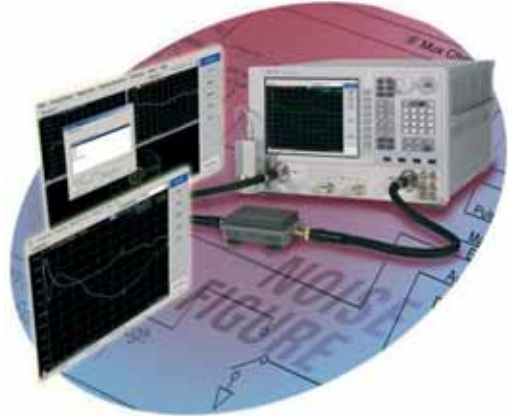


Nuevas arquitecturas y calibraciones en analizadores de redes: midiendo más allá de los parámetros S

Héctor Carreño, ingeniero de aplicaciones RF/MW.
División de Test & Medida de Agilent Technologies



Agilent Technologies



En la actualidad nos enfrentamos a un gran número de retos a la hora de medir dispositivos y sistemas de RF/ microondas en entornos de I+D y fabricación. Para ambos escenarios es indispensable disponer de equipos de test y medida rápidos, precisos, flexibles y altamente integrados; que permitan desarrollar diseños de forma concisa y con el menor número de iteraciones posibles, logrando así reducir el tiempo y coste de las medidas, y en consecuencia aumentar el rendimiento del equipo.

Todo esto es posible gracias a la arquitectura avanzada de los analizadores de redes de Agilent Technologies, que además de mejorar las prestaciones actuales del mercado, permiten ser configurados para un gran número de medidas que van más allá de los tradicionales parámetros S.

Características como doble fuente integrada de gran pureza espectral, test-set configurable (conmutadores, combinadores, acceso directo a puertos...), receptores de ruido, generadores y moduladores de pulso y offset en frecuencia, entre otros, crean un nuevo concepto de equipo: analizador vectorial de redes no lineales (NVNA - *Non-linear Vector Network Analyzers*). Los NVNA permiten al usuario conmutar entre medidas de parámetros S en onda continua, parámetros S pulsados, compresión de ganancia y conversión AM-PM, medida de distorsión armónica, productos intermodulación, parámetros S en caliente (Hot S22), modo diferencial puro y mixto, figura de ruido con corrección de fuente utilizando un calibrador electrónico como sintonizador de impedancias, extracción de parámetros X que modelan de forma precisa el comportamiento de redes no lineales para utilizarlo en simulación (análogos a los parámetros S en redes lineales); en definitiva ofreciendo en un único equipo y conexión, múltiples medidas.

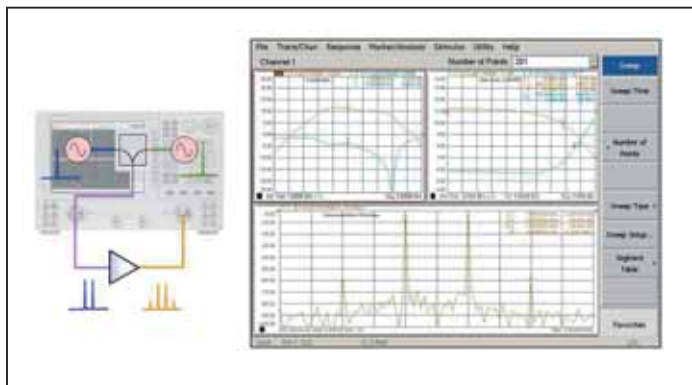
Técnica de calibración óptima

Para lograr una medida precisa no sólo es indispensable tener un analizador de redes de altas prestaciones, sino que la técnica de calibración que elimine los errores sistemáticos debido a la propia arquitectura interna, deberá ser la óptima para el dispositivo que se desea testear. Mediante una corrección de errores vectorial, donde se miden diferentes estándares eléctricos conocidos, corregiremos los errores sistemáticos presentes en nuestro analizador de redes para las subsiguientes medidas.

Los estándares eléctricos pueden ser mecánicos o electrónicos. Normalmente para medios coaxiales los estándares mecánicos son líneas de transmisión acabadas en circuito abierto, cortocircuito, carga adaptada y transmisión entre puerto de entrada y salida; mientras que los estándares electrónicos son impedancias complejas arbitrarias. Esta clase de corrección de errores vectorial se conoce como SOLT-*Short Open Load Thru*, y tiene un modelo de ecuaciones de error que consta de 12 términos. Existe otra clase de calibración conocida como TRL-*Transmission Reflect Line*, desarrollada para aquellos casos en los que aplicar una calibración SOLT no es viable, a menos que se disponga de una estación de sondas. La clase TRL utiliza como estándares eléctricos una línea de transmisión de longitud cero (T) entre puertos del analizador, una línea de transmisión de desadaptación total (R) para cada uno de los puertos del analizador y una última línea de transmisión (L) que tiene que cumplir una serie de requisitos frente al estándar Thru (T). Cumpliéndose únicamente en un margen de frecuencias, calibración en banda estrecha.

El modelo de error de la clase TRL es algo más complejo que el de la SOLT ya que trata cada uno de los conectores del analizador de redes como una matriz de cuatro puertos y por tanto un modelo de ecuaciones de error de 16 términos. Sin embargo en muchas aplicaciones, por ejemplo coaxial y guía de onda, está demostrado que hay 8 términos de error asociados a aislamiento que pueden ser menospreciados; reduciendo de esta manera el modelo de error a 8 términos.

El punto interesante de la clase TRL es que al realizar la calibración hacemos 10 medidas y sólo tenemos 8 incógnitas, por lo que no es necesario especificar el coeficiente de reflexión complejo del estándar R y la constante de propagación del estándar L. Ésta es la gran ventaja que presenta la clase TRL frente a la SOLT,



Ejemplo de medidas realizadas con el analizador de redes Agilent PNA-X; mostrando simultáneamente los parámetros S, compresión y distorsión, de un amplificador

donde la precisión de la calibración reside en cómo de bien definidos estén los estándares eléctricos.

Para mejorar en la medida de lo posible el error residual después de realizar una calibración SOLT, hay que ajustar al máximo los errores de desviación que existen entre los estándares que conectamos y su modelado eléctrico con un polinomio de orden tres. Se suele dividir el margen frecuencial en bandas y modelar cada estándar con un polinomio de orden tres en cada una de las bandas, ajustando el modelado de dicho estándar al comportamiento real. Otro método más preciso es utilizar kits de calibración basados en datos. Dichos kits consisten en dar la respuesta en frecuencia para cada uno de los estándares que forman el kit, por tanto cada uno tendrá diferente definición, ya que en el proceso de fabricación es difícil obtener dos estándares idénticos.

Por supuesto aún podemos seguir mejorando la precisión de nuestra calibración SOLT, si utilizamos más de tres estándares para cada frecuencia y damos un peso ó importancia a cada uno de ellos, en función del valor a esa frecuencia. Obteniendo de esta manera una sobredeterminación de la solución de los términos de reflexión para cada uno de los puertos del analizador.

Por ejemplo, si utilizamos un kit de calibración con carga deslizante, tenemos cuatro estándares eléctricos. Sabiendo que la carga fija se comporta mejor a bajas frecuencias y que la carga deslizante es óptima a frecuencias superiores, ponderamos con un peso superior a la carga fija a bajas frecuencias frente a la carga deslizante y viceversa para frecuencias superiores. También se pondera con mayor importancia el cortocircuito frente al circuito abierto dado por ser más preciso, ya que la longitud eléctrica efectiva del circuito abierto dependerá de la frecuencia y la radiación de señal sufrida en el extremo por la capacidad parásita que modela dicho circuito abierto y sin embargo, la inductancia que modela el cortocircuito es más sencilla y precisa de modelar.

Este método se conoce como calibración expandida y el cálculo para asignar los pesos específicos para cada estándar en función de la frecuencia se denomina *Weighted Least Squares*, patentado por Agilent Technologies. También es utilizado en calibradores electrónicos, donde se presentan más de tres impedancias arbitrarias por puerto; gracias a ello y la reducción del número de conexiones y control de la temperatura, podemos decir que los calibradores electrónicos presentan una precisión superior que muchos de los kits mecánicos.


Estándar Thru

Agilent Technologies dispone de un amplio abanico de calibraciones para cada uno de los desafíos a los que nos enfrentamos actualmente, desde medir dispositivos no insertables hasta medidas absolutas y relativas en dispositivos conversores de frecuencia. Por ejemplo para dispositivos no insertables existe una calibración donde se puede utilizar un Thru desconocido. Esta clase es conocida como SOLR, siendo R *Reciprocal Thru*, y se puede utilizar cualquier estándar Thru que sea recíproco ($S_{21}=S_{12}$). La clase SOLR, que utiliza los estándares SOL para caracterizar los errores sistemáticos de cada uno de los puertos del analizador, utiliza las ecuaciones de error de la clase TRL para estimar las características eléctricas de dicho Thru desconocido.

Con este método es factible utilizar una línea de transmisión de longitud arbitraria o incluso el propio dispositivo como estándar Thru en el proceso de calibración. Esta técnica facilita la calibración al usuario a la vez que presenta una excelente precisión cuando no se dispone de un estándar Thru caracterizado, evitando así tener que utilizar otras técnicas como la extracción de adaptador (*adapter removal*) donde el error residual es mayor debido a las múltiples conexiones a realizar. Otro escenario sería un dispositivo de longitudes físicas elevadas o con puerto de entrada y salida no alineados. En estos casos se minimiza el error residual debido al movimiento de los cables, dado que existe un desplazamiento del plano físico donde se ha realizado la calibración.

El mismo concepto también se emplea para la caracterización de dispositivos multipuerto, donde en esta ocasión, se utiliza un Thru conocido y los estándares SOL para caracterizar un único puerto del analizador y obtener matemáticamente los errores sistemáticos asociados al resto de puertos del analizador. Esta técnica es conocida como QSOLT - Quick SOLT, ya que reduce considerablemente el número de conexiones y por lo tanto el error residual en la calibración debido a la reproducibilidad de los conectores. Por ejemplo, en una calibración a 4 puertos, una SOLT necesitamos 15 conexiones frente a 6 en una QSOLT.

Finalmente, en cuanto a dispositivos conversores de frecuencia se refiere, Agilent Technologies posee patentes para técnicas de calibración tanto escalares (SMC) como vectoriales (VMC). La calibración SMC ofrece medidas de conversión de modo extremadamente precisas, combinando simultáneamente calibraciones en potencia y calibraciones vectoriales. En la calibración VMC se inserta un mezclador de referencia en el camino hacia los receptores que proporciona la referencia de fase. Un segundo mezclador,

denominado de calibración que actúa como thru, permite junto con el kit de calibración corregir el conjunto analizador y mezclador de referencia. Como resultado se obtienen, con la mayor precisión del mercado y sin el uso de atenuadores en la medida, medidas absolutas de amplitud y fase en transmisión y reflexión sobre cualquier tipo de convertidor de frecuencia. 



Héctor Carreño (izquierda) y Sergio Serrano, ingenieros de aplicaciones de RF/MW de Agilent España. El el pasado día 18 de septiembre en Barcelona impartieron unas jornadas en las que trataban el tema de este artículo publicado por E&C

Actualmente la imagen es lo que cuenta



Para distribuir una red audiovisual basada en un punto de vista funcional y económico, Hubbell fabrica componentes A/V, bajo la denominación del sistema InfinStation en dos formatos: keystone que se ajusta a placas, paneles y cajas multimedia y módulos compactos para empotrar.

IRYDA

Implantación de Redes y Distribución avanzada
Rambla de la Muntanya, 48
08041 Barcelona (España)
Tel. 93 450 96 79 • Fax. 93 456 69 59
www.iryda.com

