

ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ С ИМПЕДАНСОМ 50 Ом НА ЧАСТОТАХ ДО 1,1 ТГц



Информация о продукте
Версия 01.00

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



ИЗМЕРЕНИЯ С СОГЛАСОВАНИЕМ НАГРУЗКИ НА ОСНОВЕ ВАЦ

Применение

- ▶ Разработка усилителей
- ▶ Тестирование и определение модели
- ▶ Испытания на надежность (измерение КСВН)

Основные особенности

- ▶ Измерения на высоких частотах
- ▶ Высокая скорость измерения
- ▶ Высокая точность измерения

Согласование нагрузки реализуется использованием набора регулируемых импедансов нагрузки, подключаемых к испытуемому устройству (ИУ) в ходе измерения ряда параметров для каждого импедансного состояния. Систематически изменяя импеданс, можно измерить эксплуатационные характеристики устройства и рассчитать идеальную согласующую цепь в условиях работы с реальными высокоуровневыми сигналами.

Согласование нагрузки векторного приемника и векторного анализатора цепей (ВАЦ) – это современные и эффективные методы измерения. Ответители с малыми потерями, включенные между тюнерами и ИУ, подключаются к приемникам ВАЦ, таким как R&S®ZNA. Волны *a* и *b* могут быть измерены в опорной плоскости ИУ в реальном масштабе времени, что делает возможным получение информации, обычно недоступной при

использовании традиционных методов измерения с согласованием нагрузки измерителей мощности. Согласование нагрузки векторного приемника позволяет проводить непосредственные измерения фактических импедансов для ИУ, избавляя от необходимости введения предварительных допущений относительно регулировки тюнера или уровня потерь. Подводимая входная мощность может быть с высокой точностью рассчитана на основе результатов измерения волн *a* и *b*, что позволяет добиться заданного КПД суммирования мощности.

Результаты измерения представляют собой значения выходной мощности для каждой частоты, включая основную частоту и несколько гармоник, а также значения мощности для многотональной несущей и комбинационных частот.

Параметры измерения включают в себя $Z_{\text{вх}}^*$, $P_{\text{вх, дост}}^*$, $P_{\text{вх, подв}}^*$, $P_{\text{вых}}^*$, G_p^* , G_r^* , КПД суммирования мощности (PAE), коэффициент полезного действия (КПД), АМ/ФМ, интермодуляционные искажения (ИМИ), $P_{\text{вых, КШ}}^*$.

Векторный анализатор цепей R&S®ZNA обладает непревзойденным динамическим диапазоном и наивысшей в отрасли скоростью развертки, что делает возможным проведение быстрых и точных измерений с согласованием нагрузки.



СОГЛАСОВАНИЕ АКТИВНЫХ И ГИБРИДНО-АКТИВНЫХ НАГРУЗОК

Метод согласования нагрузки позволит измерять характеристики устройства в виде функции нагрузочного импеданса. В случае двухпортового устройства импеданс для ИУ (Γ_L) рассчитывается как a_2/b_2 , т. е. представляет собой отношение между отраженной и прямой бегущими волнами.

Вместо отражения исходного сигнала с помощью пассивного механического тюнера метод согласования активных нагрузок подразумевает использование источников сигнала для подачи сигнала на выход ИУ, что позволяет получить волну a_2 .

Волна a_2 при этом не ограничивается долей исходного сигнала, как в случае традиционных пассивных механических тюнеров, что позволяет использовать внешние усилители для увеличения уровня волны a_2 так, чтобы значение коэффициента отражения Γ_L находилось на внешних границах диаграммы Вольперта-Смита. Метод согласования нагрузки обладает также такими преимуществами, как высокая скорость измерения, возможность задания циклов настройки для согласования гармонических нагрузок и легкая интеграция в процедуры измерения на полупроводниковой пластине.

Метод согласования гибридно-активных нагрузок объединяет процедуры активной и пассивной настройки в одной системе. Традиционные пассивные механические тюнеры обеспечивают отражение высокой мощности на основной частоте (предварительное согласование), что позволяет значительно снизить уровень активного входного сигнала и использовать менее мощные усилители для компенсации потерь и получения $\Gamma_L = 1$.

Применение

- ▶ Измерения на полупроводниковой пластине
- ▶ Разработка усилителей (оптимизация КПД, включая гармоники)

Основные особенности

- ▶ Широкий диапазон настройки на выходе ИУ
- ▶ Простое согласование гармонических нагрузок

Следует заметить, что значения мощности на гармонических частотах, как правило, значительно ниже уровней сигналов основной частоты, поэтому для согласования активных гармонических нагрузок могут быть использованы более доступные широкополосные усилители с функцией активной настройки и значением $\Gamma_{L,nf} = 1$. Таким образом, метод согласования гибридных нагрузок позволяет использовать менее мощный сигнал, чем метод согласования активных нагрузок.

В сочетании с внешними генераторами сигналов, поддерживающими функции управления амплитудой и фазой, моделями измерений IVCAD и ПО для измерения характеристик смоделированных устройств компании Maury Microwave, векторный анализатор цепей R&S®ZNA представляет собой готовое решение для проведения измерений с согласованием активных и гибридно-активных нагрузок.



НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛИЗ LSA И ПОЛУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Применение

- ▶ Тестирование модели
- ▶ Получение поведенческой модели
- ▶ Разработка усилителей (классы эксплуатации высшего порядка)
- ▶ Проектирование систем

Основные особенности

- ▶ Высокая скорость получения модели
- ▶ Высокая точность интерполяции и экстраполяции

Метод анализа нелинейных характеристик в режиме большого сигнала (LSA), называемый также анализом во временной области и технологией создания форм сигналов, заключается в измерении токов и напряжений на входе устройства и выходе ИУ с целью определения режима работы ИУ. Эта информация используется для анализа и разработки усилителей высоких классов эксплуатации, включая E, F, J, K и соответствующие инверсные классы, что может быть визуализировано путем отображения кривых напряжения и тока во временной области. Измерения по методу LSA, выполняемые путем записи фазовой зависимости гармонического спектра, позволяют отображать волны *a* и *b*, осциллограммы напряжения и тока, а также нагрузочные

линии для каждого состояния измерения (импеданс / мощность / смещение), и осуществлять исключение по опорной плоскости устройства. Измерения по методу LSA могут быть использованы для получения измерительных поведенческих моделей, таких как модели усиленных полигармонических искажений (EPHD). Модель EPHD идеально подходит для моделирования поведения несогласованных транзисторов, где может требоваться экстраполяция условий нагрузки за пределы тех, которые используются в ходе получения модели. Эти модели совместимы со стандартными имитаторами схем, такими как ADS и MWO, и могут быть использованы для эффективной разработки сложных многокаскадных схем усилителей мощности, таких как усилители Догерти.

В сочетании с методом согласования пассивных или активных гармонических нагрузок, моделями измерений IVCAD и ПО для измерения характеристик смоделированных устройств, векторный анализатор цепей R&S®ZNA представляет собой готовое решение для получения поведенческих моделей EPHD и расширения возможностей разработки усилителей высших классов эксплуатации.



ИЗМЕРЕНИЯ С СОГЛАСОВАНИЕМ И АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ УСТРОЙСТВ С ИМПЕДАНСОМ 50 Ом В ДИАПАЗОНЕ ММ-ВОЛН И СУБ-ТГц

Выполнение измерений в диапазоне мм-волн и субтерагерцовом диапазоне может представлять собой большую сложность. Во-первых, доступные на рынке устройства для расширения диапазона рабочих частот волновода (от 110 ГГц до 1,1 ТГц), как правило, имеют фиксированную выходную мощность и ограниченный диапазон мощностей, который может быть задан вручную посредством встроенного или внешнего переменного аттенюатора. Во-вторых, метод согласования пассивных нагрузок не всегда применим на частотах свыше 110 ГГц. Несмотря на то, что пассивные механические тюнеры все еще позволяют работать на этих частотах, потери в волноводах и пробниках, возникающие на участке между тюнером и ИУ, ограничивают возможность получения высокоуровневых отражений (коэф. отражения и рассогласования) в опорной плоскости ИУ.

Все эти трудности могут быть преодолены с помощью MMW-STUDIO – модуля ПО, совместимого с ВАЦ, работающими в волноводных диапазонах мм-волн, и предоставляющего возможности высокоточного и воспроизводимого управления мощностью с высокой разрешающей способностью. ПО позволяет проводить прямые измерения мощности с векторной поправкой в опорной плоскости ИУ и обеспечивает возможность управления подводимой к ИУ мощностью.

Данное решение позволяет выполнять измерения нелинейных искажений в режиме развертки по доступным уровням мощности и определять S-параметры при любом произвольном уровне мощности.



Применение

- ▶ Измерение характеристик транзисторов
- ▶ Получение и испытание модели
- ▶ Разработка усилителей/цепей
- ▶ Испытание цепей и систем на надежность и рассогласование

Основные особенности

- ▶ Измерение S-параметров на заданных пользователем уровнях мощности
- ▶ Управление мощностью с высокой разрешающей способностью для проведения высокоточных и воспроизводимых измерений нелинейных искажений с векторной поправкой в режиме развертки по мощности
- ▶ Произвольное регулирование импеданса / согласование активных нагрузок

При использовании векторного блока модуляции (VMU) ПО MMW-STUDIO позволяет также управлять амплитудой и фазой сигналов, подводимых к входу и выходу ИУ. Функция произвольного регулирования импеданса обеспечивает возможность проведения измерений с согласованием активных нагрузок и позволяет измерять значения $P_{\text{вых}}, P_{\text{вх}}, P_{\text{вых. дост}}, G_p, G_{p1}$, КПД (EFF), КПД суммирования мощности (PAE), $V_{\text{вх}}, V_{\text{вых}}, I_{\text{вх}}, I_{\text{вых}}$ при любом значении импеданса нагрузки.

В сочетании с устройствами расширения диапазона рабочей частоты волновода, векторным блоком модуляции (VMU) компании Vertigo Technologies и измерительным ПО MMW-STUDIO для работы в диапазонах мм-волн и субтерагерцовом диапазоне, векторный анализатор цепей R&S®ZNA представляет собой готовое решение для измерений нелинейных искажений устройств с импедансом 50 Ом и измерений с согласованием активных нагрузок на частотах до 1,1 ТГц.

ТЕСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Применение

- ▶ Проверка рассогласования антенны в реальных условиях

Основные особенности

- ▶ Поддержка современных радиосигналов

Мобильные телефоны должны обеспечивать бесперебойную работу даже в неидеальных условиях окружающего мира: при потере или повреждении антенны, нахождении в туннеле или шкафчике, расположении вблизи тела или в кармане с монетами. В случае измерений на ВЧ каждый из этих сценариев оказывается далеко не идеальным, поскольку значение импеданса отлично от 50 Ом. Применение отдельного тюнера позволяет выполнять изменение амплитуды и фазы КСВН, представленных на антенном порте телефона, и проводить эксплуатационные испытания в режимах передачи и приема.

Использование метода согласования нагрузки в режиме передачи делает возможным проведение измерений выходной мощности в виде функции амплитуды и фазы КСВН.

Использование метода согласования нагрузки в режиме приема позволяет выполнять измерения чувствительности телефона для оценки уровня мощности, при котором достигается пользовательское значение коэффициента битовых (BER) или кадровых (FER) ошибок, в виде функции амплитуды и фазы КСВН.

В сочетании с автоматическими тюнерами импеданса и автоматизированной программной системой тестирования мобильных телефонов (AMTS) компании Maury Microwave, универсальный радиокommunikационный тестер R&S®CMU и широкополосный радиокommunikационный тестер R&S®CMW позволяют проводить эффективные испытания мобильных телефонов в реальных условиях.



СИНХРОНИЗИРОВАННЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ (IV) И ИМПУЛЬСНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ S-ПАРАМЕТРОВ

Синхронизированные импульсные вольтамперные измерения и измерения S-параметров являются основой для получения компактной эквивалентной схемы транзистора.

Измерения S-параметров используются для определения внешних паразитных элементов схемы устройства с последующим получением действительной линейной компактной эквивалентной схемы.

Для получения нелинейной эквивалентной схемы используются импульсные вольтамперные измерения, позволяющие определять влияние температуры на эксплуатационные характеристики в безопасных рабочих диапазонах и оценивать область пробоя транзисторов. Квазиизотермические условия эксплуатации поддерживаются значениями длительности импульса и коэффициента заполнения. Вольтамперные измерения используются для получения значений токов диода. Синхронизация вольтамперных измерений и измерений S-параметров позволяет получить нелинейную емкостную модель.

Применение

- ▶ Параметрический анализ
- ▶ Получение компактной эквивалентной схемы

Основные особенности

- ▶ Готовое решение со встроенными импульсными модуляторами и приемниками
- ▶ Широкий динамический диапазон
- ▶ Быстрая развертка

Электротермическая эквивалентная схема транзистора выступает в качестве функции температуры и самонагрева устройства. Термическое сопротивление транзистора можно определить, используя разницу между условиями непрерывного и короткоимпульсного смещения.

В сочетании с системой импульсных вольтамперных измерений AM3200 и ПО IVCAD для измерений и моделирования характеристик устройств, векторный анализатор цепей R&S® ZNA представляет собой готовое решение для получения компактных эквивалентных схем транзисторов для технологий III-V и МОП.



ИЗМЕРЕНИЕ S-ПАРАМЕТРОВ С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

Применение

- ▶ Производственные испытания (по критерию «норма/нарушение»)
- ▶ Проектирование и разработка

Основные особенности

- ▶ Поддержка большинства моделей ВАЦ компании Rohde & Schwarz
- ▶ Высокая точность измерения

По мере появления новых технологий, которые включаются в существующие стандарты, требования к техническим характеристикам устройств неизменно растут, а конкуренция становится все более жесткой. Инженерам и разработчикам приходится бороться за каждую десятую децибела и громко заявлять о конкурентных преимуществах. Все это приводит к появлению потенциальной проблемы: как добиться непревзойденных характеристик и не лишиться уверенности в том, что продукт сможет обеспечивать заявленные характеристики? И не только для разработчика, но и для конечного пользователя.

Ученые исследовали источники погрешностей для измерений в СВЧ и ВЧ диапазонах и предложили модели и методы для количественной оценки отдельных составляющих путем их систематического определения и представления в виде части полного измерения S-параметров.

ПО Insight VNA компании Maury Microwave может быть использовано практически с любым двух- или четырехпортовым ВАЦ компании Rohde & Schwarz для калибровки, проверки и измерения S-параметров с учетом погрешности измерения. Отдельные составляющие погрешности, такие как ВАЦ, калибровочные наборы, кабельные жгуты, разъемы и ошибки оператора определяются количественно и визуализируются в реальном масштабе времени с помощью измерения S-параметров. ВАЦ компании Rohde & Schwarz обладает наименьшим в своем классе значением погрешности (неопределенности), что делает возможным проведение более точных измерений S-параметров и позволяет заявлять о характеристиках продукта с учетом погрешности измерения, давая разработчикам и потребителям необходимую уверенность в долгосрочной работоспособности данного решения.

Благодаря низкому уровню собственных шумов и малому дрейфу ВАЦ компании Rohde & Schwarz обеспечивают более высокую точность измерения S-параметров с минимальной погрешностью.



Компания Maury Microwave – мировой лидер в области решений для определения характеристик устройств с импедансом, отличным от 50 Ом, в диапазоне от 10 МГц до 1 ТГц:

- ▶ согласование пассивных, активных, гибридно-активных нагрузок на основных и гармонических частотах
- ▶ определение параметров шума и получение эквивалентной схемы
- ▶ импульсные вольтамперные измерения и измерения S-параметров, а также получение компактных эквивалентных схем транзисторов для технологий III-V и МОП
- ▶ получение поведенческой модели компонентов и цепей
- ▶ автоматизированные испытания ИУ
- ▶ испытания на надежность/измерение КСВН для систем малой, средней и высокой мощности
- ▶ единая программная платформа для проведения измерений, получения и проверки моделей, а также визуализации результатов и анализа данных
- ▶ решения, адаптированные для аэрокосмической/оборонной промышленности и коммерческих линий связи с акцентом на 5G и Wi-Fi

Компания Maury Microwave совместно с партнерами разрабатывает флагманские продукты для решения сложных задач клиентов и предлагает услуги технической поддержки, предоставляемые глобальной командой инженеров по применению из США, Франции, Голландии, России и Китая.

Решения для измерения характеристик Maury Microwave позволяют определять параметры и моделировать транзисторы различных технологий, разрабатывать высококачественные усилители и цепи, а также проводить эксплуатационные испытания и выполнять проверку надежности цепей и систем.

Контакты:

Maury Microwave
2900 Inland Empire Blvd Ontario, CA 91764 США
Email: sales@maurymw.com
Телефон: +1-909-987-4715
www.maurymw.com

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

Обучение в Rohde & Schwarz
www.training.rohde-schwarz.com

Служба поддержки Rohde & Schwarz
www.rohde-schwarz.com/support

R&S® является зарегистрированной торговой маркой компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Торговые названия являются товарными знаками их владельцев
PD 3609.5722.32 | Версия 01.00 | Март 2021 г. (sk)
Передовые методы измерения характеристик импульсных и нелинейных устройств с импедансом 50 Ом на частотах до 1,1 ТГц
Параметры без допустимых пределов не гарантированы | Возможны изменения
© 2021 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Мюнхен, Германия