 МГц до 26,5 ГГц), U9391F (от 10 МГц до 50 ГГц) или U9391G (от 10 МГц до 67 ГГц), используемые в качестве образцовой меры фазы при NVNA (требуется 2 шт.) – Измеритель мощности и преобразователь мощности, либо измеритель мощности с шиной USB компании Keysight – Калибровочный комплект: механический или модуль ECal компании Keysight – Генератор сигналов серии EXG, MXG или PSG компании Keysight, используемый для выделения моделей X-параметров (выход опорного сигнала 10 МГц анализатора цепей PNA-X можно использовать для задач, когда разнесение между тонами равно 10 МГц) 		

1. Для полностью сконфигурированной системы NVNA требуются два генератора комбинационных частот с источниками питания, калибровочные комплекты компании Keysight (механический или модуль ECal), измеритель мощности и преобразователь мощности, либо измеритель мощности с шиной USB.
2. В импульсном режиме требуется опция 021 и программное приложение S93025A или S93026A.
3. В импульсном режиме требуются опции 021, 022 и программное приложение S93025A или S93026A.
4. Требуется генератор сигналов EXG, MXG или PSG для выделения X-параметров (выход внутреннего опорного сигнала 10 МГц анализатора PNA-X можно использовать для случаев с разносом частот между тонами 10 МГц).
5. X-параметры - товарный знак и зарегистрированный товарный знак компании Keysight Technologies в США, ЕС, Японии и других местах.
6. Формат X-параметров и лежащие в их основе уравнения являются открытыми и задокументированы. Более полная информация приведена на сайте по ссылке www.keysight.com/find/eesof-x-parameters-info.
7. 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:

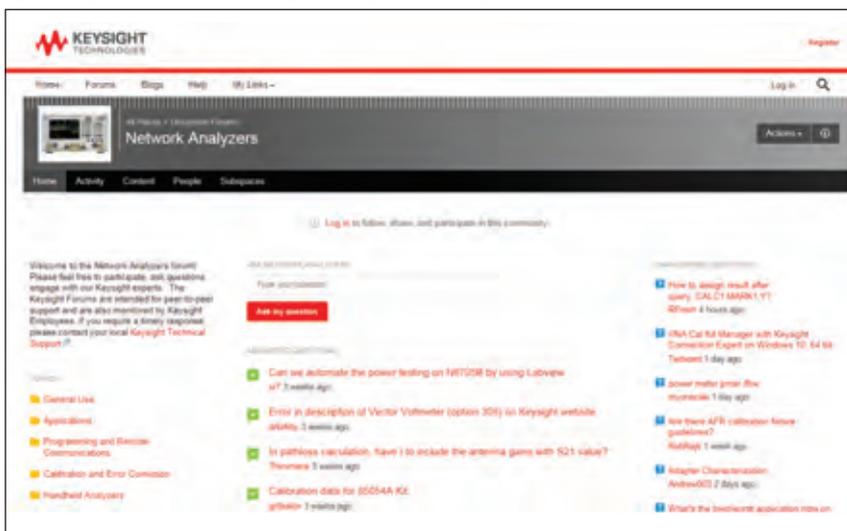
Запомните ссылку на эту Web-страницу для загрузки самых последних заметок по применению PNA-X для получения более глубоких знаний по измерениям



www.keysight.com/find/pnaxapps

Получайте ответы от заводских экспертов в диалоговом режиме:

Обсуждение тем, касающихся калибровки, приложений, технических характеристик приборов и программирования, на онлайн-овом дискуссионном форуме по анализаторам цепей компании Keysight. Получайте ответы по самым трудноразрешимым проблемам измерений и разработки и просматривайте темы, которые обсуждались ранее.

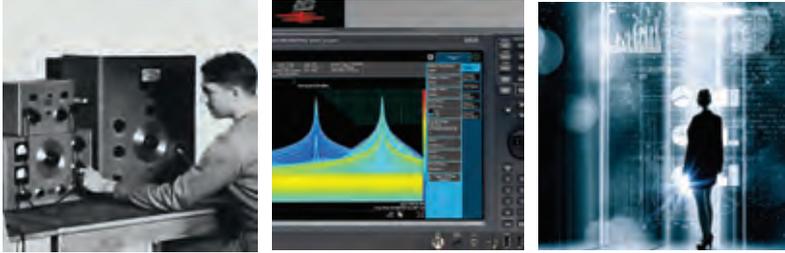


www.keysight.com/find/na_forum

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, знаний и опыта наших инженеров позволит Вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированная подборка только нужной Вам информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, Вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить Вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет Вам повысить качество Ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры компании Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите двойную выгоду: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/pna

www.keysight.com/find/na_forum

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954;

8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр

Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Система управления качеством
Keysight Technologies, Inc.

сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2015

Технические характеристики и описания продуктов могут изменяться без предварительного уведомления.

© Keysight Technologies, 2017

Published in USA, December 1, 2017

5990-4592RURU

www.keysight.com