ПРОВЕРКА ИМПЕДАНСА ВЧ-ПОРТА

Хорошо согласованные ВЧ-порты — важная часть любой ВЧ-системы. Согласованные порты, в частности, защищают выходные порты усилителя от перегрузки отраженной мощностью. Такая перегрузка способна вывести из строя весь усилитель. Согласованные порты также обеспечивают максимальную передачу мощности, эффективно продлевая время автономной работы беспроводных устройств, например предназначенных для Интернета вещей (IoT).

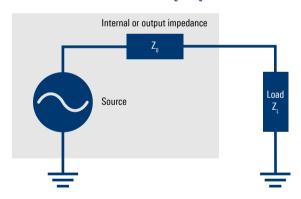
Измерительная задача

В радиотехнике используется два стандартных значения характеристического импеданса (волнового сопротивления) несимметричных компонентов: 50 Ом и 75 Ом. Большинство кабелей, разъемов и ВЧ-компонентов согласуются на одно из этих двух значений. Значение 75 Ом часто встречается в области (кабельного) телевидения, поскольку оно близко к значению 77 Ом, которое является точкой минимального затухания ВЧ-сигнала. Значение 50 Ом является компромиссом между хорошей передачей мощности (30 Ом) и низким затуханием. Однако важно, чтобы все компоненты были согласованы на одно и то же значением импеданса.

Достижение максимальной передачи мощности

Согласно теореме о передаче мощности, ключевым элементом для достижения максимальной передачи мощности является согласование импеданса источника Z_0 и импеданса нагрузки Z_L . В случае согласования Z_1 равняется Z_0 .

Согласование импеданса $(Z_1 = Z_0)$



Уменьшение отраженной мощности ВЧ-сигнала

Результат согласования портов может быть выражен тремя различными параметрами:

1. Коэффициент отражения

Отношение отраженной волны к падающей волне обозначается Г:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Идеальное согласование источника и нагрузки соответствует значению $\Gamma=0$, полное отражение соответствует значению $|\Gamma|=1$.

2. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)

Отражение также можно характеризовать с точки зрения коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

КСВН является мерой эффективности передачи мощности. КСВН = 1 указывает на идеальную передачу мощности без отражения, более высокие значения указывают на необходимость улучшения согласования импедансов. Чем больше отраженная мощность, тем меньше переданная, при этом впустую тратится энергия аккумулятора. Это также может привести к повреждению источника сигнала.

3. Потери на отражение

Отражение также может быть выражено в виде обратных потерь:

$$RL(dB) = -20\log_{10}|\Gamma|$$

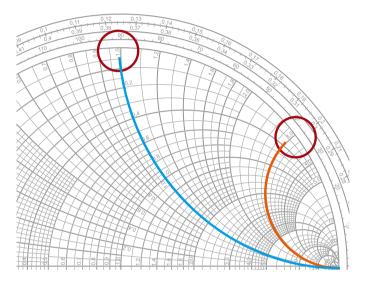
Это показатель того, насколько хорошо согласованы порты. Чем выше обратные потери, тем лучше. Такое представление предпочтительнее КСВН из-за лучшего разрешения хороших характеристик согласования.

Руководство по применению | Версия 01.00

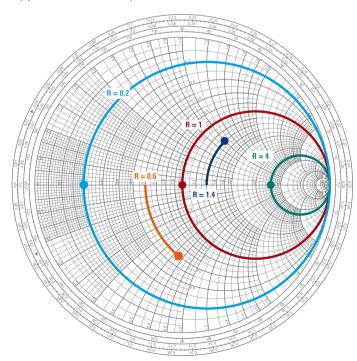


Для визуализации измерений согласования нагрузки можно использовать круговую диаграмму Вольперта-Смита. Это отличное проверенное средство для просмотра характеристик согласования. Диаграмма наглядно показывает импеданс активной (круги активного сопротивления) и реактивной (круги реактивного сопротивления) части сопротивления, причем верхняя половина показывает индуктивный характер, а нижняя — емкостной. Каждая точка на диаграмме определяет импеданс, связанный с определенной частотой. Эти значения представлены комплексным числом $Z = R \pm jX$. Его активная часть обозначена действительной составляющей R, а реактивная — мнимой составляющей.

Круги реактивного сопротивления



Круги активного сопротивления



В традиционной диаграмме Вольперта-Смита активное сопротивление увеличивается от 0 (крайняя левая часть диаграммы) до бесконечности (крайняя правая часть диаграммы). Верхняя половина диаграммы показывает положительные значения јХ, обозначая таким образом индуктивное поведение импеданса, а в нижней половине диаграммы эти значения отрицательные, а поведение емкостное. Учтите, что диаграмма Вольперта-Смита нормирована к опорному импедансу (50 Ом или 75 Ом) в зависимости от используемого оборудования.

Решение компании Rohde & Schwarz

Чтобы достичь хороших характеристик импеданса, достаточно выбрать правильные компоненты и провести измерение для подтверждения результата. Такое измерение проще всего выполнить с помощью векторного анализатора цепей (ВАЦ), который может отображать диаграммы Вольперта-Смита. R&S®FPC1500 предлагает тройную выгоду. Это не только отличный экономичный анализатор спектра с независимым источником сигналов. Это еще и однопортовый векторный анализатор цепей с интегрированным КСВН-мостом. А встроенная функция отображения диаграммы Вольперта-Смита и маркерные функции автоматически преобразуют нормированный импеданс в значение в Омах на основе выбранной системы импеданса.

Калибровка в плоскости измерения, то есть в сечении между цепью связи и кабелями анализатора цепей, имеет огромное значение для компенсации влияния кабелей и разъемов. В процессе ручной калибровки часто возникают ошибки из-за ошибочного подключения неверной меры калибровочного набора XX/K3/нагрузка; также на ручное подключение требуется много времени. Блок калибровки R&S®ZN-Z103 автоматизирует переключение между мерами. Таким образом минимизируется количество ошибок подключения и время калибровки сокращается до нескольких секунд.

Сначала настройте условия измерения (необходимый диапазон частот, полосу разрешения и количество точек измерения). Затем подключите R&S®ZN-Z103 к USB-порту R&S®FPC1500. Прибор автоматически распознает блок калибровки. Подключите один конец коаксиального кабеля к выходному порту R&S®FPC1500, а другой конец к блоку калибровки. Нажмите «Калибровать \rightarrow Полная 1-портовая». Прибор будет откалиброван и готов к анализу ИУ.

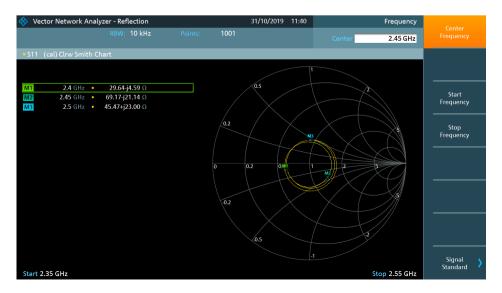
На приведенных ниже снимках экрана показаны примеры результатов в виде КСВН, потерь на отражение и диаграммы Вольперта-Смита в промышленном, научном и медицинском диапазоне 2,4 ГГц.



Значение КСВН = 1 не достижимо на практике, и значение около 1,6 является приемлемым. Как показывает опыт, значение КСВН должно быть менее 1,5.



Путем расчета вручную или простым нажатием кнопки определяем, что потери на отражение составляют приблизительно 12 дБ.



Импеданс, показанный на диаграмме Вольперта-Смита

Заключение

Проверка ВЧ-портов — ключевой элемент минимизации потерянной или отраженной мощности и продления времени работы от аккумулятора. Она также предотвращает перегрев или неустранимое повреждение компонентов. R&S®FPC1500 — отличный, удобный и экономичный прибор для такого типа проверки.



Наименование	Тип	Код заказа
Анализатор спектра R&S®FPC1500,	R&S®FPC1500	1328.6660.03
от 5 кГц до 1 ГГц, со следящим генератором		
Расширение диапазона частот от 1 ГГц до 2 ГГц	R&S®FPC-B2	1328.6677.02
Расширение диапазона частот от 2 ГГц до 3 ГГц	R&S®FPC-B3	1328.6683.02
Векторное измерение характеристик отражения	R&S®FPC-K42	1328.7396.02
Блок калибровки, однопортовый, от 2 МГц до 4 ГГц	R&S®ZN-Z103	1321.1828.02

 $R\&S^{\scriptsize \odot}$ является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG Фирменные названия являются торговыми знаками их владельцев PD 3608.2565.98 | Версия 01.00 | июня 2020 г. (jr) Проверка импеданса ВЧ-порта Данные без допусков не влекут за собой обязательств | Допустимы изменения © 2020 Rohde & Schwarz GmbH Co. KG | 81671 Мюнхен, Германия

