Precisión de amplitud absoluta en los nuevos analizadores de espectros de barrido

Por Joe Gorin, Agilent Technologies, Inc.

Agilent Technologies
www.agilent.com

Acerca del autor.
Joe Gorin es ingeniero superior de la División de análisis de señal de Agilent Technologies, Inc. En 1974 obtuvo un SBEE y un SMEE por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y desde entonces ha trabajado para Agilent y su compañía predecesora. Actualmente está especializado en algoritmos

El analizador de espectros es la herramienta de medida más común de los ingenieros de RF/microondas, y las medidas de potencia de la señal son quizá las que más frecuentemente se realizan con esta herramienta. Sin embargo, cuando es esencial conseguir una precisión absoluta, la mejor herramienta para la mayoría de los usuarios ha sido la venerable pareja formada por un medidor de potencia y un sensor de potencia. Tienen una ruta de trazabilidad corta y bien caracterizada que se extiende hasta las referencias de los laboratorios nacionales de normalización. En los últimos años, algunos de los nuevos analizadores de espectros han conseguido una mejora de factor diez en la precisión de la amplitud y pueden aproximarse ahora a la medida de potencia (aunque sin superarla en ningún caso) para conseguir una precisión absoluta.

¿Qué precisión ofrecen los nuevos analizadores de espectros y cómo debe interpretar sus especificaciones el ingeniero? En este artículo se analizarán los términos de error en la precisión de amplitud relativa y absoluta, las manifestaciones garantizadas y estadísticas de estas incertidumbres y cómo varía la precisión según la combinación de precio y rendimiento del producto.

Perspectiva histórica

Los primeros analizadores de espectros eran máquinas completamente analógicas, desde el conector de entrada hasta el dispositivo de visualización. Las consideraciones sobre precisión incluían la capacidad del usuario para "ojear" los resultados y a veces se empleaban lápices de cera como primitivo método de almacenamiento de trazas.

Los primeros analizadores de espectros de pantalla digital se introdujeron en los años setenta, con los modelos HP (ahora Agilent) 8566A y 8568A entre los ejemplos más precisos y populares para microondas y RF. Ofrecían pantallas digitales y lecturas de marcador digital y constituían la primera oportunidad para conseguir alta precisión. La señal al final de la cadena analógica era el resultado filtrado (y unipolar) de detectar el nivel de IF y, por tanto, era directamente proporcional a la amplitud de la señal en el ancho de banda de resolución seleccionado (véase la Figura 1). Se llamaba la señal de "vídeo" porque tenía las placas de desviación de vídeo del eje Y de anteriores analizadores de espectros completamente analógicos. La señal se convertía de analógica a digital para su almacenamiento y visualización sin utilizar persistencia de CRT, lo que permitía la comunicación con usuarios remotos. Ahora era viable una mayor precisión. Las medidas eran coherentes porque ya no se necesitaba la capacidad del usuario para discernir los resultados.

Sin embargo, los circuitos de IF de los analizadores de espectros estaban sujetos a una variación considerable en sus ganancias e incluso en sus frecuencias centrales y anchos de banda. El amplificador logarítmico que permitía pantallas con escala de decibelio también presentaba considerables errores.

En 1989 se lanzó el HP 8560A, que constituye el primer analizador de espectros de barrido de uso general en el que el convertidor de A/D subió en la cadena de procesamiento para digitalizar la propia señal de IF en lugar de su magnitud detectada (la señal de vídeo). En este instrumento, el filtrado, la detección y la conversión logarítmica se realizaban digitalmente, pero sólo en los anchos de banda de resolución más estrecha (de 1 a 300 Hz) y sólo con procesamiento FFT.

Los avances en tecnología de ADC y de procesamiento de señales en los años noventa permitieron obtener finalmente una estructura de IF totalmente digital en algunos analizadores de espectros de barrido, empezando con los de gama más alta en precio y rendimiento. Por ejemplo, los analizadores de espectros de la serie PSA de Agilent, introducidos a finales de 2000, incluían procesamiento digital para anchos de banda de todas las resoluciones. El procesador de señales digitales (DSP) suministraba 160 opciones para ancho de banda de resolución (de 1 Hz a 8 MHz) en modo de análisis de barrido y FFT. En los últimos tiempos se han suministrado estos avances digitales a precios más económicos en analizadores como la Serie X de Agilent (MXA en 2006 y EXA en 2007).

A pesar de que la perfecta coherencia del procesamiento completamente digital ha mejorado las especificaciones de IF en un orden de magnitud en comparación con la generación anterior, la ruta de las señales de RF

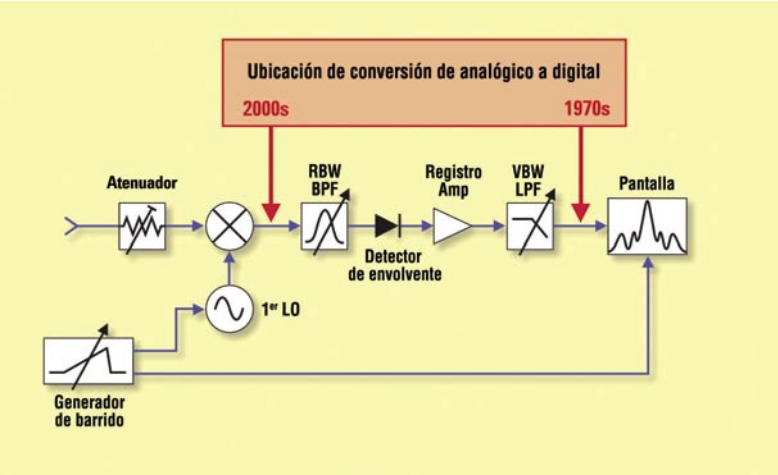


Figura 1. Diagrama de bloques funcionales de un analizador de espectros de barrido. Observe que la ubicación (flechas rojas) de la conversión de la señal recibida de la representación analógica a digital ha subido la cadena de señales para acercarla a la entrada del analizador. El incremento en el uso de tecnología digital para el procesamiento de señales (realizando las funciones en el área sombreada en rojo) ha proporcionado una precisión de amplitud espectacularmente superior.

sigue teniendo ganancias que varían con el tiempo y la temperatura. Afortunadamente, se pueden minimizar los efectos de estas variaciones y mejorar la precisión gracias al uso de una referencia de amplitud interna de 50 MHz, tal como se describirá más adelante.

El factor fundamental en la mejora de la precisión de los analizadores de espectros ha sido la IF completamente digital. Otro factor son los alineamientos de fondo. Los elementos de procesamiento de señales analógicas de RF y, especialmente, de IF pueden caracterizarse regularmente con señales de referencia, por ejemplo, durante el trazado (el tiempo en que el LO se reasienta después de un barrido en preparación para el siguiente barrido).

Precisión absoluta frente a relativa

Hay dos tipos de precisión de amplitud: absoluta y relativa. La diferencia entre ambas puede resultar confusa, dados sus nombres, pues la precisión absoluta también es relativa. La precisión absoluta es la precisión relativa a una norma establecida por un laboratorio nacional de normalización, como el NIST (Instituto Nacional de Normas y Tecnología de EE. UU.). La precisión relativa es la precisión de la relación entre dos medidas, con independencia de la trazabilidad de su precisión individual respecto al NIST.

La precisión absoluta resulta útil para medir dispositivos en relación con requisitos establecidos. Por ejemplo, un amplificador de potencia de RF puede estar especificado para sus errores cuando produce una determinada potencia absoluta.

La precisión relativa constituye a menudo un excelente sustituto de la precisión absoluta. Por ejemplo, en un sistema de prueba con cables y conmutadores, la precisión absoluta en un puerto del sistema debe caracterizarse debido a las pérdidas del sistema, lo que hace que la precisión absoluta del analizador de espectros sea discutible y la estabilidad de la respuesta del analizador, la característica esencial.

Términos de error en precisión

La precisión de un analizador de espectros es óptima cuando la señal que se está midiendo se encuentra en el mismo nivel y frecuencia que el oscilador de referencia de amplitud (a menudo llamado el "calibrador") del analizador de espectros. La precisión también se optimiza cuando el calibrador se caracteriza con los mismos ajustes de medida (la configuración más importante, que debe ser igual que RBW, VBW y tiempo de barrido) que con los que se mide la señal. Esos ajustes se pueden denominar la "condición de referencia".

Por ejemplo, cuando se realizan nuevas medidas con un nivel de señal diferente, el cambio en la respuesta en relación con la condición de referencia se llama error de "fidelidad de la escala". Otros ajustes que pueden cambiar son el ancho de banda de resolución ("incertidumbre de conmutación de RBW"), el atenuador de entrada (incertidumbre de conmutación del atenuador), el nivel de referencia (precisión del nivel de referencia o incertidumbre de ganancia de IF) y la escala de visualización (incertidumbre de conmutación de la escala de visualización).

Con una IF completamente digital, los dos últimos pueden considerarse cero. Otra característica de algunos diseños de IF completamente digitales es que la fidelidad de la escala puede pasar a ser dependiente del nivel del mezclador de entrada (potencia de entrada menos atenuación) y a ser independiente del nivel de referencia. Esta característica permite que la precisión sea independiente de la conveniencia de la presentación en pantalla y de las preferencias del usuario.

Cómo conseguir precisión

El desafío a la hora de conseguir una excelente precisión de amplitud absoluta consiste en trazar los resultados hasta llegar a una norma de referencia, como la que mantiene el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) de EE. UU. Aspectos centrales de dicha trazabilidad son el medidor de potencia y el sensor de potencia.

Medidores de potencia/sensores de potencia

Estos dispositivos llevan el peso principal en la metrología de RF. El análisis de su trazabilidad nos ayudará a conocer mejor los analizadores de espectros e ilustrará la conveniencia del uso de estos dispositivos o de los analizadores de espectros.

La práctica más habitual en un entorno de producción consiste en disponer de una serie de estos sensores y medidores calibrados regularmente. En este contexto, la calibración consiste en comparar los resultados del sensor de potencia con otro dispositivo de medida de precisión conocida. Este otro dispositivo podría estar en el laboratorio de metrología (también llamado "laboratorio de calibración") de las instalaciones de producción o podría contratarse la calibración a otra empresa. El elemento de referencia con el que se calibra el sensor (la "norma de transferencia") será generalmente otro dispositivo que, a su vez, se calibra frente a un estándar NIST, que es una norma primaria. Cada paso que nos alejemos del estándar NIST suele implicar prácticas de calibración menos laboriosas (y, por tanto, caras). El inconveniente de cada paso adicional es la acumulación de incertidumbre.

Resulta poco práctico calibrar periódicamente un analizador de espectros a través de este proceso, dado su elevado precio, peso y dimensiones. Por tanto, los analizadores de espectros se calibran en relación con medidores y sensores de potencia, añadiendo un nivel más de incertidumbre a su trazabilidad.

Calibrador de RF

Cuando se utiliza un medidor/sensor de potencia sobre el terreno, debe calibrarse periódicamente, por ejemplo, empleando una salida de "calibrador" de amplitud de referencia en el medidor de potencia. Se trata de un oscilador de 0 dBm y 50 MHz con excelente estabilidad, incluida una variación de menos de ±0,04 dB con extremos de temperatura de 0 y 55 °C.

Del mismo modo, el analizador de espectros tiene un oscilador de referencia y ésta es la parte mejor calibrada del analizador de espectros. En el proceso de producción, la amplitud de esta referencia local se ajusta para que se acerque al máximo a su valor nominal. Por ejemplo, los analizadores de las series PSA, MXA y EXA de Agilent utilizan calibradores de −25 dBm y 50 MHz.

¿Por qué esta elección?

Si bien no está muy extendida en el sector de los analizadores de espectros, la frecuencia de 50 MHz

ofrece ventajas para la precisión. Cuando se ajusta el oscilador, en última instancia se compara con otra referencia utilizando un medidor/sensor de potencia, que también tiene una frecuencia de referencia de 50 MHz. Con frecuencias iguales no se aplica la incertidumbre respecto a la frecuencia del sensor de potencia, mejorando la precisión.

También se ha optimizado la selección de nivel de −25 dBm, aunque de forma menos crítica. 0 dBm sería ideal, ya que igualaría el nivel del calibrador en el medidor de potencia. Sin embargo, este nivel permitiría un mayor número de errores en el analizador de espectros, porque casi todos los analizadores de espectros tienen un "nivel de mezclador" máximo (el nivel de entrada menos la atenuación de entrada) de −10 dBm. Los circuitos de RF e IF tenderán a experimentar una compresión pequeña, pero no despreciable (de 0,01 a 0,06 dB aproximadamente) a este nivel. Por tanto, el nivel de mezclador ideal para la calibración se situará por debajo de −10 dBm. El ajuste de referencia del atenuador de entrada es de 10 dB, por lo que el nivel ideal del calibrador se sitúa bastante por debajo de 0 dBm. El nivel ideal del calibrador deberá ser lo bastante alto para proporcionar una excelente relación señal-ruido en la condición de referencia. Un valor de −25 dBm cumple ambos requisitos.

Calibradores conmutados y cableados

Algunos analizadores de espectros tienen una salida de señal en el panel frontal con la etiqueta "Calibrador", mientras que en otros esta señal es interna. La conveniencia de un calibrador y un conmutador internos es sustancial, ya que el usuario no necesita desconectar su señal para calibrar el analizador. El analizador puede incluso utilizar el calibrador como parte de sus propios alineamientos internos. Asimismo, la incertidumbre en la pérdida del conector y del cable no contribuye a la incertidumbre del analizador.

Un calibrador interno presenta ciertas desventajas. Debe ajustarse utilizando métodos de sustitución de RF en lugar de la medida directa. Asimismo, la repetibilidad del conmutador empleado para conmutarlo al circuito añade incertidumbre al proceso de calibración. Afortunadamente, el conmutador emplea la misma tecnología que muchos conmutadores utilizados en todos los ajustes del atenuador. Por tanto, esta desventaja es menor en comparación con otras incertidumbres.

Definiciones diferentes de precisión de amplitud absoluta

La industria no se ha puesto de acuerdo en una definición de precisión de amplitud absoluta en un analizador de espectros. Como mínimo, la precisión del calibrador de RF puede llamarse "precisión de amplitud absoluta". Una definición más amplia podría incluir la precisión de la medida de un único nivel a una sola frecuencia. Las definiciones más amplias (y, por tanto, más ampliamente aplicables) incluyen un rango de niveles de señal, un rango de frecuencias de señal y un rango de ajustes de medida. En el resto de esta sección se analizará la definición empleada por el autor en su trabajo.

En resumen, puede decirse que la precisión de amplitud absoluta incluye dos conceptos sustancialmente independientes: precisión en la frecuencia de referencia (calibrador) y planicidad de RF relativa a esa frecuencia. A pesar de que son independientes, estos dos conceptos contribuyen de forma similar al error del analizador de espectros.

Término de frecuencia única

La precisión en la frecuencia del calibrador (que abreviaremos como AbsAmp@50 por la frecuencia de referencia de 50 MHz) incluye muchos términos descritos en la primera sección de este artículo. Son los siguientes:

- Fidelidad de la escala
- Incertidumbre de conmutación del ancho de banda de resolución
- Precisión del nivel de referencia
- Incertidumbre de conmutación de la escala de visualización

En esta parte de la precisión también se incluyen estos efectos:

- Precisión del calibrador, incluido su envejecimiento
- Precisión con la que el analizador alinea sus ganancias al nivel del calibrador

Asimismo, como en todas las especificaciones, necesitamos ampliar las especificaciones para estos efectos:

- Variación en la precisión según las condiciones medioambientales (fundamentalmente, temperatura ambiente)
- Incertidumbre del equipo empleado para verificar las especificaciones

Todos estos efectos se combinan de dos formas: para una especificación garantizada y para una especificación estadística. Analicemos en primer lugar la especificación garantizada.

En la práctica, los mejores analizadores con IF completamente digitales presentan errores pequeños y aleatorios. Por tanto, podría esperarse que los errores se combinen de tal forma que su suma sea inferior a la suma del peor de los casos. El autor suele comprobar AbsAmp@50 empleando un conjunto cuasialeatorio de 44 condiciones de prueba.

Estas condiciones comprueban diversos niveles de señal, RBW, niveles de referencia, escalas de visualización y también recorridos y FFT frente a opciones de barrido. Todos estos puntos de prueba se comprueban con un "límite de línea de prueba" (TLL). El TLL se calcula a partir de la especificación garantizada restando los efectos del "entorno delta" y de la "incertidumbre de las medidas".

El entorno delta se determina observando los cambios en el rendimiento de un reducido número de instrumentos piloto en el rango de temperatura y humedad especificado. Cuando se especifica AbsAmp@50 en un rango más limitado, la banda de protección del entorno delta se calcula asumiendo variaciones con temperatura en ningún caso peores que las variaciones lineales.

La incertidumbre de las medidas es la incertidumbre calculada del equipo externo (medidores de potencia, sensores de potencia, puentes, efectos VSWR) según su configuración en la prueba. De acuerdo con la práctica del sector y las normas ISO, este cálculo se realiza utilizando un intervalo de confianza del 95%.

Trataremos este asunto más adelante, después de analizar la planicidad de RF.

Planicidad de RF

La planicidad de RF relativa a 50 MHz se establece a través del proceso de ajuste y verificación con los medidores y sensores de potencia. En primer lugar se produce el proceso de ajuste. Medimos la respuesta del analizador a una señal a 50 MHz y la respuesta no corregida en la frecuencia que se desea ajustar. Comparamos la relación de respuesta con la observada con un sensor de potencia calibrado. Almacenamos las relaciones de respuesta en el analizador y las aplicamos a todos los resultados medidos en estas frecuencias; después interpolamos a frecuencias entre estos puntos de ajuste.

A continuación realizamos la verificación. Una vez más, comparamos los resultados, en este caso utilizando el analizador con corrección de amplitud, usando un sensor de potencia y un medidor de potencia diferentes en otra estación de prueba. Comprobamos que las frecuencias de verificación se encuentran entre las frecuencias de ajuste, no por encima de ellas.

Los resultados de la verificación se comprueban con el límite de línea de prueba. Como en el caso de AbsAmp@50, se añade banda de protección para los efectos del entorno delta y la incertidumbre de las medidas. La precisión de amplitud absoluta en el peor de los casos es la suma de AbsAmp@50 y la planicidad relativa a 50 MHz.

Las gamas de analizadores de espectros de barrido más avanzadas tienen cobertura de frecuencias en la región de microondas, con cobertura en un rango de bandas de mezcla de armónicos, tal como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 2. La más baja de estas bandas es la Banda 0 (llamada informalmente "banda baja") e incluye conversión de subida como primera operación de mezcla. La precisión más alta se produce en banda baja, porque la conversión de subida permite rechazar imágenes sin utilizar un filtro de paso banda con ajuste YIG, que suele emplearse en banda alta. Estos filtros con ajuste YIG tienen inestabilidades que incrementan las incertidumbres de amplitud absoluta a un nivel muy por encima de la capacidad de los sensores de potencia. Por tanto, este artículo se centra en la precisión de amplitud de banda baja.

Especificaciones estadísticas

Hay buenas razones para emplear especificaciones estadísticas en lugar de especificaciones garantizadas, especialmente en este caso. Pero, en primer lugar, veamos las ventajas y los inconvenientes que plantea.

Una especificación estadística, como el intervalo del 95% con una confianza del 95%, es la norma de los procesos de fabricación conformes con ISO. Naturalmente, dichas especificaciones son más estrictas (las bandas de error son más estrechas) que las especificaciones garantizadas. Resultan particularmente útiles para comparar diferentes instrumentos de un mismo fabricante y podrían ser interesantes para realizar comparaciones entre fabricantes diferentes. Representan el rendimiento del instrumento sin la distracción de realizar concesiones entre productividad y exigencias de la especificación. Un inconveniente es que el fabricante no garantiza que un instrumento se encuentre dentro de una especificación de este tipo. De hecho, se calcula que casi el 5% de todos los instrumentos producidos se encuentra fuera de la especificación.

Una especificación 95/95 puede recibir muchos nombres. Lo que queremos decir aquí es que hay una cobertura del 95% (el 95% de todos los instrumentos producidos se encuentran dentro del intervalo) con una confianza del 95%. Si el tamaño de la muestra empleada es infinitamente grande, el 95% de estos dispositivos se ajustará a un intervalo que es 1,96 veces más amplio que la desviación estándar. Si el número de instrumentos empleado para establecer la especificación 95/95 es más pequeño, la estimación de la desviación estándar se somete a incertidumbres. El multiplicador de la desviación estándar estimada (llamado factor K) debe aumentar por encima de 1,96 para garantizar con un 95% de confianza que la manifestación resultante del 95% de cobertura sea precisa. De este modo, términos como "intervalo del 95%" y "confianza del 95%" se emplean a menudo para esta especificación.

En precisión absoluta, la especificación 95/95 se calcula con una combinación de sumas directas y raíces cuadradas de las sumas de los cuadrados de los numerosos factores que contribuyen a los errores, tal y como se indica a continuación.

Las medidas de AbsAmp@50 tienen una distribución gaussiana. Son independientes de las medidas de planicidad de RF relativa a 50 MHz. Por tanto, podemos evaluar las desviaciones estándar de cada conjunto y obtener la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados para conocer la desviación estándar de la combinación.

El efecto de la incertidumbre de las medidas en la especificación 95/95 merece una explicación. Como ya hemos visto, la incertidumbre de las medidas se añade directamente al rendimiento observado a la hora de verificar el cumplimiento de las especificaciones garantizadas. Vamos a estudiar dos casos para decidir qué tratamiento aplicaremos a la incertidumbre de las medidas en las especificaciones 95/95.

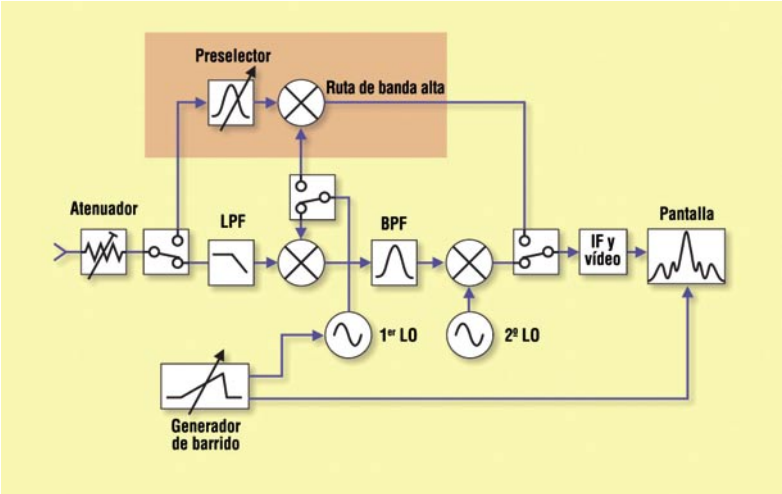


Figura 2. La ruta de "banda alta" del analizador de espectros (por encima de 3 GHz en este ejemplo, resaltado en rojo) utiliza un preselector YIG. La banda baja proporciona una estabilidad mucho mayor, debido en parte al uso de un filtro de paso bajo pasivo en lugar del filtro YIG.

Figura 3. Histograma del término de error de respuesta de frecuencia en una gama de analizadores de espectros

En un caso, como la fidelidad de la escala, la especificación es una medida del rendimiento que no se ajusta en respuesta a pruebas de ningún tipo. La incertidumbre de las medidas actúa en la práctica para distribuir los resultados observados. Cualquier manifestación de rendimiento del percentil 95 en tal caso resulta conservadora debido a la incertidumbre de las medidas. No se deberá seguir combinando con el rendimiento observado.

El otro caso puede ejemplificarse por la precisión del ajuste del calibrador de RF. El proceso de producción puede conseguir una distribución muy pequeña en el nivel observado de este calibrador, cuando se verifica con el mismo dispositivo empleado para ajustarlo. En este caso, deberá obtenerse la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la incertidumbre de las medidas y la distribución de datos observados para calcular con precisión la distribución estadística del rendimiento. Debemos hacer hincapié en este punto llamando a la incertidumbre de las medidas por otro nombre, como incertidumbre de la calibración o incertidumbre de la trazabilidad.

Este segundo caso describe bastante bien la observación de AbsAmp@50, por lo que deberá combinarse la incertidumbre de las medidas.

La planicidad de RF relativa a 50 MHz actúa como el primer y el segundo casos combinados. El hecho de que la planicidad se ajuste en una estación y se verifique en otra actúa para transmitir la incertidumbre de las medidas de la segunda estación en la distribución de los datos. Sin embargo, parte de la incertidumbre de las medidas —la parte que representa la trazabilidad de los sensores de potencia a NIST a través de un laboratorio de calibración— es común a ambas estaciones y no se ve en la distribución de los datos. Como hipótesis conservadora, modelamos toda la incertidumbre de medida calculada como si fuera esta "incertidumbre de la trazabilidad". A continuación, obtenemos la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los otros factores que contribuyen. La Figura 3 muestra un histograma de la planicidad observada en una gama de analizadores de espectros.

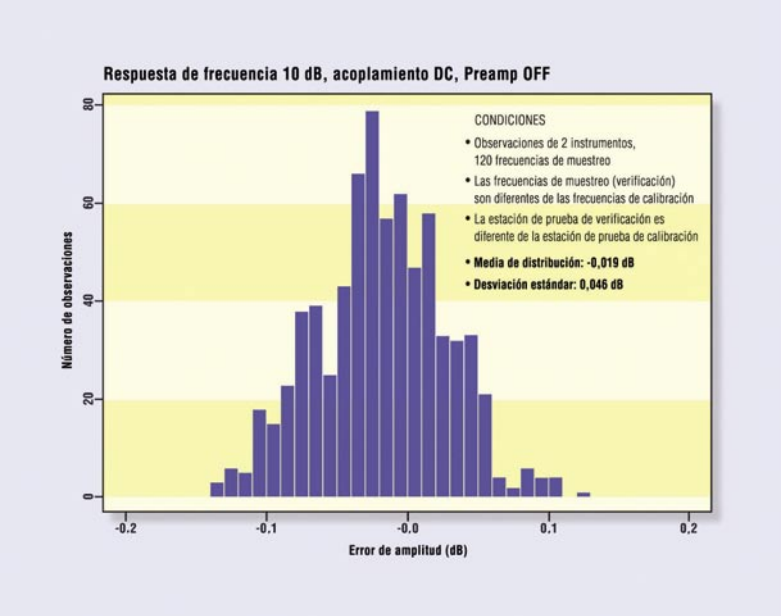


Figura 4A. La combinación de precisión de amplitud absoluta a 50 MHz con planicidad de RF relativa a 50 MHz

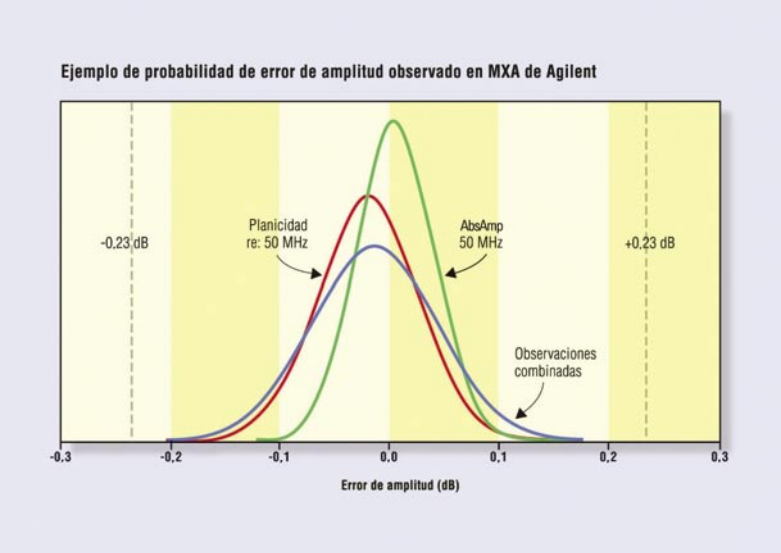
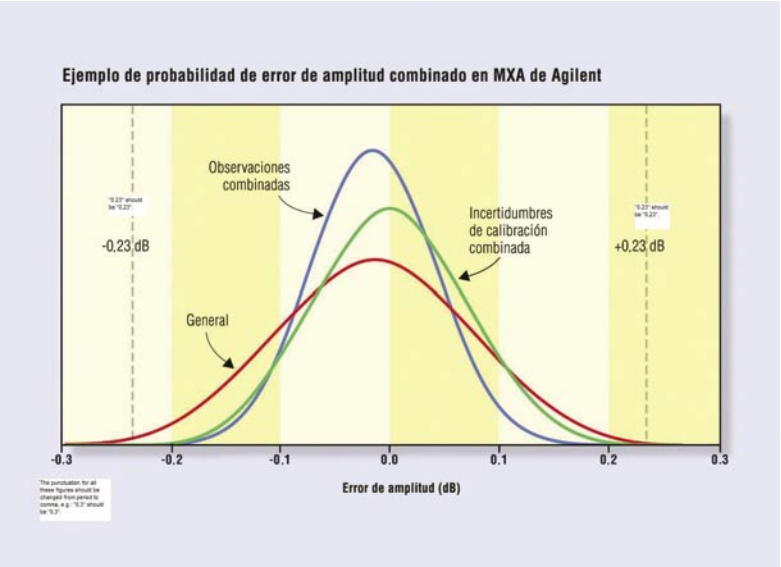


Figura 4B. Las incertidumbres de calibración se combinan con el rendimiento observado.



La Figura 4A muestra la combinación estadística de AbsAmp@50 con respuesta de frecuencia relativa a 50 MHz.

Resumen de los cálculos realizados hasta el momento

Hallamos la desviación estándar de las medidas de AbsAmp@50; combinamos ese valor con la desviación estándar de la planicidad de RF relativa a 50 MHz; multiplicamos esa combinación de rss por un factor K (alrededor de 1,98) para cambiar de desviación estándar a una expresión de intervalo del 95% con confianza del 95%; calculamos la incertidumbre de las medidas del 95% para la verificación de AbsAmp@50; calculamos la incertidumbre de las medidas del 95% para la verificación de planicidad de RF; combinamos estos tres elementos con un cálculo de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados. Este resultado intermedio no incluye otras fuentes de error.

La distribución de errores no es de media cero

Sumamos los errores medios hallados en AbsAmp@50 y el de la planicidad de RF. Sumamos el valor absoluto de esta suma al resultado intermedio.

La Figura 4B muestra la combinación del rendimiento observado con las incertidumbres de calibración.

El término "entorno delta" describe cómo cambia el rendimiento en un "entorno de laboratorio" de ±5 °C. No podemos asumir que la temperatura ambiente sea una variable aleatoria gaussiana. Por eso adoptamos una actitud conservadora y sumamos directamente el valor absoluto del entorno delta a nuestro resultado intermedio, haciendo que nuestra manifestación 95/95 sea igualmente aplicable a cualquier temperatura ambiente en el intervalo de 20 a 30 °C.

El coste de la precisión

La precisión tiene un coste económico. Aumenta los costes de fabricación e incluso los costes de diseño de un instrumento.

La especificación estricta de la precisión garantizada reduce la eficiencia en la fabricación y en la producción.

Por ello, los analizadores de menor coste y rendimiento tendrán mayores márgenes entre la precisión estadística 95/95 y la precisión garantizada, pues se necesita una alta productividad para mantener los costes bajo control.

La precisión estadística (la manifestación 95/95 de la precisión de amplitud absoluta) puede mejorarse utilizando más puntos de calibración en la región de RF. Sin embargo, al aumentar estos puntos aumenta el tiempo de las pruebas, lo que redunda en los costes de fabricación.

Para Agilent Technologies, los factores estadísticos y de costes guardan la relación mostrada en la figura 6.

Cabe destacar que los datos para los analizadores de "gama media superior" y "alto rendimiento" son considerablemente mejores que la norma anterior para esta medida de precisión, y un orden de magnitud superior a la generación anterior de analizadores de espectros.

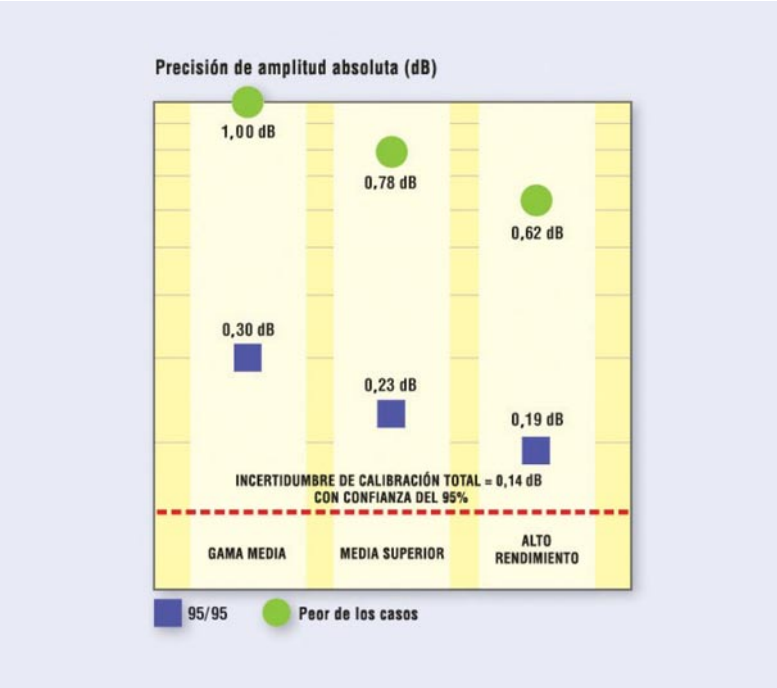


Figura 6. Relación entre los factores estadísticos y de costes

Resumen

La precisión de la amplitud en los analizadores de espectros ha mejorado hasta ponerse casi a la altura de la que se obtiene en los medidores de potencia, lo que convierte a esta herramienta en una solución de prueba más completa, proporcionando medidas de potencia muy precisas y selectivas de frecuencias. Si bien los analizadores de espectros de más alto rendimiento son los más precisos, incluso algunos analizadores de gama media pueden suministrar una precisión mucho mayor que la que podían esperar los usuarios de analizadores de espectros. Los procesos de trazabilidad aplicados descartan que los analizadores de espectros se pongan alguna vez a la altura de los medidores de potencia. Ω

Referencias

Read, Sherry L. y Read, Timothy R. C., "Statistical Issues in Setting Product Specifications...a primer on the use of statistics in specification setting," HP Journal, junio de 1988, pp 6-11.

Disponible en línea en http://www.hpl.hp.com/hpjournal/pdfs/IssuePDFs/1988-06.pdf