



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

G.228

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

**SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE
PORTADORAS**

**CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A
TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE
PORTADORA**

**MEDICIÓN DEL RUIDO DE CIRCUITO
EN LOS SISTEMAS POR CABLE CON
UNA SEÑAL DE CARGA CONSTITUIDA
POR RUIDO ALEATORIO
DE ESPECTRO UNIFORME**

Recomendación UIT-T G.228

(Extracto del *Libro Azul*)

NOTAS

1 La Recomendación UIT-T G.228 se publicó en el fascículo III.2 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.

Recomendación G.228

MEDICIÓN DEL RUIDO DE CIRCUITO EN LOS SISTEMAS POR CABLE CON UNA SEÑAL DE CARGA CONSTITUIDA POR RUIDO ALEATORIO DE ESPECTRO UNIFORME

(Ginebra, 1964; modificada posteriormente)

El CCITT,

considerando

- a) que conviene medir la calidad de los sistemas por cable para telefonía con multiplexación por división de frecuencia en condiciones lo más parecidas posible a las de explotación;
- b) que las propiedades estadísticas de una señal de espectro continuo uniforme (ruido blanco) son casi análogas a las de una señal múltiplex cuando el número de canales no es muy reducido;
- c) que está ya muy generalizado el empleo de una señal de espectro continuo uniforme para medir la calidad de tales sistemas por cable para telefonía;
- d) que es necesario normalizar las frecuencias y las anchuras de banda de los canales de medida que han de emplearse para esas pruebas;
- e) que, por razones de compatibilidad internacional, es necesario normalizar la atenuación mínima y las anchuras de banda de los filtros de banda eliminada que puedan requerirse en el generador de ruido blanco;
- f) que, para los proyectos de circuitos telefónicos, el CCITT ha indicado el valor medio de la potencia de la señal, en la banda de base de un sistema telefónico múltiplex, que ha de tenerse en cuenta durante la hora cargada (véase la Recomendación G.223),

recomienda

- 1** Que la medición de la calidad de funcionamiento de los sistemas por cable para telefonía con multiplexación por división de frecuencia se efectúe con una señal de espectro continuo uniforme en la banda de frecuencias utilizada para la transmisión de los canales telefónicos.
- 2** Que el nivel nominal de potencia de la señal de medida de espectro uniforme corresponda a la carga convencional especificada en la Recomendación G.223; de aplicarse en el punto de interconexión del sistema (punto T' de la Recomendación G.213), los niveles absolutos de potencia que ofrecen interés especial se indican en la columna 4 del cuadro 1/G.228.
 - 2.1 Que el equipo transmisor permita obtener, a la salida de un filtro de banda eliminada intercalado, un nivel de carga que alcance por lo menos +10 dB con relación al nivel nominal de potencia indicado anteriormente.
 - 2.2 Que en la anchura de banda correspondiente a la banda de base del sistema objeto de medición, la tensión eficaz del ruido blanco, medida en una banda aproximada de 2 kHz no varíe más de $\pm 0,5$ dB. Este grado de regularidad del espectro debe obtenerse en una gama de niveles que alcance +6 dB con relación al nivel de potencia indicado en la columna 4 del cuadro 1/G.228.
 - 2.3 Que a la salida del equipo transmisor debiera disponerse de la señal de ruido blanco de prueba con un factor de cresta de unos 12 dB con respecto al valor eficaz.
- 3** Que la especificación de las frecuencias de corte nominales efectivas (frecuencias de corte de filtros teóricos que tengan una característica de corte rectangular ideal y transmitan la misma potencia que los filtros reales) y la de las tolerancias, para los filtros paso banda, propuestas para las distintas anchuras de banda de los sistemas que han de medirse, sea la indicada en el cuadro 2/G.228. Con el fin de reducir el número de filtros necesarios, se han adoptado en

algunos casos soluciones de compromiso entre la frecuencia de corte nominal efectiva y la frecuencia límite de la anchura de banda de los sistemas; teniendo en cuenta las tolerancias especificadas, los errores de calibrado que resultan de estas transacciones no exceden $\pm 0,1$ dB y los errores cometidos en la medición del ruido de intermodulación no exceden $\pm 0,2$ dB, en la hipótesis de que el sistema funcione con una precentuación de unos 10 dB.

CUADRO 1/G.228

1	2	3	4
Número de canales telefónicos	Nivel relativo de potencia en el punto T' (dBr)	Nivel de la carga convencional (dBm0)	Nivel nominal de potencia de la señal de prueba en el punto T' (dBm)
60	-36	6,1	-29,9
120	-36	7,3	-28,7
300	-36	9,8	-26,2
600	-36 -33	12,8	-23,2 -20,2
960	-36 -33	14,8	-21,2 -18,2
1 260	-33	16,0	-17,0
1 800	-33	17,5	-15,5
2 700	-33	19,3	-13,7
3 600	-33	20,5	-12,5
10 800	-33	25,3	-7,7

6 Que se prevean canales de medida suplementarios mediante acuerdo entre las Administraciones interesadas.

Observación – En los anexos A y B se da alguna información de carácter general sobre los procedimientos de medición, la elección de las características del filtro, los métodos de corrección y los objetivos de precisión.

CUADRO 3/G.228

Características de los filtros de banda eliminada

Frecuencia central f_0 (kHz)	Anchura de banda (kHz) con relación a f_0 en la que la discriminación será igual por lo menos a:				Anchura de banda (kHz) con relación a f_0 fuera de la cual la discriminación no será superior a:	
	70 dB	55 dB	30 dB	3 dB	3 dB	0,5 dB
70	± 1,5	± 2,2	± 3,5	–	± 12	± 18
270	± 1,5	± 2,3	± 2,9	–	± 8	± 24
534	± 1,5	± 3,5	± 7,0	–	± 15	± 48
700	± 1,5	± 3,8	± 8,0	–	± 21	± 70
1 248	± 1,5	± 4,0	± 11,0	–	± 35	± 110
2 438	± 1,5	± 4,5	± 19,0	–	± 60	± 220
3 886	± 1,5	± 15,0	± 30,0	–	± 110	± 350
		± 1,8	± 3,5	± 8,0	± 12	± 100
5 340	± 1,5	± 2,2	± 4,0	± 8,5	± 14	± 150
7 600	± 1,5	± 2,4	± 4,6	± 9,5	± 16	± 200
11 700	± 1,5	± 3,0	± 7,0	± 11,0	± 20	± 300
16 400	± 1,5	± 4,0	± 9,0	± 14	± 30	± 500
35 748	± 1,8	± 2,2	± 3,5	± 5,0	± 20	± 150
55 548	± 2,5	± 3,5	± 6,0	± 9,5	± 30	± 200

Observación 1 – Las características recomendadas para los filtros de 70 kHz a 2438 kHz, inclusive, se han establecido para filtros del tipo inductancia y capacidad. Las características recomendadas para los filtros de 5340 kHz (y frecuencias superiores) suponen el empleo de filtros de cuarzo. Para el filtro de 3886 kHz, las características recomendadas son facultativas, permitiendo la elección entre un filtro de inductancia y capacidad o un filtro de cuarzo. Se supone que los filtros de cuarzo de 35 748 kHz y 55 548 kHz funcionan en un modo armónico superior de los resonadores piezoeléctricos. Esto explica que las anchuras de banda relativas de estos filtros presenten una discontinuidad en comparación con los filtros de cuarzo de hasta 11 700 kHz.

Observación 2 – Los valores indicados para la discriminación son valores relativos y están referidos a la atenuación mínima de los filtros de banda eliminada en la gama de frecuencias de la banda de base definida por los filtros paso alto y paso bajo del cuadro 2/G.228. Esto significa que un filtro de banda eliminada, adecuado para las mediciones en cierto sistema no lo es forzosamente para las mediciones en un sistema de mayor anchura de banda.

Observación 3 – La selectividad del receptor de 3886 kHz debe determinarse en función de las características del filtro de banda eliminada del filtro de cuarzo.

Observación 4 – Debido a resonancias parásitas, las características de discriminación de los filtros de cuarzo de banda eliminada pueden presentar secciones estrechas y abruptas en la banda de paso superior. Cuando los resonadores funcionan en un modo armónico elevado, tales secciones pueden aparecer también en la banda de paso inferior. Estas secciones estrechas y abruptas de una atenuación de cresta de 10 dB aproximadamente en la banda de 1 a 5 kHz son admisibles, porque no afectan a la precisión de la medición.

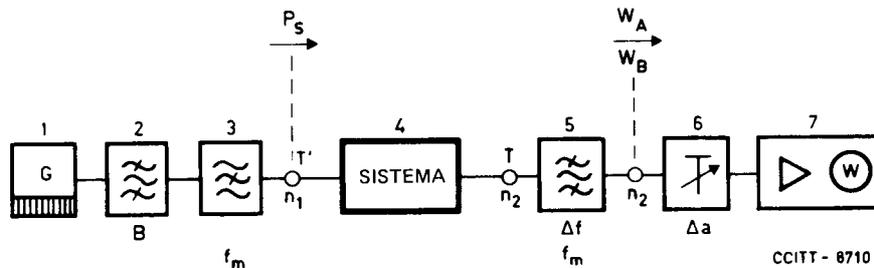
ANEXO A

(a la Recomendación G.228)

Descripción del método de medida con ruido blanco

A.1 Principios generales

La figura A-1/G.228 ilustra los principales elementos sustitutos del montaje utilizado para las medidas.



- 1 = generador de ruido, que produce una señal de prueba de potencia variable P_s
 - 2 = filtro paso banda, de anchura de banda efectiva B
 - 3 = filtro de banda eliminada, de frecuencia central f_m
 - 4 = sistema objeto de la prueba
 - 5 = filtro paso banda receptor, de frecuencia central f_m y anchura de banda Δf de aproximadamente 2 kHz
 - 6 = atenuador variable, en recepción, $\Delta a = 10 \log \frac{W_A}{W_B}$ (dB)
 - 7 = medidor de niveles (en valor eficaz)
- W_A = potencia de ruido cuando el filtro de banda eliminada no está insertado en el circuito
 W_B = potencia de ruido cuando se conecta el filtro de banda eliminada
 n_1 = nivel relativo en la entrada T' del sistema } (véase la Recomendación G.213)
 n_2 = nivel relativo en la salida T del sistema }

FIGURA A-1/G.228
Principio del montaje de medida

A.2 Procedimientos de medida

Para evaluar las características de ruido de un sistema de transmisión suelen utilizarse dos métodos:

A.2.1 Medición de la relación de potencia señal a ruido (RPR)

La relación de potencia de ruido:

$$RPR = 10 \log \frac{W_A}{W_B} \text{ dB} = \Delta a \quad (\text{A-1})$$

se mide para varios niveles de P_s . El medidor de niveles (en valor eficaz) sirve como indicador únicamente. W_A es el valor de la potencia de ruido en el canal de medida sin tener en cuenta el efecto de los intervalos de frecuencia existentes entre los grupos de canales en explotación real.

En un sistema de N canales, se define:

$$P_s = N \cdot P_{CH}$$

P_{CH} = potencia variable de la señal por canal

$$P_{CH} = -15 \text{ dBm0} + \Delta p = \text{nivel de carga por canal}$$

- 15 dBm0 es la carga convencional por canal según la Recomendación G.223 para los sistemas con $N \geq 240$. Δp (dB) es la carga relativa por encima de -15 dBm0

$$p_n = \text{nivel de potencia de ruido ponderado (dBm0p) medido en el punto } T \text{ en un canal telefónico de 3,1 kHz}$$

Los valores medidos de RPR se representan, por lo general, como ilustra la figura A-2/G.228, en función del exceso de carga, Δp , por canal.

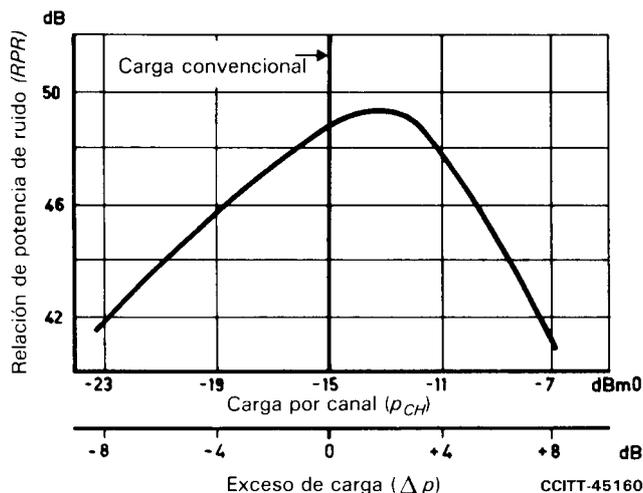


FIGURA A-2/G.228
Curva de RPR en función de la carga del canal

La relación entre los valores de RPR medidos en un canal y el nivel de potencia de ruido ponderado, referido a un punto de nivel relativo cero, es la siguiente:

$$p_n = (-RPR - 18,6 - 10 \log k + \Delta p) \text{ dBm0p} \quad (\text{A-2})$$

$k = B/4N$ (B en kHz) es un factor de corrección que tiene en cuenta el efecto de los intervalos de frecuencia entre los grupos de canales del sistema de transmisión.

El cuadro A-1/G.228 contiene ejemplos de la corrección necesaria para algunos sistemas de N canales:

CUADRO A-1/G.228

N	300	960	2700	10 800
$10 \log k$ (dB)	0,14	0,22	0,46	1,08

A.2.2 Medición directa del nivel de potencia de ruido ponderado

Cuando la anchura de banda efectiva del receptor tiene el valor particular de:

$$\Delta f = 1,74 \text{ kHz} (= 3,1 \text{ kHz} \cdot 10^{-0,25})$$

la potencia de ruido ponderado P_n en un canal telefónico es:

$$P_n = W_B \text{ (véase la figura A-1/G.228)}$$

y el nivel de ruido ponderado p_n referido a un punto de nivel relativo cero será:

$$p_n = \left[10 \log \frac{W_B}{1 \text{ mW}} + n_2 \text{ (dBr)} \right] \text{ dBm0p} \quad (\text{A-3})$$

En este caso, el receptor (componente 7 de la figura A-1/G.228) debe ser un medidor de nivel de potencia calibrado.

A.3 Ejemplos de posibles estudios aplicando el método de medida con ruido blanco

Pueden hacerse dos tipos de estudios de un sistema (de longitud L) entre los puntos de nivel relativo uniforme T' y T . En uno [caso a)] se estudia el efecto en las características de ruido, de las desviaciones de carga a la entrada del sistema, y el otro [caso b)] indica la influencia de los desequilibrios de nivel a lo largo de la línea de transmisión:

- a) Se varía la potencia de ruido P_s de la señal de prueba y se determina el nivel de ruido ponderado p_n en dBm0p. El resultado se presenta como ilustra la figura A-3/G.228.

En lugar de indicar el nivel de ruido del sistema de longitud L en dBm0p, se podría indicar la potencia de ruido en pW0p/km.

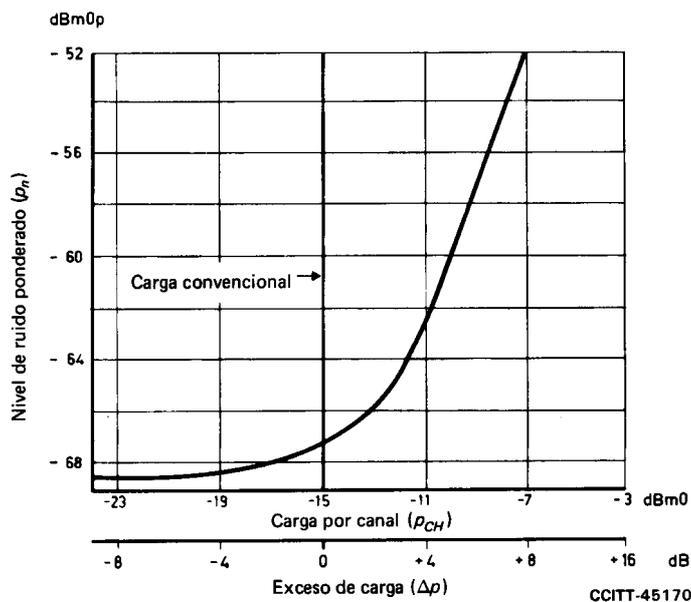


FIGURA A-3/G.228
Nivel de potencia de ruido ponderado en función de la carga del sistema (niveles relativos del sistema fijados de acuerdo con el plan)

- b) Se varían los niveles relativos en la línea de transmisión insertando atenuadores $-\Delta n$ y $+\Delta n$ a la entrada y a la salida del sistema, como ilustra la figura A-4/G.228, que es un extracto de la figura A-1/G.228.

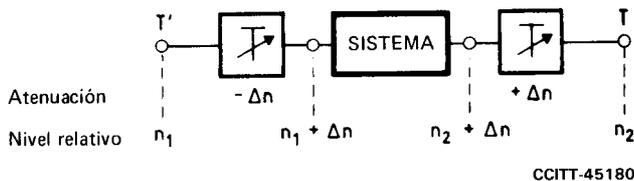


FIGURA A-4/G.228
Variación de los niveles relativos internos del sistema

La potencia de ruido P_s de la señal de prueba se fija en el valor convencional (-15 dBm0 por banda de 4 kHz) en el punto T' , y se mantiene constante. El nivel de potencia de ruido en el punto T del canal de medida se determina, por ejemplo, en función del nivel relativo a la salida del repetidor. El resultado se representa como ilustra la figura A-5/G.228.

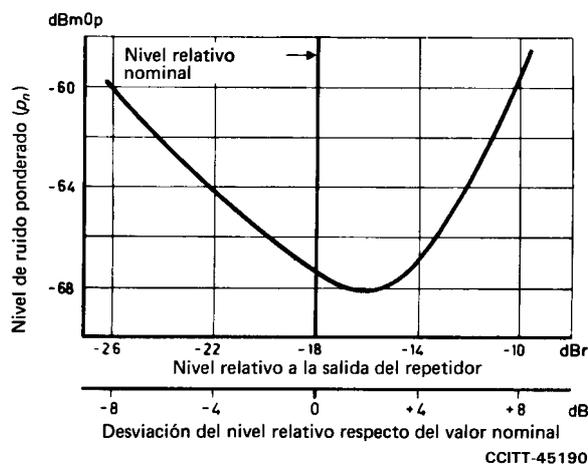


FIGURA A-5/G.228
Nivel de ruido ponderado en el canal de medida en función del nivel relativo a la salida del repetidor

ANEXO B
(a la Recomendación G.228)

Consideraciones sobre la precisión de las mediciones que influyen en el diseño del equipo de medida

B.1 *Introducción*

Las Recomendaciones adoptadas, para las mediciones del ruido de circuito en sistemas artificialmente cargados con ruido aleatorio de espectro uniforme que simula señales telefónicas MDF, son el resultado de investigaciones cuidadosamente coordinadas de las tres Comisiones de Estudio interesadas. Las diferentes Recomendaciones permiten aplicar el método de medida con ruido blanco a los sistemas por cable (Recomendación G.228), a los sistemas de relevadores radioeléctricos (Recomendación 399 del CCIR [1]), a los sistemas por satélite (Recomendación 482 del CCIR [2]) y a los equipos de modulación (Recomendación G.230). La finalidad de la citada coordinación fue asegurar que los equipos de medida recomendados separadamente se ajustasen a objetivos comunes en materia de precisión de las mediciones y fuesen, en la mayor medida posible, compatibles e intercambiables.

El objetivo en materia de precisión global del equipo de medida, cuando éste se utiliza para mediciones normales de mantenimiento, es de ± 2 dB. Es conveniente una precisión superior, de aproximadamente ± 1 dB, cuando se hacen mediciones para evaluar las características de ruido de un sistema en relación con la calidad de funcionamiento requerida. Esto puede obtenerse aplicando los procedimientos y correcciones descritos en los § B.4 y B.5.

En este anexo se indican las relaciones establecidas entre ciertas características de los equipos de medida y los objetivos en materia de precisión de las mediciones; toda futura ampliación de las Recomendaciones, a fin de incluir las mediciones de nuevos sistemas de transmisión que no están normalizados todavía, deberán tener en cuenta dichas relaciones.

B.2 *Filtros de banda eliminada*

B.2.1 *Elección de las frecuencias centrales*

En todos los casos, la elección de la frecuencia central nominal de los filtros de banda eliminada (es decir, de los canales de medida) debe tener en cuenta la necesidad de reducir al mínimo la discriminación combinada del par de filtros paso banda cuando el filtro de banda eliminada proporciona un canal de medida inferior o superior. En consecuencia, como regla general, la frecuencia central de un canal de medida inferior debe estar, como mínimo, 15% por encima de la frecuencia efectiva de corte del filtro paso alto, y la frecuencia central de un canal de medida superior debe estar más de un 5% por debajo de la frecuencia de corte del filtro paso bajo. En el § 3.2 de la presente Recomendación se estipula que “la dispersión de los valores de atenuación introducida por un par cualquiera de filtros paso alto y paso bajo no debe ser superior a 0,2 dB en una gama de frecuencias que comprenda los canales de media extremos”.

B.2.2 *Fugas*

La discriminación del filtro de banda eliminada en las proximidades de la frecuencia central determina, juntamente con la selectividad del receptor, la relación señal/ruido mínima que puede medirse con precisión, esto es, el efecto de “fuga”. La discriminación de 70 dB del filtro de banda eliminada (véase el cuadro 3/G.228) se traduce en la medición de una relación del orden de -67 dB cuando el ruido es, de hecho, despreciable. Para limitar adecuadamente el efecto de fuga en el receptor, se especifica (véase el § 5 de la presente Recomendación) que la RPR debe ser de, como mínimo, 67 dB cuando aquél se conecta directamente a un equipo transmisor con filtros de banda eliminada que satisfacen apenas los límites de discriminación especificados en el cuadro 3/G.228 y se aplica una carga convencional de -15 dBm0 por banda de 4 kHz.

Observación – Según la ecuación (A-2) del anexo A, este valor de RPR = 67 dB corresponde a un nivel de ruido residual de, a lo sumo, -85,6 dBm0p (o sea 2,8 pW0p).

B.2.3 *Anchura de banda efectiva*

El requisito fundamental para la banda eliminada es una discriminación de, como mínimo, 70 dB en una anchura de banda de, como mínimo, 3 kHz. Las anchuras de banda efectivas (aproximadamente, los puntos de 3 dB) recomendadas en el cuadro 3/G.228 son técnicamente factibles y representan un 5% o menos de la anchura de banda de los sistemas con filtros del tipo de inductancia-condensador y menos del 0,5% con filtros de cuarzo. La reducción de la anchura de banda relativa de los filtros del tipo inductancia, o el aumento de la de los filtros de cuarzo, plantearía dificultades de tipo económico.

B.2.3.1 *Productos de no linealidad de tercer orden*

La atenuación de la señal de ruido de carga en las proximidades del canal de medida introducida por un filtro de banda eliminada se traduce en una medida por defecto de la potencia de ruido de no linealidad de tercer orden en ese canal. Esta lectura por defecto es directamente proporcional a la anchura de banda efectiva del filtro de banda eliminada.

Cuando se aplican los procedimientos descritos en los § B.4.3 y B.4.4, la medida por defecto de los productos de tercer orden de un sistema sin preacentuación es de aproximadamente 0,05 dB para un filtro colocado en el canal de medida superior cuya anchura de banda efectiva es igual al 1% de la anchura de banda del sistema. El error asociado a un determinado filtro asume su valor máximo cuando dicho filtro proporciona el canal de medida superior de un sistema. Cuando el mismo filtro se usa en sistemas de banda más ancha (correspondiendo así a un canal de medida intermedio del sistema), su anchura de banda es menor en comparación con la del sistema, y el error asociado es menor.

Cuando se usa preacentuación pero no se modifica la potencia total de la señal, el error aumenta según la relación entre la densidad de la señal cerca del canal de medida del sistema con preacentuación y la correspondiente a un sistema sin preacentuación.

Las anchuras de banda efectivas de los filtros de banda eliminada de cristal de cuarzo es tan pequeña que su efecto en los errores de medición es despreciable.

Las anchuras de banda efectivas indicadas para los filtros de banda eliminada del tipo de inductancia-condensador (cuadro 3/G.228) dan lugar, cuando los filtros proporcionan canales de medida superiores en sistemas sin preacentuación, a una lectura por defecto de la potencia de ruido de no linealidad de tercer orden que oscila entre 0,25 y 0,30 dB. Esta gama de errores es de 0,60 a 0,90 dB en los sistemas con una acentuación de 8 a 10 dB, como sistemas de relevadores radioeléctricos MDF (Recomendación 275 del CCIR [3]) o los sistemas de banda ancha por cables coaxiales.

B.2.3.2 *Productos de no linealidad de segundo orden*

En los sistemas de transmisión de gran longitud, los productos de no linealidad de tercer orden representan normalmente una proporción mayor del ruido total del sistema que los de segundo orden. Por esta razón, las anchuras de banda efectivas máximas recomendadas para los filtros de banda eliminada se han determinado sobre la base de los objetivos de precisión de la medición de los productos de no linealidad de tercer orden.

No obstante, los equipos de medida pueden usarse también para estudiar casos en que predominan los productos de no linealidad de segundo orden. Pueden introducirse las siguientes correcciones en función de las anchuras de banda conocidas de los filtros:

- a) Suponiendo nuevamente que se apliquen los procedimientos descritos en los § B.4.3 y B.4.4, el error en la medida de los productos de no linealidad de segundo orden introducido por el filtro de banda eliminada es un error por exceso, y no por defecto como en el caso de los productos de no linealidad de tercer orden.
- b) La medida por exceso es directamente proporcional a la anchura de banda efectiva del filtro de banda eliminada, expresada como porcentaje de la anchura de banda del sistema. La proporcionalidad aproximada, suponiendo que el sistema no emplee preacentuación, es:
 - para los canales de medida situados cerca del límite inferior de la banda del sistema, una anchura de banda efectiva igual al 1% de la del sistema entraña una medida por exceso de 0,05 dB de la potencia de ruido de intermodulación de segundo orden;
 - para los canales de medida situados en el centro o cerca del límite superior de la banda del sistema, una anchura de banda efectiva igual al 1% de la del sistema entraña una medida por exceso de 0,1 dB.
- c) En el caso de un filtro de banda eliminada cerca del límite inferior de la banda del sistema, donde la densidad de los productos de no linealidad de segundo orden tiende a ser máxima, la preacentuación del sistema entraña una reducción del error imputable a la anchura de banda de un filtro dado en la misma proporción en que la preacentuación reduce la densidad de la señal a esa frecuencia.

B.3 *Filtros paso banda*

A fin de reducir el número de filtros diferentes, se han adoptado en ciertos casos soluciones transaccionales entre la frecuencia de corte efectiva nominal y la frecuencia límite de la anchura de banda del sistema (véase el § 3 de la Recomendación G.228).

En el caso de los sistemas de mayor capacidad, puede haber también una diferencia importante entre la anchura de banda de $4N$ kHz (siendo N la capacidad del sistema, expresada en cantidad de canales telefónicos) y la anchura de banda del sistema (véase el cuadro 2/G.228).

Ambos factores se tienen en cuenta por medio del factor de corrección k que se incluye en la ecuación (A-2) del anexo A y en el cuadro A-1/G.228.

Las tolerancias recomendadas para los valores nominales de las frecuencias de corte son tales que las anchuras de banda real y nominal de la señal de carga no pueden diferir en más del 1%. Esto asegura que los errores de calibrado (en las mediciones de la RPR) causados por esta imperfección particular no excedan de aproximadamente 0,05 dB.

Las tolerancias para las frecuencias efectivas de corte de paso bajo son en todos los casos inferiores al 1,0% de la anchura de banda nominal del sistema, y en la mayoría de los casos inferiores al 0,8%. Una diferencia del 0,8% entraña, en la medición del ruido no lineal de tercer orden, un error de 0,1 dB, suponiendo una preacentuación de 8 dB. Aun en el caso de un mayor grado de preacentuación, el error máximo por esta causa no debiera exceder de 0,15 dB.

B.4 *Procedimientos para la obtención de mediciones de gran precisión*

Los procedimientos de medida especificados a continuación se recomiendan para las mediciones del tipo de gran precisión, por ejemplo, para verificar si las características de ruido del sistema de transmisión se ajustan a los objetivos fijados.

B.4.1 *Ajuste de la señal de carga*

La potencia de carga debe ajustarse al valor nominal por medio de un aparato de medida del valor eficaz real. El error máximo, incluido el de lectura, no debe exceder de $\pm 0,15$ dB.

B.4.2 Calibrado del receptor

B.4.2.1 Por medio del método de la RPR (véase el § A.2.1), se ajusta el receptor con respecto a la señal recibida inmediatamente antes de insertarse un filtro de banda eliminada.

B.4.2.2 El método de medida directa de la potencia de ruido (véase el § A.2.2) permite disminuir el error de calibrado del receptor a $\pm 0,15$ dB en el intervalo de medida particular, verificando la lectura con ayuda de una señal de ruido blanco y aparato de medida del nivel eficaz real calibrado en corriente continua.

Observación – La precisión de las mediciones respecto del punto de nivel relativo cero (dBm0p o pW0p) depende también de la exactitud con que se conoce el nivel relativo en el punto de medida (n_2 en la figura A-1/G.228).

B.4.3 Inserción de filtros de banda eliminada

Debe insertarse un solo filtro de banda eliminada cada vez. Esto limita los errores en la medición del ruido de intermodulación.

B.4.4 Reajuste de la señal de carga

Normalmente, la señal de carga debe reajustarse a su valor nominal después de insertarse un filtro de banda eliminada. Cuando las mediciones están encaminadas específicamente al estudio de la intermodulación de segundo orden, o cuando se sabe que predomina esta última, se obtiene una mayor precisión reajustando la carga en función únicamente de la pérdida de inserción especificada en las bandas de paso del filtro de banda eliminada, y no de la pérdida de energía espectral en el intervalo de medida.

Observación – El efecto de la anchura de banda del intervalo de medida es despreciable en el caso de los filtros de banda eliminada, de cristal de cuarzo.

B.4.5 Mediciones en el receptor

B.4.5.1 Por medio del método de la relación de potencia de ruido, se mide dicha relación, siendo esta la modificación necesaria del ajuste de un atenuador (Δa en la figura A-1/G.228) para llevar nuevamente la aguja del instrumento indicador al ajuste original.

B.4.5.2 El método de medida directa, permite leer el nivel de ruido ponderado en dBmp (o pWp) en el instrumento. Facultativamente, pueden preverse medios para, por ejemplo, desplazar el punto de calibrado fijando, mediante un conmutador, al nivel relativo n_2 del punto de acceso para la medición T , de modo que el aparato indique valores en dBm0p o pW0p.

B.5 Correcciones para las mediciones de gran precisión

Pueden reducirse los efectos de las siguientes fuentes de error introduciendo correcciones en los valores medidos:

B.5.1 Calibrado del receptor asociado al método de la relación de potencia señal a ruido (RPR)

B.5.1.1 Irregularidad del generador de ruido

La tolerancia para la regularidad del espectro es de $\pm 0,5$ dB. Debe disponerse de un cuadro (o curva) de calibrado para cada generador de ruido.

B.5.1.2 Errores en la anchura de banda efectiva del sistema

La corrección de la conversión de valores de la relación de potencia de ruido en niveles de ruido (en dBm0p), aplicando el factor de corrección k en la ecuación (A-2), permite tener en cuenta, en primer lugar, la diferencia entre la anchura de banda ocupada nominal del sistema objeto de la prueba y la anchura de banda real B entre las frecuencias de corte efectivas del filtro paso banda, y, en segundo lugar, la diferencia entre la anchura de banda ocupada nominal y la anchura de banda total realmente ocupada por los canales telefónicos (o sea $4N$ kHz).

B.5.1.3 *Distorsión de atenuación en la banda de paso de los filtros paso banda a la frecuencia de medida*

Las correcciones de los § B.5.1.1 y B.5.1.2 debieran asegurar un calibrado con una precisión de $\pm 0,2$ dB.

B.5.2 *Efectos del filtro de banda eliminada*

Si se usan filtros de banda eliminada del tipo inductancia-condensador, puede ser conveniente evaluar el error en la medición del ruido de intermodulación como consecuencia de la anchura de banda efectiva de esos filtros. Para ello deben aplicarse las reglas especificadas en los § B.2.3.1 y B.2.3.2.

Es posible, pues, introducir correcciones aproximadas de este error cuando se ha determinado la proporción de ruido de intermodulación de tercer orden y de segundo orden.

B.6 *Limitaciones de la técnica de medida con un ruido de carga*

B.6.1 Los niveles muy bajos de ruido, inferiores a -83 dBm0p (unos 5 pW0p) aproximadamente, no podrán medirse con un error inferior a 2 dB, estando la fuga de ruido inherente del aparato de medida del blanco en el límite correspondiente a $RPR \geq 67$ dB, como se explica en el § B.2.2.

B.6.2 Si bien las mediciones hechas a las frecuencias especificadas pueden confirmar que se cumplen los objetivos fijados en el proyecto, no siempre permiten deducir exactamente las características de ruido de un sistema entre dichas frecuencias. Debe establecerse si esta interpolación está justificada o no en el caso del sistema considerado. La característica de frecuencia del ruido de fondo (sin carga), que puede medirse por medio de un medidor selectivo de nivel y en forma continua variando la frecuencia, da una indicación aproximada de la subordinación con respecto a la frecuencia. Las características globales de un sistema en materia de ruido pueden evaluarse, de ser necesario, efectuando mediciones con equipos de prueba adicionales.

Bibliografía sobre precisión de los métodos de medida del ruido blanco

MUELLER (M.): Noise loading test errors due to finite slot width, *Data and Communications Design*, pp. 20-24, marzo-abril de 1973.

SPINDLER (W.): Noise loading measuring procedures and error sources, *Telecommunications*, pp. 32C-32F, julio de 1974.

Referencias

- [1] Recomendación del CCIR *Medición del ruido por media de una señal de espectro continuo y uniforme en los sistemas de relevadores radioeléctricos para telefonía con multiplexaje por distribución de frecuencia en condiciones de explotación real*, Vol. IX, Rec. 399, Dubrovnik, 1986.
- [2] Recomendación del CCIR *Medición de la calidad de funcionamiento mediante una señal de espectro continuo uniforme en sistemas para telefonía con multiplexaje por distribución de frecuencia en el servicio fijo por satélite*, Vol. IV, Rec. 482, Dubrovnik, 1986.
- [3] Recomendación del CCIR *Características de preacentuación en los sistemas de relevadores radioeléctricos de modulación de frecuencia para telefonía con multiplexaje por distribución de frecuencia*, Vol. IX, Rec. 275, Dubrovnik, 1986.