

ANALIZADORES DE ESPECTROS: MEDIDAS DE DISTORSION

Muchos de los circuitos que se usan en sistemas electrónicos se consideran lineales, lo que significa que para una entrada sinusoidal, la salida también es sinusoidal, aunque quizás con diferente amplitud y fase¹. En el dominio del tiempo, esperamos ver una forma de onda en la salida que tiene exactamente la misma forma que de onda de la señal de entrada. En el dominio de la frecuencia, veremos en la salida las mismas frecuencias que en la entrada. Cualquier otra frecuencia que aparece en la salida y no en la entrada y que se generan a partir de las señales de entrada se considera distorsión².

1. EL MODELO DE DISTORSION

Normalmente, la mayor parte de la distorsión medida con analizadores de espectros es de bajo nivel, es decir, los dispositivos que generan distorsión son fundamentalmente lineales y tienen solamente un comportamiento ligeramente no lineal. Estos sistemas casi-lineales se pueden modelar con una serie de potencias de la forma:

$$V_{out} = k_0 + k_1 V_{in} + k_2 V_{in}^2 + k_3 V_{in}^3 + k_4 V_{in}^4 + \dots \quad [E-1]$$

El primer coeficiente, k_0 , representa un *offset* de continua o DC en el sistema. El siguiente coeficiente, k_1 , es la ganancia del circuito asociada con la teoría de circuitos lineales. El resto de coeficientes, k_2 , k_3 , etc, representan el comportamiento no lineal del circuito. Si el circuito fuera completamente lineal, todos los coeficientes excepto k_1 , serían cero.

El modelo no lineal representado por la expresión E-1, se puede simplificar ignorando los términos k_3 y superiores. Para no linealidades pequeñas, el coeficiente k_n disminuye rápidamente a medida que crece n . Este modelo reducido es suficiente para la mayoría de las aplicaciones ya que los efectos de segundo y tercer-orden son los dominantes.

$$V_{out} = k_0 + k_1 V_{in} + k_2 V_{in}^2 + k_3 V_{in}^3 \quad [E-2]$$

2. SEÑAL DE ENTRADA DE UN TONO

La medida más simple de distorsión se hace introduciendo una señal pura de una sola frecuencia y medir el contenido en frecuencia de la señal de salida:

$$V_{in} = A \cos \omega t \quad [E-3]$$

La frecuencia angular, $\omega = 2\pi f$, donde f es la frecuencia en hertzios.

Introduciendo V_{in} en el modelo de distorsión obtenemos:

$$V_{out} = k_0 + k_1 A \cos \omega t + k_2 A^2 \cos^2 \omega t + k_3 A^3 \cos^3 \omega t \quad [E-4]$$

¹ Otra definición más formal de un sistema sin distorsión o lineal es aquel que tiene una función de transferencia constante en amplitud y lineal en fase.

² Las señales espurias no se incluyen ya que son generadas dentro del circuito o sistema y son independientes de la señal de entrada.

$$V_{out} = k_0 + k_1 A \cos \omega t + (k_2 A^2 / 2)(1 + \cos 2\omega t) + k_3 A^3 (3/4 \cos \omega t + 1/4 \cos 3\omega t) \quad [E-5]$$

Y agrupando términos:

$$V_{out} = k_0 + k_2 A^2 / 2 + (k_1 A + 3k_3 A^3 / 4) \cos \omega t + (k_2 A^2 / 2) \cos 2\omega t + (k_3 A^3 / 4) \cos 3\omega t \quad [E-6]$$

La expresión E-6 nos muestra una tensión de salida que contiene:

- Una componente de tensión continua (DC).
- La frecuencia original (fundamental).
- Su segundo y tercer armónico.

En el caso de que hubiéramos empleado un modelo de mayor orden, el análisis nos hubiera mostrado armónicos de mayor orden o frecuencia. Viendo la expresión E-6, se observa que la amplitud de la fundamental es afectada por el coeficiente no-lineal de tercer orden, k_3 . Del mismo modo, la componente DC de la ecuación es influenciada por el coeficiente de segundo orden. La componente fundamental es proporcional, principalmente, a A , el segundo armónico es proporcional a A^2 , y el tercer armónico es proporcional a A^3 .

Nuestro modelo de distorsión es algo limitado ya que es habitual que, para un dispositivo particular, no conozcamos todos los valores de k_0 , k_1 , k_2 y k_3 . Sin embargo, podemos inferir alguna información útil de este modelo. Consideremos lo que sucede cuando reducimos el nivel de señal, A . La componente fundamental se reducirá casi en proporción directa a la amplitud de la señal. Podríamos decir que la fundamental disminuye 1dB por cada dB de cambio en el nivel de la señal. El segundo armónico se reducirá con el cuadrado de A o en convirtiéndolo a dB:

$$20 \log(A^2) = 2(20 \log A) = 2 \cdot A \text{ dB} \quad [E-7]$$

Lo que significa que el segundo armónico variará 2dB por cada dB de cambio en la amplitud de la señal de entrada. Y del mismo modo, el tercer armónico tiene una amplitud proporcional a A^3 . Convirtiendo a dB:

$$20 \log(A^3) = 3(20 \log A) = 3 \cdot A \text{ dB} \quad [E-8]$$

Lo que significa que el tercer armónico disminuye 3 dB cada vez que reducimos 1 dB de la señal de entrada. Ver figura 1.

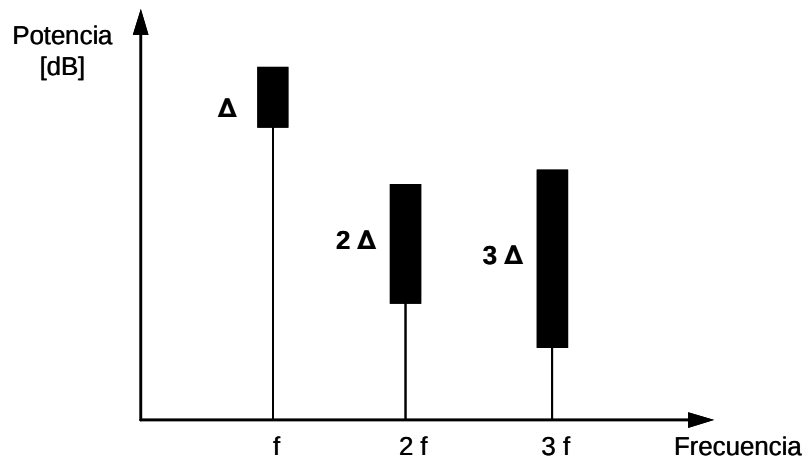


Figura 1. Distorsión Armónica. La componente de segundo-orden varía 2dB/dB de la fundamental. La componente de tercer-orden varía 3 dB/dB de la fundamental.

La figura 2 muestra el espectro típico de una señal que presenta una distorsión armónica. Una señal sinusoidal pura no tendría armónicos.

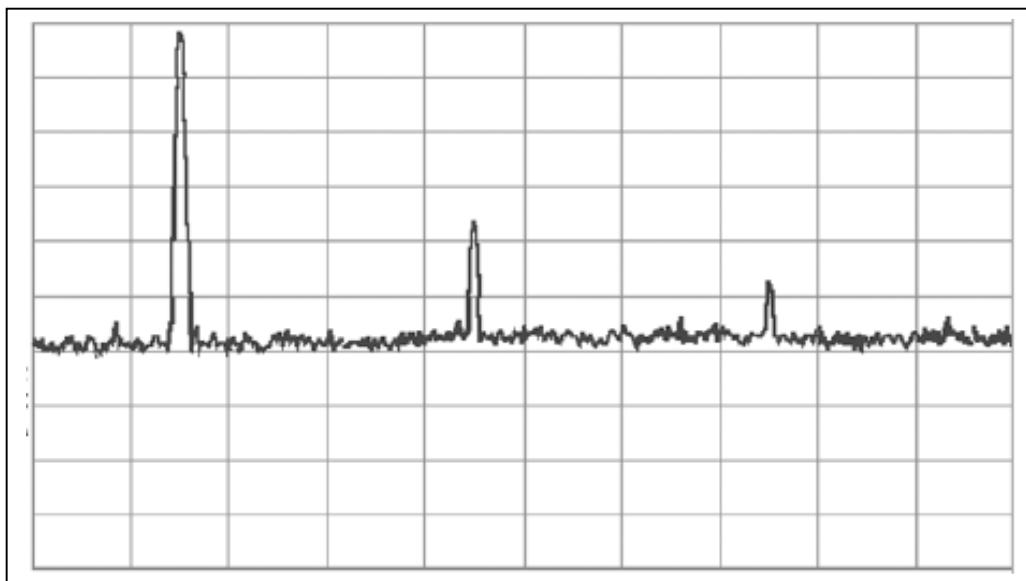


Figura 2. Medida de la distorsión armónica de una señal.

Cuando se utilizan analizadores de espectros de alta calidad se comprueba fácilmente que las señales puras, más bien casi puras, son muy escasas. Por ejemplo, un buen generador de señal o de funciones puede tener un tercer armónico que es 30 o 40 dB inferior a la fundamental. Cuando esta señal se ve en un osciloscopio parece que es pura ya que en el dominio de tiempo no podemos apreciar distorsiones pequeñas.

3. SEÑAL DE ENTRADA DE DOS TONOS

Otra señal típica utilizada en medidas de distorsión es una señal de dos tonos, es decir:

$$V_{in} = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t \quad [E-9]$$

Usando nuestro modelo de distorsión:

$$V_{out} = k_0 + k_1 V_{in} + k_2 V_{in}^2 + k_3 V_{in}^3 \quad [E-10]$$

El resultado tiene la forma de:

$$\begin{aligned} V_{out} = & c_0 + c_1 \cos \omega_1 t + c_2 \cos \omega_2 t + c_3 \cos 2\omega_1 t + \\ & + c_4 \cos 2\omega_2 t + c_5 \cos 3\omega_1 t + c_6 \cos 3\omega_2 t + \\ & + c_7 \cos(\omega_1 t + \omega_2 t) + c_8 \cos(\omega_1 t - \omega_2 t) + \\ & + c_9 \cos(2\omega_1 t + \omega_2 t) + c_{10} \cos(2\omega_1 t - \omega_2 t) + \\ & + c_{11} \cos(2\omega_2 t + \omega_1 t) + c_{12} \cos(2\omega_2 t - \omega_1 t) \end{aligned} \quad [E-11]$$

Donde $c_0, \dots, c_{12}$ son coeficientes determinados por k_0, k_1, k_2, k_3, A_1 y A_2 .

En este caso, además de los armónicos de dos tonos (como en el caso de la señal de un solo tono), aparecen también frecuencias suma y diferencia. A estas nuevas componentes de frecuencia se les denomina *Distorsión de Intermodulación (IMD)* porque resultan de dos tonos que se modulan conjuntamente. Las frecuencias presentes en la salida cumplen el siguiente criterio:

$$\omega_{nm} = |n\omega_1 \pm m\omega_2| \quad [E-12]$$

Donde n y m son enteros positivos tales que $n + m \leq 3$ ó, en magnitud de frecuencia:

$$f_{nm} = |nf_1 \pm mf_2| \quad [E-13]$$

Si expandimos el modelo de distorsión que hemos utilizado desde un tercer orden a un modelo de orden mayor, el límite en la suma $n + m$ se eleva en la misma proporción.

El orden de un componente de frecuencia particular es la suma de los valores n y m utilizados para obtener esa frecuencia. Por ejemplo, f_{12} y f_{21} son términos de tercer-orden y f_{20} y f_{11} son términos de segundo-orden. Como en el caso de un único tono, los términos de segundo-orden disminuyen 2 dB cuando el tono de entrada se reduce 1 dB, o lo que es lo mismo, los términos de segundo-orden disminuyen 2dB por cada dB de reducción de la amplitud de la señal de entrada. Los términos de tercer-orden caen 3 dB por cada dB de reducción de la señal de entrada y así sucesivamente para términos de orden superior.

Ejemplo 1

Asumiendo un modelo de distorsión de tercer-orden, ¿qué frecuencias estarán presentes en la salida si la señal de entrada es una señal de doble tono de 10.7 MHz y 10.8 MHz?

Las componentes de frecuencia a la salida vienen dadas por: $f = |nf_1 \pm mf_2|$

Para $n = 1$ y $m = 0$:

$$f_{10} = |10.7\text{MHz} \pm 0| = 10.7\text{MHz}$$

Para $n = 2$ y $m = 0$:

$$f_{20} = |2(10.7\text{MHz}) \pm 0| = 21.4\text{MHz}$$

Para $n = 3$ y $m = 0$:

$$f_{30} = |3(10.7\text{MHz}) \pm 0| = 32.1\text{MHz}$$

Para $n = 0$ y $m = 1$:

$$f_{01} = |0 \pm 10.8\text{MHz}| = 10.8\text{MHz}$$

Para $n = 0$ y $m = 2$:

$$f_{02} = |0 \pm 2(10.8\text{MHz})| = 21.6\text{MHz}$$

Para $n = 0$ y $m = 3$:

$$f_{03} = |0 \pm 3(10.8\text{MHz})| = 32.4\text{MHz}$$

Estas frecuencias corresponden simplemente a los tres primeros armónicos de los dos tonos de entrada. Ahora calculamos las sumas y diferencias:

Para $n = 1$ y $m = 1$:

$$f_{11} = |10.7\text{MHz} \pm 10.8\text{MHz}| = 0.1\text{MHz}, 21.5\text{MHz}$$

Para $n = 2$ y $m = 1$:

$$f_{21} = |2(10.7\text{MHz}) \pm 10.8\text{MHz}| = 10.6\text{MHz}, 32.2\text{MHz}$$

Para $n = 1$ y $m = 2$:

$$f_{12} = |10.7\text{MHz} \pm 2(10.8\text{MHz})| = 10.9\text{MHz}, 32.5\text{MHz}$$

El espectro de la señal de entrada se muestra en la figura 3. La amplitud de los diferentes componentes de frecuencia dependerá de los niveles de los dos tonos de entrada y de los coeficientes del modelo de distorsión.

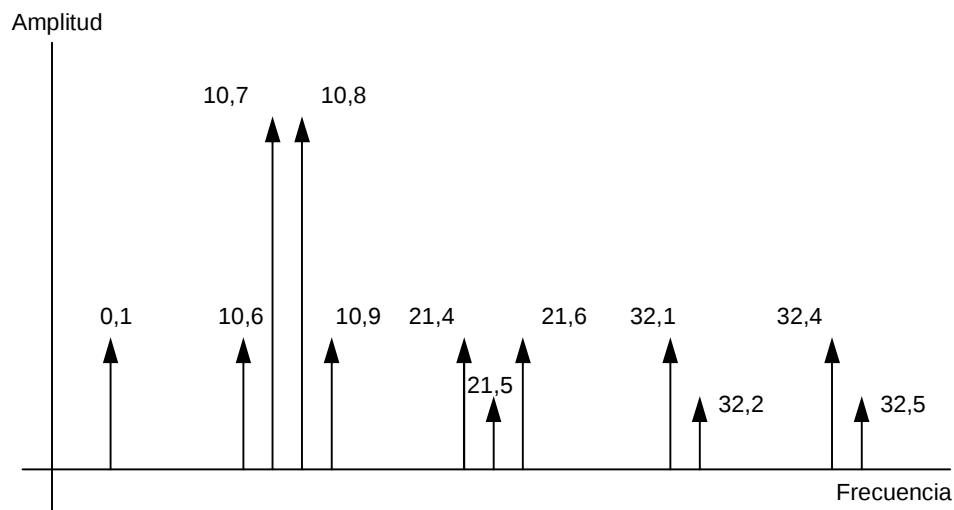


Figura 3. Espectro de una señal de dos tonos con sus productos de distorsión por intermodulación de tercer-orden.

Un examen de la figura 3 revela que las líneas espectrales tienden a formar cuatro grupos. La frecuencia $f_1 - f_2$ (0.1 MHz) está cerca de DC. El siguiente grupo lo forman aquellas componentes cercanas a la frecuencia fundamental (cerca de 10.7 MHz). El tercer grupo son los armónicos de segundo-orden (cerca de 21.5 MHz). El último grupo está formado por los armónicos de tercer-orden (cerca de 32.4 MHz) de los dos tonos originales. Dependiendo del sistema, algunos de estos componentes de distorsión se pueden despreciar puesto que se les puede filtrar en un algún punto. Por ejemplo, una etapa amplificadora de frecuencia intermedia (IF) será de banda estrecha centrada sobre los dos tonos. Los componentes

espectrales cercanos al segundo y tercer armónico se pueden filtrar fácilmente. En cambio, los componentes de distorsión próximos a los tonos originales (f_{21} y f_{12}) son más problemáticos porque están muy cerca de las frecuencias deseadas y por tanto más difíciles de eliminar. En general, los productos de intermodulación de orden-impar son los que más preocupan a los diseñadores de sistemas de radiofrecuencia, ya que los productos de distorsión caen dentro del ancho de banda del sistema o subsistema.

4. MODELOS DE ORDEN SUPERIOR

Hasta ahora, hemos limitado el número de los términos en el modelo de distorsión para obtener un comportamiento de tercer-orden. Incluso con un modelo tan simple, el cálculo de las componentes de frecuencia de la señal de salida es largo; expandiendo el modelo a órdenes más altos hace que la situación empeore. Afortunadamente, en muchas situaciones prácticas, el modelo de tercer-orden es suficiente.

Pero, ¿qué pasaría si el modelo de tercer-orden fuera insuficiente? Por ejemplo, podemos tener energía significativa en el quinto, sexto o séptimo armónico en una señal de un solo tono y el modelo de tercer-orden no mostraría estos armónicos. Se puede usar la aproximación analítica empleada anteriormente a costa de complicar las matemáticas. Otro planteamiento consiste en extrapolar los conceptos demostrados en el modelo de tercer-orden, incluso aunque no hayan sido probados rigurosamente. Así, las frecuencias generadas por el modelo de distorsión obedecen la regla $nf_1 \pm mf_2$, donde el valor máximo de $n+m$ es el orden del modelo. De esta forma es posible predecir los componentes de frecuencia de sistemas de orden superior sin unas matemáticas extensas.

5. EL CONCEPTO DE INTERCEPTACIÓN

Incrementando el nivel de señal en la entrada de un dispositivo casi lineal conlleva un incremento de los productos de distorsión en su salida. Además, estos productos de distorsión aumentan más rápido que la señal de entrada. La figura 4 muestra la potencia de salida con respecto a la potencia de entrada de la componente fundamental y las componentes de segundo y tercer orden. Para la componente fundamental, un aumento en la potencia de entrada produce un aumento lineal en la potencia de salida, en función de la ganancia del dispositivo. En un punto determinado, se produce una compresión de la ganancia y la potencia de salida de la fundamental no se incrementa de forma lineal con la potencia de entrada. La potencia de salida de los productos de distorsión de segundo orden también se incrementan con la potencia de entrada de la fundamental pero a un ritmo mayor. Recordar que, en nuestro modelo de distorsión, los términos de segundo orden cambian 2 dB por cada 1 dB de cambio en la fundamental. Por ello, en una escala logarítmica, la línea que representa la potencia de salida de segundo orden tiene una pendiente que es el doble de la pendiente de la potencia de la fundamental. Del mismo modo, los productos de distorsión de tercer orden cambian 3 dB por cada 1 dB de cambio en la fundamental, por tanto, la pendiente es tres veces mayor que la pendiente de la fundamental.

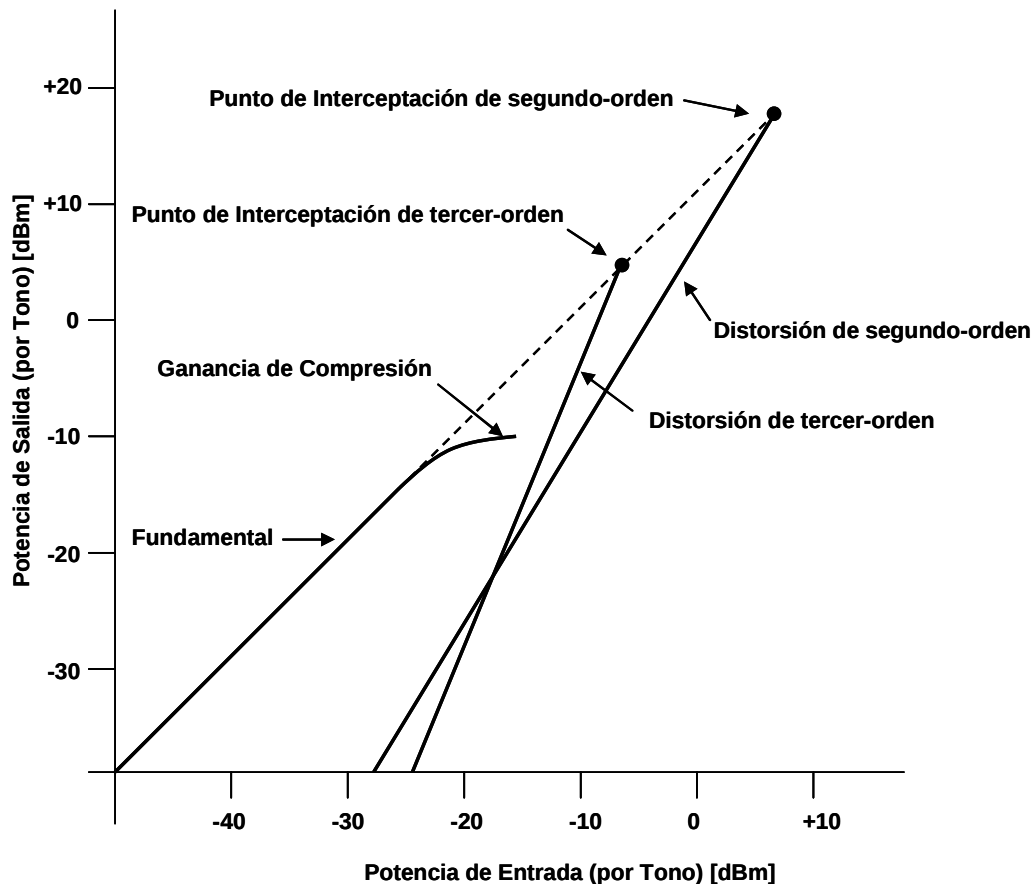


Figura 4. La representación de los niveles de potencia de la fundamental y los productos de distorsión de segundo-orden y tercer-orden ilustran el concepto de los puntos de interceptación.

Si no hubiera compresión en la ganancia, la potencia de la fundamental se podría incrementar hasta que alcanzase a los productos de distorsión de segundo-orden. Este punto de cruce se denomina *punto de interceptación de segundo-orden*. Los productos de distorsión de tercer-orden también se incrementan más rápido que la fundamental y las dos líneas se cruzarían en el *punto de interceptación de tercer-orden*. Es muy raro que estos dos puntos de interceptación se puedan medir directamente debido a la compresión de la ganancia que sufre la fundamental. La medida de estos puntos se realiza extrapolando medidas realizadas sobre la fundamental y los productos de distorsión a niveles de potencia inferiores a donde comienza la ganancia de compresión. Los puntos de interceptación se especifican normalmente en dBm y pueden estar referidos tanto a la entrada como a la salida, pero es muy importante especificar si se refieren a la potencia de entrada o a la potencia de salida. La diferencia entre los dos valores será la ganancia del dispositivo o sistema.

La utilidad del concepto de interceptación reside en especificar y predecir el nivel de distorsión de un sistema. Uno podría estar tentado en especificar la distorsión de un circuito o sistema directamente indicando los niveles de los productos de distorsión en dB relativos al nivel de la señal. Esto se puede hacer pero no tiene mucho sentido a menos que el nivel de la señal de entrada sea especificado. La distorsión de un circuito podría ser de -80 dB relativo a la señal de entrada mientras que en otro circuito la distorsión alcanzaría solamente -40 dB. Sin embargo estos valores no se podrían comparar excepto que se dieran para el mismo nivel de la señal de entrada. Los puntos de interceptación de segundo y tercer orden representan una medida de la distorsión con independencia del nivel de la señal de entrada. Por tanto, la distorsión de dos circuitos o dispositivos se puede comparar perfectamente si se conocen sus puntos de interceptación.

Los ingenieros, a menudo, están más interesados en el nivel de los productos de distorsión relativo al nivel de la señal y los puntos de interceptación no lo indican directamente y puede ser complicado usarlos. Sin embargo, algunas observaciones mostrarán cómo el nivel de distorsión relativa se puede determinar fácilmente a partir del punto de interceptación. La diferencia entre el nivel de los productos de distorsión de segundo-orden y el nivel de la fundamental es el mismo que la diferencia entre el nivel de la fundamental y el punto de interceptación. Supongamos que el punto de interceptación de segundo-orden es +15 dBm, mientras que el nivel de fundamental es de -10 dBm, ambos referidos a la salida del dispositivo. La diferencia entre estos dos valores es de 25 dB. Por tanto, los productos de distorsión de segundo-orden estarán 25 dB por debajo de la fundamental, o -35 dBm. Los puntos de interceptación permiten una conversión fácil entre el nivel de la señal fundamental y el nivel de distorsión y la conversión a potencia absoluta (dBm) no es necesaria.

La diferencia entre el nivel de los productos de distorsión de tercer orden y el nivel de la fundamental es el doble de la diferencia entre el nivel de la fundamental y el punto de interceptación de tercer orden. (El punto de interceptación de segundo-orden no es el mismo que el punto de interceptación de tercer-orden). Supongamos que el punto de interceptación de tercer-orden es +5 dBm y el nivel de la fundamental es -25 dBm, ambos referidos a la salida del dispositivo. La diferencia entre el punto de interceptación y la fundamental es 30 dB, de manera que los productos de distorsión de tercer-orden serán dos veces 30 dB menor que la fundamental. El nivel de distorsión relativo será -60 dB y el nivel de potencia absoluta de los productos de distorsión, -85 dBm.

Ejemplo 2

¿Cuál es el máximo nivel de potencia admisible para la señal de entrada si se desea que los productos de distorsión de tercer-orden sean inferiores a -70 dB con respecto a la fundamental? El punto de interceptación de tercer-orden es +10 dBm, referido a la entrada.

Puesto que los productos de distorsión de tercer-orden tienen que ser 70 dB menores que la fundamental, ésta debe ser 70/2 dB o 35 dB por debajo del punto de interceptación. El punto de interceptación es +10 dBm, por tanto, el nivel de la señal debería ser de -25 dBm en la entrada.

6. MEDIDAS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA

Las medidas de distorsión armónica se pueden realizar fácilmente con una fuente de señal espectralmente pura y un analizador de espectros. La exactitud de la medida estará limitada tanto por la fuente de señal como por el analizador de espectros, siendo la fuente de señal el factor limitante ya que su distorsión armónica no suele ser mejor 40 dB por debajo de la fundamental.

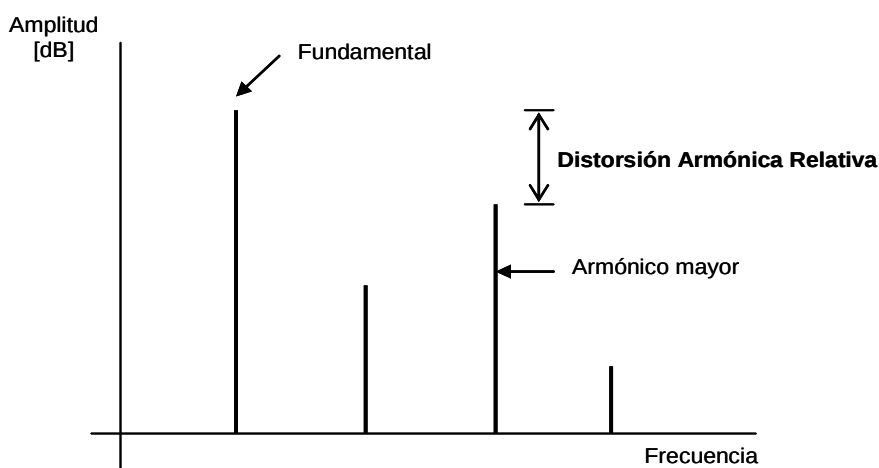


Figura 5. La distorsión armónica de una señal se suele especificar como la amplitud del armónico mayor con respecto a la fundamental en dB.

La fuente proporciona una señal al dispositivo bajo prueba y el analizador de espectros se usa para monitorizar la salida. La figura 5 muestra una medida típica de distorsión armónica. La distorsión armónica se puede expresar de dos formas: como el nivel del armónico de mayor amplitud en dB respecto al nivel a la fundamental (ver figura 5). La otra forma es especificar la distorsión como Distorsión Armónica Total (THD) donde se tiene en cuenta la potencia de todos los armónicos. La THD suele venir expresada normalmente como un porcentaje de la fundamental.

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots}}{V_1} \quad [E-14]$$

Donde V_1 es la tensión *rms* de la fundamental y $V_2, V_3, \dots$ son las tensiones *rms* de los armónicos de segundo-orden, tercer-orden, etc.

Puesto que un número infinito de armónicos no puede ser medido, en la práctica sólo se tienen en cuenta unos pocos armónicos ya que la amplitud de los armónicos tiende a decrecer a medida que aumenta el número del armónico. A partir de un cierto armónico el contenido en potencia es despreciable. Algunos analizadores de espectros incluyen una función de medida automática de la THD, de lo contrario, el usuario debe medir el nivel de cada armónico y la fundamental para luego obtener la THD aplicando la ecuación E-14.

Ejemplo 3

Determinar la distorsión armónica total de una señal con los siguientes componentes espectrales: 1 MHz, $3.5 V_{rms}$; 2 MHz, $0.1 V_{rms}$; 3 MHz, $0.2 V_{rms}$; 4 MHz, $0.05 V_{rms}$. Expresar el armónico más grande en decibelios relativos a la fundamental.

La frecuencia fundamental es 1 MHz

$$THD = \sqrt{(0.1)^2 + (0.2)^2 + (0.05)^2} / 3.5 = 0.065 \text{ ó } 6.5\%$$

El armónico más grande es el tercer armónico (3MHz). En decibelios, el armónico es:
 $20 \log(0.2 / 3.5) = -24.9 \text{ dB}$ con respecto a la fundamental.

7. MEDIDAS DE DISTORSIÓN DE INTERMODULACIÓN

Para las pruebas de distorsión de intermodulación se necesitan dos señales sinusoidales puras. El procedimiento de media mostrado en la figura 6 contiene dos fuentes de señal independientes conectadas a un divisor de potencia usado como mezclador de señales. La salida del divisor se lleva a la entrada del dispositivo bajo prueba. Se establece el mismo nivel para las dos fuentes de señal pero con frecuencias diferentes. El divisor de potencia introduce unas pérdidas de inserción de 6 dB y se deben tener en cuenta cuando se establecen las amplitudes de las señales de entrada. La figura 7 muestra la pantalla del analizador de espectros en una prueba de distorsión de dos tonos. Como aparece en la figura, los productos de tercer-orden (f_{21} y f_{12}) que están próximos a las fundamentales son los que se miden.

En algunos casos, las dos fuentes de señal pueden interactuar y producir distorsiones de intermodulación. Si se producen se pueden medir con un analizador de espectros y eliminar, insertando atenuadores fijos en la salida de los generadores de señal. Estos atenuadores incrementan el aislamiento entre las fuentes y previenen distorsiones de intermodulación generadas internamente.

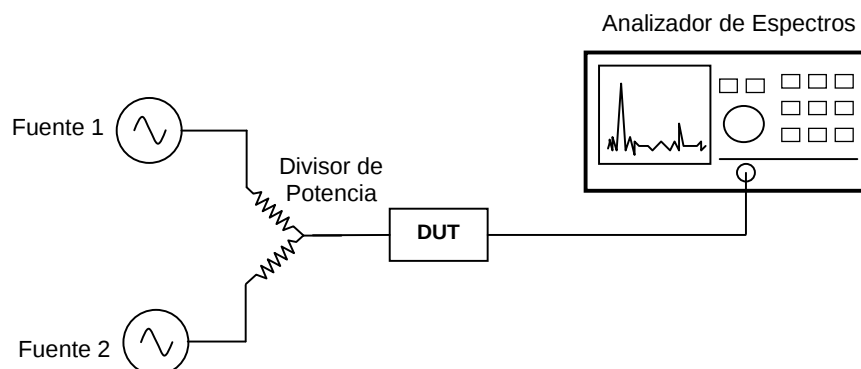


Figura 6. Las dos salidas de los generadores de señal se combinan para producir una señal de dos tonos utilizada en la prueba de distorsión de intermodulación.

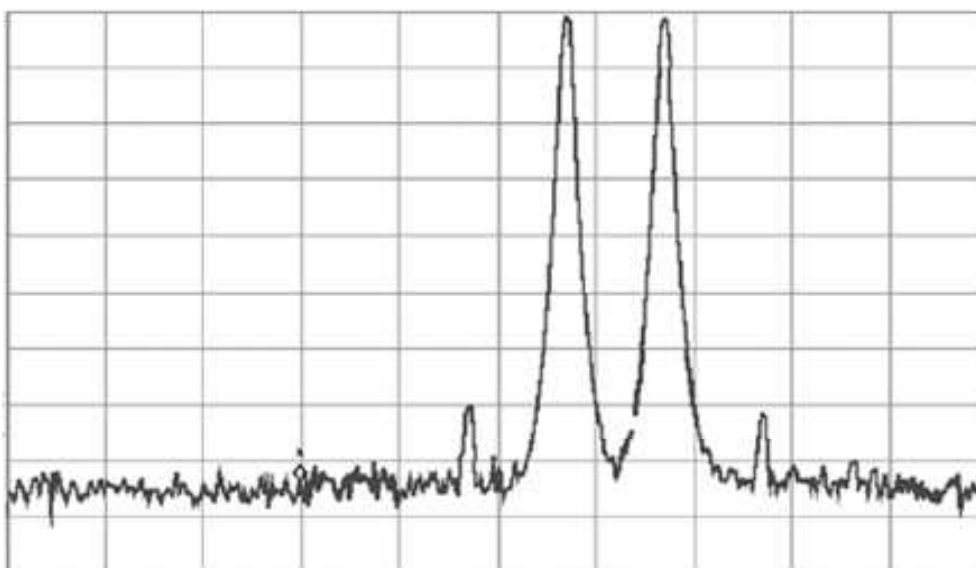


Figura 7. Medida típica de una distorsión de intermodulación producida por dos tonos donde los productos de tercer-orden están próximos a las componentes fundamentales.

8. DISTORSIÓN INTERNA DEL ANALIZADOR

Todo lo que se ha hablado anteriormente estaba orientado a la comprensión y medida de la distorsión armónica en el dispositivo bajo prueba. Sin embargo, los circuitos internos del analizador no son perfectos y por tanto también producirán productos de distorsión. Esta distorsión que genera el analizador está especificada por el fabricante, bien de una forma directa o bien viene englobada en la especificación de rango dinámico. El usuario del instrumento puede mejorar el rendimiento del analizador comprendiendo la naturaleza de estos productos de distorsión.

Como se ha mostrado en este artículo, los productos de distorsión se pueden reducir disminuyendo el nivel de la señal. Debido a que los productos de distorsión disminuyen más rápido que el nivel de la señal, a medida que el nivel de señal disminuye, el nivel de distorsión relativa también disminuye, dependiendo del orden del producto de distorsión; los productos de distorsión de mayor orden disminuyen más rápidos. Esto

implica que los productos de distorsión internos del analizador se pueden reducir si reducimos el nivel de la señal que introducimos al analizador³. Para ello se pueden utilizar los atenuadores de entrada del analizador o introducir un atenuador externo, mejorando el rango de medida de la distorsión del analizador. La mayor desventaja en reducir el nivel de la señal es que la relación señal-ruido también se reduce y el usuario puede encontrarse con la situación de que los productos de distorsión de bajo nivel son enmascarados por el ruido. Reduciendo la resolución del ancho de banda del analizador (*Resolution Bandwidth*) se reduce el ruido medido pero a expensas de un mayor tiempo de medida (*Sweep Rate*).

En algunas situaciones de medida, la cantidad de distorsión no es un factor de preocupación y el nivel de señal en la entrada del analizador se puede incrementar para obtener una mejor relación señal-ruido. En muchas medidas, los productos de distorsión ocurren a frecuencias que no son de interés como por ejemplo en medidas muy próximas a la fundamental donde los resultados son independientes de la distorsión armónica ya que estos armónicos caen fuera del rango de frecuencias de interés.

Javier Martín Montalbán

Director Técnico

DENVER metrología electrónica, S.L.

³ Para algunos analizadores de espectros que utilizan secciones de IF digitales puede que esto no se cumpla ya que el proceso de conversión analógico a digital puede producir productos de distorsión de bajo nivel que no disminuyen su amplitud cuando reducimos la señal de entrada.