



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

0.42

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

**ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS
DE MEDIDA**

**APARATO DE MEDIDA DE LA DISTORSIÓN
NO LINEAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE
INTERMODULACIÓN DE CUATRO TONOS**

Recomendación UIT-T 0.42

(Extracto del *Libro Azul*)

NOTAS

1 La Recomendación UIT-T O.42 se publicó en el fascículo IV.4 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (Véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1988, 1993

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

**APARATO DE MEDIDA DE LA DISTORSIÓN
NO LINEAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE INTERMODULACIÓN DE CUATRO TONOS**

(Málaga-Torremolinos, 1984)

1 Introducción

La degradación por distorsión no lineal en circuitos analógicos se evalúa normalmente midiendo las señales de frecuencias armónicas resultantes de una señal de prueba sinusoidal, o midiendo las señales de frecuencias de intermodulación resultantes de la interacción de una señal de prueba de varios tonos. Los estudios y la experiencia han mostrado que el método de distorsión armónica puede infraevaluar considerablemente la cantidad de no linealidad presente en un circuito, en determinadas circunstancias. Cuando en un circuito se encuentran varias fuentes de no linealidad, los productos armónicos pueden tender a anularse mutuamente, en tanto que los productos de intermodulación generados por una señal de datos compleja pueden no anularse y degradar considerablemente el mensaje transmitido. Este efecto ha resultado cada vez más importante con la llegada de velocidades binarias superiores y de señales de datos codificadas en niveles y fases múltiples.

Para lograr una mayor exactitud se recomienda el método de intermodulación de prueba para una distorsión no lineal utilizando una señal de prueba de cuatro tonos que se indica a continuación. Tal método mide ciertos productos de distorsión de segundo y tercer orden resultantes de la intermodulación de los tonos en la señal de prueba prescrita. Se eligen las frecuencias de los cuatro tonos de la señal de prueba para generar productos de intermodulación de segundo y tercer orden que se producen en la banda de paso de un circuito analógico, fácilmente separados de la señal de prueba aplicada y medida. Para lograr una señal de prueba con una distribución de amplitud aproximadamente gaussiana se utilizan cuatro tonos.

2 Principios de funcionamiento

La distorsión de intermodulación puede definirse, en general, como la modulación de las componentes de una onda compleja entre ellas, como resultado de lo cual se producen nuevas componentes con frecuencias iguales a las sumas y diferencias de múltiplos enteros de las componentes de la onda compleja original. Normalmente, bastan productos de intermodulación de segundo y tercer orden para evaluar la no linealidad del circuito.

Se utiliza una señal de prueba que consiste en cuatro tonos del mismo nivel. Dos de los tonos están separados nominalmente por 6 Hz, centrados en 860 Hz, y los otros dos están separados nominalmente por 16 Hz, centrados en 1380 Hz. Para evaluar la distorsión de tercer orden, la potencia debida a los seis productos de intermodulación de tercer orden en una banda estrecha centrada en 1,9 kHz, se mide y expresa en dB, por debajo de la señal recibida. Para la distorsión de segundo orden, también se mide la potencia debida a los cuatro productos de intermodulación de segundo orden en una banda estrecha centrada en 520 Hz y la potencia nominalmente debida a los cuatro productos de intermodulación de segundo orden en una banda estrecha centrada en 2240 Hz. Después, se promedian estas dos potencias de productos de distorsión de segundo orden, expresando su resultado en dB por debajo de la señal recibida.

La distorsión de intermodulación de segundo orden ($Intermod_{sdo}$) se define como sigue:

$$Intermod_{sdo} = 20 \log_{10} (V_{4T}/V_{sdo}) \text{ dB}$$

donde:

V_{4T} es la tensión eficaz (V_{rms}) de la señal de cuatro tonos, y

$$V_{sdo} = \sqrt{\frac{(V_5)^2 + (V_{22})^2}{2}}$$

donde:

V_5 es la tensión eficaz en la banda de frecuencias centrada en 520 Hz, y

V_{22} es la tensión eficaz en la banda de frecuencias centrada en 2240 Hz.

La distorsión de intermodulación de tercer orden ($Intermod_{ter}$) se define como sigue:

$$Intermod_{ter} = 20 \log_{10} (V_{4T}/V_{19}) \text{ dB}$$

donde:

V_{4T} es la tensión eficaz en la señal de cuatro tonos, y

V_{19} es la tensión eficaz en la banda de frecuencias centrada en 1900 Hz.

Según los niveles relativos de los productos de distorsión de intermodulación y ruido en el circuito, el nivel de las señales medido en el receptor con la señal de prueba de cuatro tonos puede deberse, parcial o totalmente, al ruido de circuito. Para determinar la contribución de este ruido, se efectúa una medida adicional utilizando una señal de dos tonos consistente en el par superior o inferior de tonos con el mismo nivel de potencia que la señal de cuatro tonos. Las lecturas resultantes del nivel señal/ruido se utilizan para corregir las lecturas de distorsión observadas. La corrección puede realizarse automáticamente en el aparato de prueba, o hacerla el operador.

3 Requisitos específicos

A continuación se indican una serie de requisitos mínimos que debe cumplir un aparato utilizado para medir la distorsión no lineal utilizando el método de intermodulación de «cuatro tonos».

3.1 Transmisor

3.1.1 Exactitud del nivel

El error del nivel a la salida de la señal eficaz será inferior a ± 1 dB.

3.1.2 Gama de niveles

La gama de niveles a la salida será al menos de 0 a -40 dBm. Se dispondrá de un atenuador calibrado con incrementos de 1 dB o menores, a no ser que el indicador del nivel forme parte del aparato de prueba, en cuyo caso puede aceptarse un control por vernier.

3.1.3 Espectro

La señal transmitida consistirá en cuatro tonos del mismo nivel. Dos de los tonos estarán separados por 6 ± 1 Hz, centrados en 860 ± 1 Hz, y otros dos estarán separados por 16 ± 1 Hz, centrados en 1380 ± 1 Hz. Los tonos serán del mismo nivel con un margen de $\pm 0,25$ dB.

3.1.4 Distorsión armónica

Todo armónico de cualquiera de los cuatro tonos será al menos 35 dB inferior al tono.

3.1.5 Interferencia de fondo

Todo ruido, distorsión o interferencia que caiga dentro de las bandas de paso del filtro de distorsión, conforme se especifica en el § 3.2.4, será al menos inferior en 80 dB a la señal.

3.1.6 Función de densidad de probabilidad

La función de densidad de probabilidad de la señal transmitida será aproximadamente la de cuatro osciladores sinusoidales independientes, incluso si los tonos se sintetizan a partir de una sola fuente.

3.1.7 Señal de verificación de la relación señal/ruido

Se podrán neutralizar los dos tonos centrados en 1380 Hz o los dos tonos centrados en 860 Hz, e incrementar los otros dos tonos en $3 \pm 0,25$ dB. Esta señal de verificación de la relación señal/ruido se utiliza para determinar la interferencia del ruido en el circuito sometido a prueba para la medida.

3.2 Receptor

3.2.1 Precisión

El error de medida será inferior a ± 1 dB.

3.2.2 Gama del nivel de entrada

El receptor deberá cumplir los requisitos de precisión y de gama de medidas para una gama del nivel de entrada de 0 a -40 dBm.

3.2.3 Medida y gama de visualización

El aparato de prueba deberá medir y visualizar la relación entre el nivel de la señal y los productos de distorsión de segundo y tercer orden en una gama de 10 a 70 dB.

3.2.4 Especificaciones de filtro

Los seis productos de tercer orden que han de medirse se situarán en la gama de 1877 a 1923 Hz; los cuatro productos inferiores de segundo orden, en la gama de 503 a 537 Hz, y los cuatro productos superiores de segundo orden, en la gama de 2223 a 2257 Hz. (Esto permite el desplazamiento de frecuencia en el canal y la deriva de frecuencia de la señal transmitida.)

Los filtros utilizados para recuperar los productos han de ser suficientemente anchos para medir la potencia total dentro del requisito de precisión global de ± 1 dB, y suficientemente estrechos para rechazar el ruido fuera de banda. Las anchuras de banda de los filtros pueden comprobarse agregando una señal de ruido blanco limitado a la banda de 3,5 kHz con un nivel de -40 dBm a la entrada del aparato, además de la señal de cuatro tonos a -10 dBm. Los niveles de intermodulación de segundo y tercer orden presentados han de ser al menos inferiores en 46 dB a la potencia de la señal del tono de -10 dBm.

Además, aplicando la señal de cuatro tonos, con un nivel de -10 dBm a la entrada del aparato, se agregará una señal sinusoidal de prueba con un nivel de -25 dBm. La lectura de distorsión de tercer orden será al menos inferior en 55 dB al nivel de la señal para todas las frecuencias de prueba inferiores a 1600 Hz y superiores a 2200 Hz. La lectura de la distorsión de segundo orden será inferior al menos en 55 dB al nivel de la señal para todas las frecuencias de prueba inferiores a 220 Hz, de 820 a 1940 Hz y superiores a 2540 Hz. A 180 Hz y frecuencias inferiores, el rechazo ha de ser al menos 25 dB mayor que el requisito citado.

3.2.5 *Detectores*

La señal de prueba y los niveles de distorsión de intermodulación se medirán con un detector medio o un detector de valor medio o de valor eficaz.

3.2.6 *Diafonía con transmisor asociado*

El receptor deberá cumplir todos los requisitos de precisión globales cuando su transmisor asociado (si existe) se pone a su más alto nivel de salida y se termina en 600 ohms, utilizándose como fuente de la señal para medir la intermodulación un segundo transmisor, 40 dB por debajo de ese nivel.

3.2.7 *Capacidad de autoverificación*

Deben incorporarse medios que aseguren que el receptor está calibrado dentro de ± 1 dB para medir la distorsión de segundo y tercer orden.

3.2.8 *Nivel de la señal recibida inadecuado*

Deberá disponerse de una indicación para las señales de prueba recibidas que no se encuentran en la gama del nivel de entrada de 0 a -40 dBm.

3.2.9 *Indicador de la señal de verificación de la relación señal/ruido*

Debe disponerse de una indicación para señalar la presencia o ausencia de la señal de verificación de la relación señal/ruido.

3.2.10 *Corrección de la relación señal/ruido*

Generalmente, la relación señal/distorsión de intermodulación correcta es mayor que la lectura de la distorsión observada debido a la presencia de ruido en el circuito. En las instrucciones de explotación figurará una curva de corrección o un cuadro de corrección apropiado, a menos que el aparato de prueba efectúe automáticamente la corrección en la lectura observada, después de la transmisión para comprobar la relación señal/ruido.

3.2.11 *Monitor de tonos espurios*

Debe disponerse de un medio para determinar si se recibe un tono espurio (parásito) o un ruido igual o mayor que el tono de prueba. Se excluyen de este requisito las frecuencias separadas menos de ± 100 Hz en torno a 860 y 1380 Hz.

3.3 *Impedancias de entrada y salida*

Todas las impedancias indicadas se refieren a una conexión simétrica (sin puesta a tierra).

3.3.1 *Modo terminación (transmisión o recepción)*

Cuando se utiliza en un modo terminación la impedancia entrada/salida será de 600 ohms, con una pérdida de retorno ≥ 30 dB, de 300 a 4000 Hz.

3.3.2 *Modo puente (recepción)*

Cuando se utiliza en un modo puente, la pérdida a través de 300Ω será $\leq 0,15$ dB, de 300 a 4000 Hz.

3.4 *Atenuaciones longitudinales*

Las entradas y salidas del transmisor/receptor deberán cumplir los siguientes requisitos. Las mediciones deben hacerse de conformidad con la Recomendación O.121.

3.4.1 *Atenuación de conversión longitudinal*

La atenuación de conversión longitudinal debe ser ≥ 46 dB, de 300 a 4000 Hz.

3.4.2 *Atenuación de interferencia longitudinal de entrada*

La atenuación de interferencia longitudinal de entrada debe ser ≥ 110 dB a 50 Hz. Este requisito decrece 20 dB por década a 5000 Hz. La tensión longitudinal superpuesta no excederá de un valor eficaz de 42 voltios.

3.5 *Indicadores de salida*

3.5.1 *Analógico*

Si se utiliza un medidor analógico, las separaciones de las marcas serán de 1 dB o menores en la porción de la escala de medida empleada normalmente.

3.5.2 *Digital*

Si se utiliza un indicador digital, el resultado se visualizará redondeándolo al dB más próximo, y se redondeará, en vez de truncarse. La indicación del aparato se situará dentro de 1 dB de la lectura final en los 10 segundos que siguen a la aplicación de una señal de prueba. Tras ese periodo inicial, el resultado se actualizará al menos una vez cada cinco segundos, midiendo continuamente el nivel de los cuatro tonos recibido y los productos de intermodulación. Se recomienda un periodo de actualización de dos o tres segundos.

3.6 *Condiciones ambientales de funcionamiento*

Deberán cumplirse los requisitos eléctricos de funcionamiento cuando el aparato funcione en las condiciones climáticas especificadas en el § 2.1 de la Recomendación O.3.