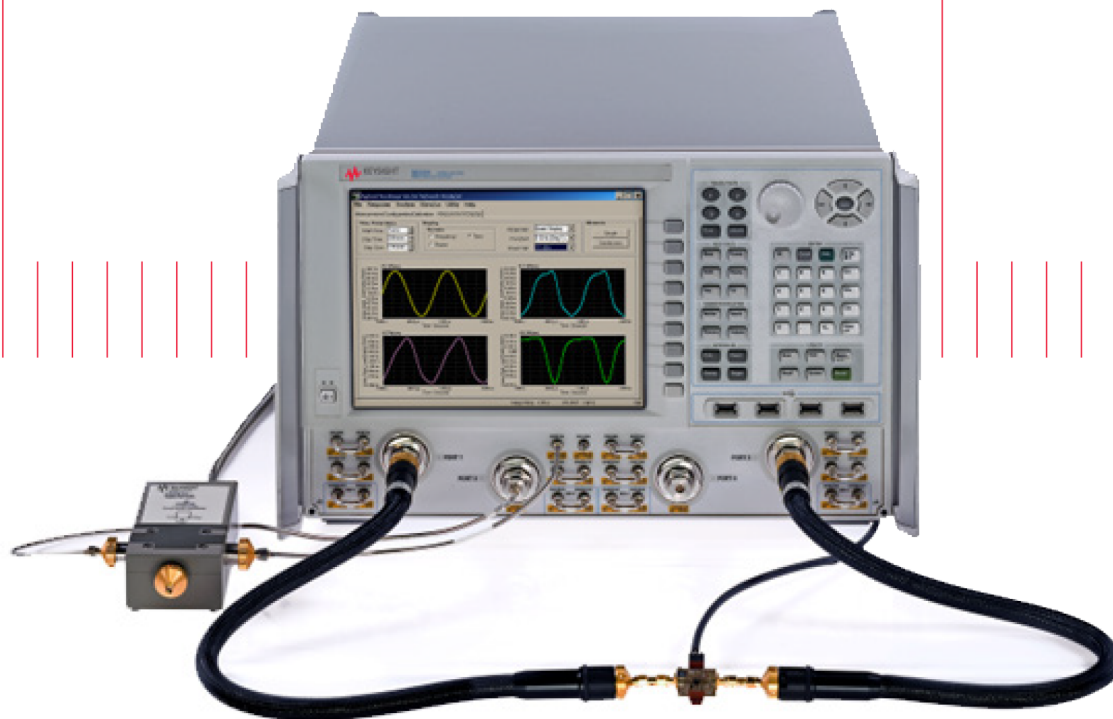


Keysight Technologies

Решения по разработке компонентов,
гарантирующие успех с первой попытки

Основы нелинейных измерений с использованием X-параметров

Рекомендации по
применению



Обзор

В свое время линейные системы и компоненты разрабатывались с использованием широкого спектра средств и методов измерений. Такой подход был быстро вытеснен матрицами рассеяния, состоящими из набора S-параметров. При этом из множества средств измерения остался востребованным только один инструмент – анализатор электрических цепей, позволяющий измерять коэффициенты передачи и отражения без переключения исследуемой схемы. На протяжении более 40 лет большинство теоретических и практических задач в СВЧ технике решалось на основе S-параметров. Они формально связаны с такими измерениями, как коэффициент отражения по входу S_{11} , коэффициент отражения по выходу S_{22} , коэффициент передачи в прямом направлении S_{21} , коэффициент передачи в обратном направлении S_{12} , которые могут быть легко импортированы в приложения для моделирования. Сегодня S-параметры, как правило, используются для создания линейных моделей ВЧ и СВЧ компонентов и их анализа. К сожалению, современные отраслевые тенденции, направленные на увеличение энергоэффективности, получение более высокой выходной мощности и увеличение времени автономной работы от батарей, вынуждают вводить многие линейные устройства в нелинейный режим. Измерения в таком режиме требуют решения, основанного на намного более детерминированном подходе.

Проблемы

Весьма удобные и универсальные S-параметры применимы только к слаботочным линейным схемам. Революция в области связи заставляет активные компоненты, например, применяемые в усилителях мощности, работать во все более и более нелинейных режимах. Инженеры теперь вынуждены использовать новые средства для измерения нелинейных характеристик. По существу, они применяют псевдолинейные модели с использованием S-параметров, учитывающие нелинейные характеристики (например, коэффициент мощности соседнего канала и сжатие динамического диапазона). Такой неполный набор исходной информации приводит к тому, что проектирование выполняется в несколько трудоемких итераций на эмпирической основе, существенно увеличивая время и стоимость процесса разработки. Для быстрого, точного и более детерминированного проектирования нелинейных ВЧ компонентов современным инженерам требуется корректное измерение нелинейного поведения и комплексная модель (по аналогии с S-параметрами, но для нелинейных компонентов), которая может использовать эту информацию при моделировании и конструировании.

Решение

Выполняя ту же роль для нелинейных компонентов и систем, что и S-параметры для линейных, X-параметры* предлагают инженерам ответ на эту дилемму. X-параметры представляют собой новую категорию описания нелинейных цепей для детерминированного проектирования высокочастотных схем. Они используются для оценки амплитуды и относительной фазы сигналов в нелинейном режиме работы компонентов. В отличие от S-параметров, они применимы как к сильным, так и к слабым сигналам и могут использоваться для линейных и нелинейных схем. X-параметры правильно описывают рассогласование импедансов и смещение частот, что позволяет точно моделировать каскадное соединение нелинейных блоков (например, усилителей и смесителей) в процессе проектирования.

В отличие от S-параметров, X-параметры намного точнее и полнее описывают нелинейное поведение ВЧ/СВЧ компонентов. Математическое расширение S-параметров в сторону сильных сигналов приводит к режиму насыщения (реальный режим для многих компонентов), в котором затем проводят измерения. При выполнении таких измерений не используются и не требуются данные относительно внутренних цепей тестируемого устройства (ТУ). То есть, измеряется отклик модели на приложенные напряжения (рис. 1). Иными словами, абсолютная амплитуда и относительная фаза основных частот и образующихся гармоник могут быть точно измерены и представлены с помощью X-параметров. Соответствующие поведенческие модели на основе X-параметров, созданные на базе этой информации, могут быть использованы с калиброванными измерительными приборами с целью расчета различных характеристик, таких как коэффициент мощности соседнего канала, точка сжатия и амплитуда вектора ошибки (рис. 2). Такие удобные для обработки и точные модели могут учитывать ряд различных переменных, в том числе импеданс источника и нагрузки.

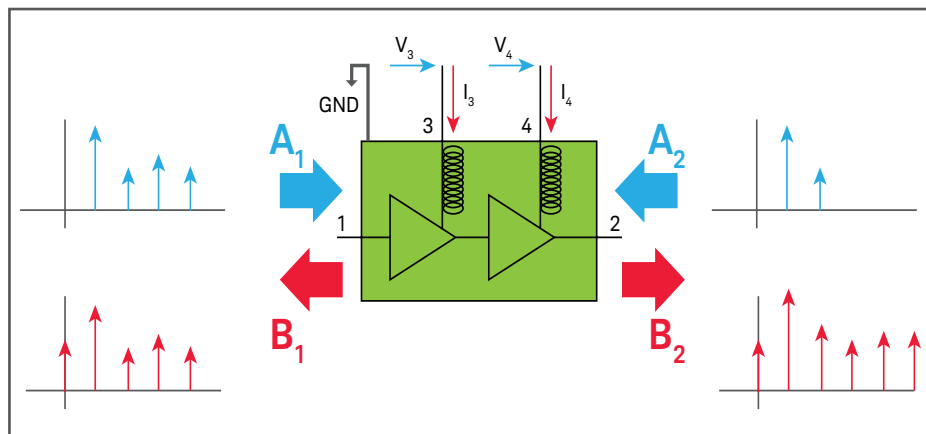


Рис. 1. В этом примере созданная в частотной области модель многокаскадного усилителя на основе X-параметров отображает связь прямых (A) и отраженных волн (B). Так как все значения амплитуды и фазы прямой и отраженной волн на всех гармониках точно соответствуют значениям во временной области, то в результате можно зарегистрировать полные нелинейные входные и выходные характеристики устройства.

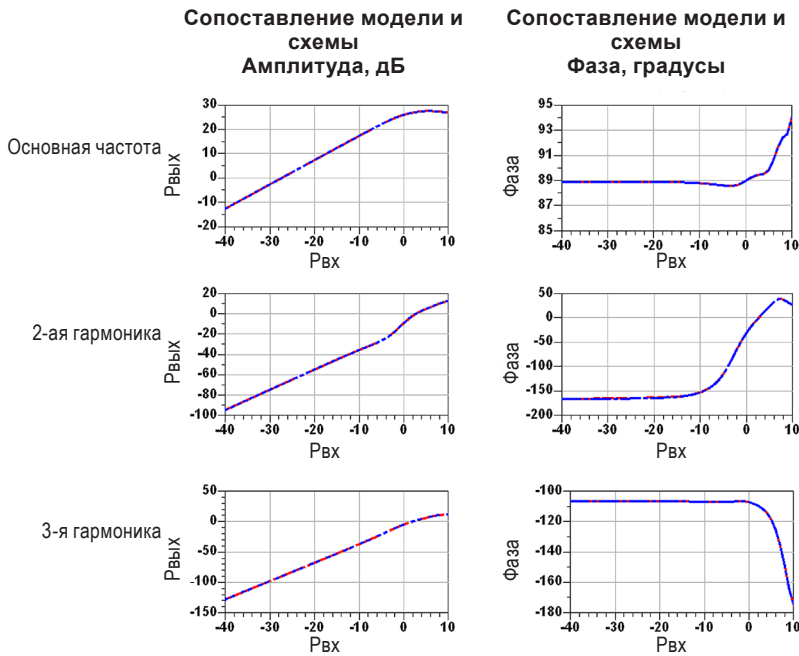


Рис. 2. Представленные здесь X-параметры сопоставляются с результатами анализа реальной схемы. Очевидно, что X-параметры точно соответствуют реальной схеме.

Получение X-параметров

X-параметры могут быть получены одним из двух способов: генерацией из САПР Advanced Design System (ADS) компании Keysight, в котором ведется схемотехническое проектирование, или путем измерения с помощью анализатора цепей PNA-X, на котором работает ПО нелинейного векторного анализа цепей (NVNA) (рис. 3).

Для получения X-параметров первым способом сначала необходимо создать в САПР ADS саму схему. Как только создание схемы завершено, информация о частоте, смещении, температуре и другие важные характеристики вводятся в генератор X-параметров. Этот инструмент на основе разработанной схемы вычисляет X-параметры для компонента или модуля, который может быть использован в САПР ADS, симуляторах Harmonic Balance и Circuit Envelope. Генератор X-параметров обладает большой гибкостью и позволяет создавать X-параметры моделей нелинейных многопортовых компонентов с многочастотными входными сигналами, а также моделировать различные значения выходного импеданса.

Для быстрого и точного получения X-параметров с помощью измерений требуется нелинейный векторный анализатор цепей Keysight. Анализатор измеряет X-параметры тестируемого устройства (ТУ), которые можно импортировать в симулятор ADS или представить в виде S-параметров. Для измерения X-параметров используются два внутренних ВЧ источника анализатора, позволяющих одновременно подавать на ТУ сильный сигнал для установки рабочей точки устройства в области большого сигнала и слабый сигнал соответствующих частот и фаз..

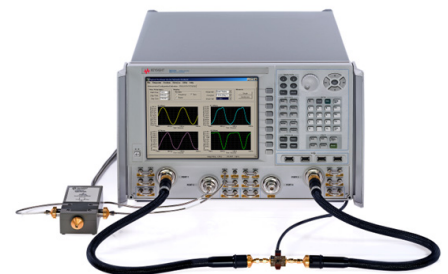


Рис. 3. ПО нелинейного векторного анализа, предназначенное для использования в анализаторе цепей PNA-X компании Keysight, представляет новый промышленный стандарт анализа нелинейных ВЧ/СВЧ цепей в диапазоне от 10 МГц до 50 ГГц. Это позволяет инженерам измерять X-параметры в полном объеме.

Необходимо точно управлять амплитудой и фазой этих сигналов (рис. 4). Измерение амплитуды и фазы отраженных волн в этих условиях позволяет определить X-параметры. Зная их, инженер может сравнивать работу устройства в линейном или нелинейном режиме.

Точность и достоверность X-параметров очень полезны инженерам для лучшего понимания нелинейного поведения активных компонентов. Полученные с помощью измерений или сгенерированные X-параметры можно легко импортировать в ADS, а затем вводить в компоненты или систему для использования в процессе разработки или моделирования.

Другие ключевые характеристики и преимущества X-параметров:

- Отсутствие ограничения входного и выходного импеданса значением 50 Ом. Хотя анализаторы цепей по сути своей - это 50-омные устройства, гибкость X-параметров позволяет проводить измерения компонентов за пределами этого значения (например, усилитель мощности с выходным сопротивлением 3 Ом). Это может быть сделано либо путем размещения согласующей схемы между анализатором цепей и ТУ или использованием тюнера, формирующего различные значения выходного импеданса. Кроме того, поскольку генератор X-параметров в ADS не имеет ограничений на число портов, мощность или частоту, он в состоянии работать со сложными проектами с участием нескольких портов (например, 3-портовое устройство), частот и смещений (например, смесители), а также с произвольной топологией. В будущем такие возможности также будут доступны и нелинейным векторным анализаторам цепей для проведения физических измерений X-параметров.
- Высокая мощность. X-параметры в настоящее время ориентированы на разработку активных устройств, таких как усилители мощности, которые обычно обладают существенно нелинейными свойствами. Нелинейный векторный анализатор цепей может измерять X-параметры устройств большой мощности (например, силовых транзисторов на основе нитрида галлия (GaN) и других устройств мощностью 10, 100 и 250 Вт), даже если анализатор базовой конфигурации рассчитан только на 1 Вт. Гибкость аппаратной платформы анализаторов PNA-X компании Keysight позволяет проводить измерения до 100 и даже до 250 Вт.



Рис. 4. ПО нелинейного векторного анализа программно корректирует систематические ошибки измерений при помощи простой процедуры с использованием измерителя мощности, источника опорного сигнала и векторной калибровочной меры.

Заключение

Необходимость быстрого и точного измерения нелинейных характеристик активных компонентов в нелинейном режиме становится все более актуальной. Точные и достоверные X-параметры, являющиеся логическим продолжением S-параметров в нелинейную область, представляют собой идеальное решение этой проблемы. Полученные в результате измерений или моделирования в САПР ADS, они предлагают скорость и удобство, не хуже, чем у зарекомендовавших себя линейных S-параметров. Результирующая поведенческая модель на основе X-параметров может быть быстро и легко введена в процесс моделирования и использована для детерминированного проектирования самых надежных компонентов и систем в кратчайшие сроки и с высокой степенью точности.

The Power of X

X-параметры и СВЧ анализатор цепей PNA-X с программным обеспечением нелинейного векторного анализа являются ключевыми продуктами компании Keysight. Эти средства предоставляют инженерам возможность получить более глубокое понимание разрабатываемой конструкции, повысить скорость производственных процессов, решить проблемы измерения и выйти на рынок раньше конкурентов.

Предлагая наилучшее сочетание скорости и масштабируемости, созданные и поддерживаемые известными во всем мире экспертами по измерениям, продукты Keysight серии X помогают инженерам внедрять инновационные, высокопроизводительные разработки на развивающихся рынках всего мира.

Дополнительная информация о комплекте продуктов Keysight X представлена на сайте: www.keysight.com/find/powerofx.

Смежные приложения

- Проектирование полупроводниковых приборов
- Проектирование интегральных схем и проверка активных компонентов
- Проектирование и проверка усилителей мощности базовых станций
- Проектирование и проверка активных компонентов для военного применения

Смежные продукты Keysight

- Генератор X-параметров W2305
- Ядро САПР ADS W2200
- Нелинейный векторный анализатор цепей

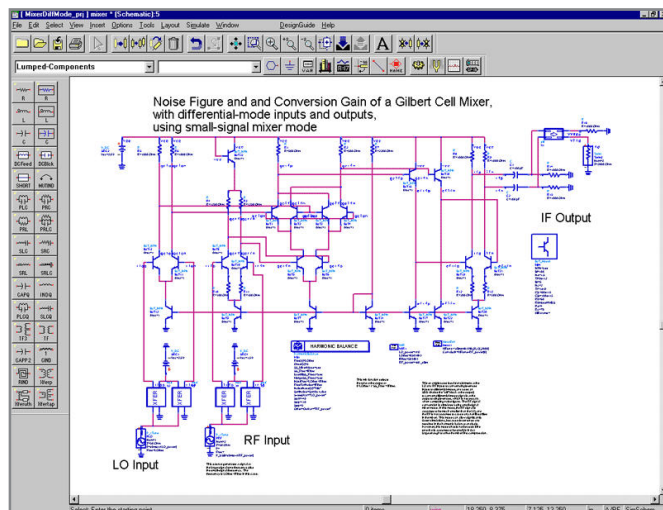
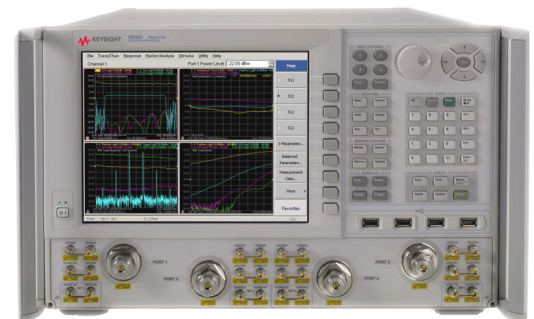


Схема смесителя на основе ячейки Джилберта в ADS

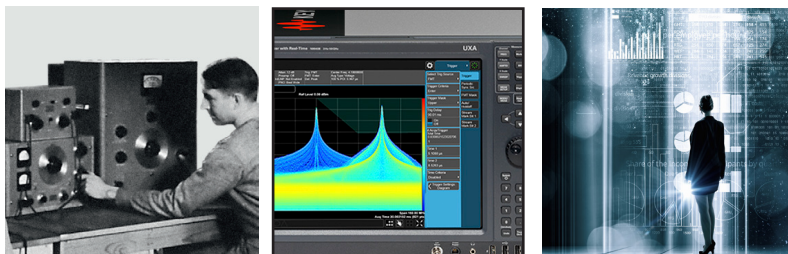


Анализатор цепей PNA-X

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет 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 ЦСМ 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 Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

*X-параметры - зарегистрированный торговый знак Keysight Technologies в США, ЕС, Японии и других странах.

Формат X-параметров и описывающие их уравнения открыты и документированы. Подробная информация представлена на сайте

<http://www.keysight.com/find/eesof-x-parameters-info>.

WiMAX, Mobile WiMAX, WiMAX Forum, логотип Wimax Forum, Wimax Forum Certified, логотип WiMAX Forum Certified - зарегистрированные в США торговые марки WiMAX Forum.

ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA - зарегистрированные в США торговые марки PCI Industrial Computer Manufacturers Group.

www.keysight.com/find/powerofx

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

(BP-16-10-14)



www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.

Сертифицировано DEKRA на соответствие стандарту ISO 9001:2015

Система управления качеством



Информация может быть изменена без уведомления.

© Keysight Technologies, 2017

Published in USA, December 01, 2017

5990-5151RURU

www.keysight.com