

**CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN EN ONDAS
KILOMÉTRICAS, HECTOMÉTRICAS Y DECAMÉTRICAS**

(Cuestión 44/10)

(1970-1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introducción

La Cuestión 44/10 trata de la posibilidad de normalizar, en el plano internacional, uno o más sistemas de radiodifusión sonora. El estudio de este complejo problema no se halla todavía suficientemente avanzado para ello. Por lo tanto, el presente Informe se limita a recoger las informaciones disponibles a fin de alentar a las administraciones, organismos de radiodifusión y empresas privadas a considerar el problema y a emprender los estudios necesarios para resolverlo.

En la actualidad, contrariamente a la radiodifusión sonora y de televisión en ondas métricas, la explotación de la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas se efectúa con una ausencia casi total de características de transmisión normalizadas en el plano internacional, salvo en lo que concierne a la separación de los canales y a los valores numéricos de las frecuencias portadoras (cabe señalar, sin embargo, que incluso estas características varían de una Región a otra en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas). Las otras características de transmisión varían de un país a otro y, en ciertos casos, de un transmisor a otro [UER, 1971].

2. Sistemas que podrían normalizarse

La siguiente lista de sistemas no puede considerarse completa en la actualidad. En [Haviland, 1969] se encontrará un estudio comparativo de varios de estos sistemas. En él se ve, también, que para poder definir un sistema, es necesario tener en cuenta las interferencias entre transmisores. El estudio pone de relieve la importancia de una definición precisa de la separación entre canales.

Cada uno de estos sistemas puede estar asociado a dispositivos de «tratamiento de la modulación» (véase la nota 1). En el caso de ser necesario un dispositivo semejante en el receptor para sacar pleno provecho del instalado en el transmisor, deberá completarse la designación codificada mediante una abreviatura adecuada. Por ejemplo, un sistema con modulación de amplitud, doble banda lateral y demodulación de la envolvente que tenga un compresor en el transmisor y un expansor en el receptor, se designará MA-DBL-ENV-COM-EXP. En el anexo I se da un ejemplo.

En [Netzband, 1969 y CCIR, 1966-69] se describen sistemas del tipo modulación de amplitud, doble banda lateral y demodulación sincrónica. Estos sistemas son los únicos que permiten la transición entre los sistemas de modulación de amplitud, doble banda lateral y demodulación de la envolvente y los de banda lateral única y demodulación sincrónica, puesto que los receptores con demodulación sincrónica darían señales de audiofrecuencia sin distorsión, tanto con los sistemas de modulación de amplitud, doble banda lateral y demodulación de la envolvente, como con los sistemas de banda lateral única y demodulación sincrónica («compatibilidad de receptores»).

La emisión de señales de banda lateral única compatibles (véase la nota 2) en la radiodifusión sonora debe considerarse inadecuada para los servicios de programas regulares, y en consecuencia debe limitarse a casos excepcionales, por los siguientes motivos:

- es difícil reducir las emisiones fuera de banda en la banda lateral suprimida de un sistema de banda lateral única compatible;
- los desajustes de los transmisores de banda lateral única compatible producirán intensas emisiones fuera de banda;
- las imperfecciones de los receptores de doble banda lateral convencionales que no influyen para nada en la calidad de reproducción de las emisiones de doble banda lateral, pueden dar lugar a una distorsión dinámica cuando el control automático de ganancia actúa sobre una porción del espectro con alta densidad de energía en vez de actuar sobre la portadora, o provocar una distorsión no lineal debido a la respuesta de amplitud y fase de los pasos de radiofrecuencia y de frecuencia intermedia;
- las distorsiones no lineales adicionales, similares a las que afectan a las señales de doble banda lateral, previsible en la recepción de señales de onda ionosférica, no pueden reducirse utilizando una técnica de modulación distinta de la de detección de envolvente.

Nota 1. — Por «tratamiento de la modulación» se entiende cualquier procedimiento que modifica ciertas características de la modulación, tales como la dinámica, la banda de audiofrecuencia, etc.

Nota 2. — Una emisión de banda lateral es «compatible» si puede recibirse por los receptores clásicos existentes sin ninguna modificación y con una calidad de recepción igual, por lo menos, a la obtenida actualmente con los sistemas de doble banda lateral.

CUADRO I

Modulación	Demodulación	Código
Modulación de amplitud, doble banda lateral	Demodulación de la envolvente	MA-DBL-ENV
Modulación de amplitud, doble banda lateral	Demodulación sincrónica	MA-DBL-SINC
Modulación de amplitud, banda lateral única	Demodulación sincrónica	BLU-SINC
Modulación de frecuencia (banda estrecha)		MF

3. Características que han de especificarse

A continuación figura una lista de las características que deben especificarse para los sistemas mencionados en el punto 2. Esta lista no es exhaustiva.

3.1 Para todos los sistemas:

- separación entre canales,
- frecuencias portadoras,
- frecuencia o frecuencias intermedias,
- estabilidad de frecuencia de los osciladores de los receptores.

Nota 1. — En el anexo II se indican las relaciones entre estas características.

- anchura de banda de audiofrecuencia del programa,
- anchura de banda necesaria en la emisión,
- anchura de banda global del receptor.

Nota 2. — En lo que concierne a las relaciones entre estas características y la separación entre canales, véase el anexo I a la Recomendación 639. Pueden admitirse desviaciones con relación a los valores especificados, siempre que no se traduzcan en una interferencia inadmisibile.

- características de los dispositivos de tratamiento de la modulación.

Convendría, además, normalizar las siguientes características:

3.2 *Sistemas con modulación de amplitud y doble banda lateral*

- índice máximo de modulación.

Cuando se definan las características del sistema de transmisión y del receptor de referencia, (para asegurar la adaptación óptima de un plan de asignación de frecuencias a receptores de calidad razonable), debe tenerse en cuenta lo siguiente:

3.2.1 Las características del sistema de transmisión y del receptor deben estar adaptadas mutuamente, sobre todo en lo que concierne a la curva de respuesta amplitud/frecuencia. La distorsión armónica debe reducirse a valores aceptables. A este respecto, en [Makiedonski, 1974] se establecen y analizan criterios para determinar las tolerancias de las características globales de amplitud y de fase y métodos para evaluar los valores prácticos.

3.2.2 La anchura de banda de audiofrecuencia transmitida debe estar relacionada con la separación entre portadoras (véase el anexo I a la Recomendación 639). (No puede indicarse una anchura de banda precisa; algunas administraciones estiman que la relación entre esta anchura y la separación entre portadoras debe ser de un medio mientras que otras estiman que la relación puede llegar a la unidad, aunque esta relación depende de dicha separación.)

3.2.3 Al menos en las bandas de radiodifusión 5 y 6 (ondas kilométricas y hectométricas) deben adoptarse separaciones uniformes entre portadoras, con frecuencias portadoras nominales que sean múltiplos enteros de las separaciones. (La adopción de una separación uniforme entre portadoras en el mundo entero, incluida la banda 7 (ondas decamétricas) entraña también ventajas técnicas.)

3.2.4 La frecuencia o frecuencias intermedias del receptor deben elegirse de modo que se reduzca lo más posible la interferencia creada internamente en el receptor. Si los osciladores son estables (véase el anexo II), esta condición se satisface mejor cuando la frecuencia o frecuencias intermedias del receptor son múltiplos enteros de la separación entre portadoras.

3.3 *Sistemas de banda lateral única con demodulación sincrónica*

- reducción de la portadora (véase el punto 1.5 de la Recomendación 326);
- atenuación de la banda lateral innecesaria;
- valores máximos admisibles para los productos de intermodulación;
- señales auxiliares para la sincronización de los receptores.

Correspondería aplicar las condiciones mencionadas en el punto 3.2 y, siempre que fuera posible, debieran adoptarse las mismas características.

Nota 3. — En el Informe 1059 figura más información sobre los sistemas de banda lateral única (BLU).

3.4 *Modulación de frecuencia*

- índice de modulación;
- frecuencia de modulación máxima.

4. **Sistemas estereofónicos en radiodifusión con modulación de amplitud**

En [CCIR, 1974-78] se describen cuatro métodos de radiodifusión estereofónica para utilizarlos en las bandas 5 y 6. Todos los sistemas descritos en ese documento emplean la modulación de amplitud convencional para la señal suma estereofónica, y la modulación angular de la misma frecuencia portadora para la señal diferencia. Difieren en la manera en que se genera la modulación y en la distribución resultante de la información audio en las bandas laterales de radiofrecuencia.

4.1 Sistema estereofónico con modulación de amplitud utilizado en Australia y Brasil

Desde febrero de 1985 la Administración de Australia autoriza a las estaciones de radiodifusión en ondas hectométricas a transmitir en estereofonía. La norma de modulación estereofónica adoptada es la modulación de amplitud en cuadratura compatible. Los ensayos prácticos [CCIR, 1982-86] han confirmado que la anchura de banda ocupada por la transmisión estereofónica no es mucho mayor que la ocupada por la transmisión monofónica. El sistema adoptado se ajusta en esencia a las características primarias deseables enumeradas en el § 2.1. La Administración brasileña adoptó el mismo sistema a título exclusivo desde enero de 1986.

5. Preacentuación, desacentuación y limitación de la anchura de banda audio a 10 kHz para las administraciones que emplean un espaciamiento de canales de 10 kHz en la banda 6 (ondas hectométricas)

En la radiodifusión con un espaciamiento de canal de 10 kHz en la banda 6 (ondas hectométricas), se ha aplicado una preacentuación, una desacentuación y una limitación de anchura de banda audio a 10 kHz normalizadas [CCIR, 1986-90]. Esto permite obtener un sistema de transmisión y de recepción con una respuesta de audiofrecuencia global esencialmente uniforme entre 50 kHz y casi 10 kHz (limitada únicamente por la elección de la anchura de banda del receptor), y disminuye la interferencia causada a las estaciones que operan en frecuencias separadas por ± 20 kHz. Además, se eliminan totalmente los productos dinámicos de intermodulación de orden superior no deseados que contribuyen al ruido y a la interferencia en la banda de ondas hectométricas. En el anexo I se describe detalladamente este sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAVILAND, R. P. [junio de 1969] A comparative study of communications systems using different modulation-demodulation techniques. *EBU Rev. Tech.*, 115-A, 102-108.
- MAKIEDONSKI, A. [1974] Analiza zniekształcen obwiedni sygnatu zmodulowanego porzy jednoczesnym występowaniu zniekształcen tłumieniowych i fazowych jego grupy falowej (Análisis de las distorsiones de la envolvente de una señal modulada en presencia simultánea de distorsión de amplitud y de fase de sus componentes espectrales). *Prace Instytutu Łączności*, Vol. XXI, 3, 75.
- NETZBAND, R. [abril de 1969] A novel arrangement for the reception of single-sideband and double-sideband transmissions in AM sound broadcasting. *EBU Rev. Tech.*, 114-A, 60-63.
- UER [agosto de 1971] Modulation processing techniques in AM sound broadcasting. Doc. Tech. No. 3088.

Documentos del CCIR

- [1966-69]: X/135 (Estados Unidos de América).
- [1974-78]: 10/279 (Estados Unidos de América).
- [1982-86]: 10/246 (Australia).
- [1986-90]: 10/103 (Estados Unidos de América).

BIBLIOGRAFÍA

- DOC [julio de 1984] Report on AM Stereo System Tests. Lab. Rep. 110. Dept. of Communications (DOC), Belconnen ACT 2616, Australia.
- LACHARNAY, S., FONTEYNE, J. y MASSUCCI, M. [1978] Radiodiffusion en ondes kilométriques et hectométriques. *Radiodif.-Télév.*, 1.

Documentos del CCIR

- [1978-82]: 10/15 (UER).
- [1986-90]: 10/81 (Brasil).

ANEXO I

UTILIZACIÓN DE DIVERSOS PROCEDIMIENTOS DE
TRATAMIENTO DE LA MODULACIÓN

En la OIRT se han realizado estudios sobre la posibilidad de aumentar el índice de modulación, es decir, la potencia de las bandas laterales, ya sea mediante la modulación trapezoidal, o utilizando la compresión dinámica, en los transmisores de ondas decamétricas y hectométricas [CCIR, 1970-74a]. Los resultados de estos estudios indican que debe preferirse la compresión dinámica sin descrestado, si se persigue el objetivo de aumentar la potencia de las bandas laterales con una pérdida mínima en la calidad (por ejemplo en programas musicales). Por el contrario, si se considera que no es importante una pérdida en la calidad (por ejemplo en la transmisión de la palabra), la modulación trapezoidal proporciona una mayor potencia en las bandas laterales.

Experimentos realizados en la RFZ, Berlín, han confirmado, en la forma indicada a continuación, el aumento de la potencia en las bandas laterales.

– *Compresión de la gama dinámica en 12 dB:*

Ganancia media con un tiempo de establecimiento de 0,5 ms y un tiempo de retorno de 35 ms: ≈ 6 dB

– *Compresión de la gama dinámica en 6 dB:*

Ganancia media con un largo periodo de extinción (1,5 s) para programas con una amplia gama dinámica: ≈ 3 dB

– *Modulación trapezoidal:*

Ganancia media con un aumento de 5 dB en el nivel de la señal de audiofrecuencia, y descrestado: ≈ 3 dB.

En Suecia se han realizado estudios sobre la posibilidad de mejorar la relación señal/interferencia en radiofrecuencia usando la compresión-expansión en audiofrecuencia, en un sistema de doble banda lateral con modulación de amplitud y en un sistema de modulación de frecuencia con una excursión máxima de frecuencia de ± 5 kHz [CCIR, 1966-69].

La gama de audiofrecuencia iba de 40 a 5000 Hz.

El compresor reducía la gama dinámica de la señal de audiofrecuencia expresada en dB, a la mitad de su valor y las constantes de tiempo de establecimiento y de retorno eran 2 ms y 20 ms, respectivamente. Las características del expansor eran simétricas a las del compresor.

Los resultados experimentales pueden resumirse como sigue:

En ausencia de interferencia, no se observó variación alguna de la calidad cuando se utilizaban simultáneamente el compresor y el expansor. La calidad de audición se ha juzgado también satisfactoria cuando se utilizaba solamente el compresor.

En presencia de interferencia cocanal, se hallaron las siguientes relaciones de protección en radiofrecuencia (dB):

	Modulación de amplitud	Modulación de frecuencia
– sin compresor ni expansor	40 a 50	40 a 45
– con compresor solamente	30 a 40	30 a 40
– con compresor y expansor	20 a 25	25 a 30

Los valores indicados se obtuvieron con un transmisor interferente que no iba provisto de un compresor de modulación.

En un estudio más amplio relativo solamente a la modulación de amplitud con doble banda lateral, se investigó el efecto de la compresión y expansión sobre la relación de protección en radiofrecuencia cuando el transmisor interferente disponía también de un compresor [CCIR, 1970-74b]. Este estudio comprendió un cierto número de programas de distinto tipo, transmitidos tanto por el transmisor útil como por el interferente.

Cuando un programa hablado resultaba interferido por otro programa hablado, la reducción de la relación de protección en radiofrecuencia era de unos 15 dB utilizando compresión y expansión. No se apreció deterioro en la calidad de reproducción. Si solamente se empleaba compresión, se obtenía una reducción menor de la relación de protección, de unos 10 dB; en este caso la calidad de la reproducción se consideró inferior a la aceptable y considerablemente peor que con una transmisión sin compresión.

Cuando un programa musical resultaba interferido por otro programa musical o hablado, el resultado dependía en gran manera del carácter del programa. La ventaja obtenida con compresión y expansión o bien solamente con compresión, era siempre más pequeña que cuando el programa era hablado y, algunas veces incluso despreciable.

En Japón se ha elaborado un nuevo método de compresión basado en técnicas digitales [CCIR, 1982-86a]. Este método sirve para una gran variedad de aplicaciones, desde emisiones radiofónicas con compresión elevada hasta emisiones radiofónicas de alta calidad, en ambos casos con una degradación menor de la calidad de la señal.

El principio del método es el siguiente:

- Las señales se dividen en segmentos de longitud predeterminada, que comprenden cierto número de puntos de paso por cero;
- Cada segmento se controla individualmente;
- La información necesaria para el control de un segmento se obtiene del propio segmento;
- El control es fijo dentro de un mismo segmento y cambia solamente en los límites de los segmentos.

Para obtener una compresión mayor, este método de compresión digital permite contrarrestar la mayoría de las desventajas inherentes a los métodos analógicos clásicos. Es fácil seleccionar las características de compresión para diversas aplicaciones mediante la lectura de las direcciones correctas en una memoria de lectura solamente (ROM), y se puede reconstruir la gama dinámica de la señal original en el extremo receptor mediante la información de control recibida.

Gracias a dichas características, este método de compresión tiene una gran variedad de aplicaciones.

Estudios realizados en los Estados Unidos han conducido a la adopción de una preacentuación, una desacentuación y una limitación de anchura de banda a 10 kHz normalizadas que mejoran la respuesta audio global y disminuyen la interferencia [CCIR, 1986-90a]. Se describen a continuación sus características, tal como se aplican a la radiodifusión en la banda de ondas hectométricas en los Estados Unidos de América.

Preacentuación en la transmisión en ondas hectométricas

La preacentuación es el refuerzo de las audiodfrecuencias elevadas antes de su modulación y transmisión. Actualmente, la mayoría de las estaciones que transmiten en ondas hectométricas utilizan la preacentuación en mayor o menor medida. Esto se hace con el propósito de compensar la respuesta "estrecha" de la mayoría de los receptores. Si no se controla la preacentuación, una estación puede causar interferencias a los receptores de ondas hectométricas sintonizados con estaciones vecinas situadas en canales adyacentes. El que esas interferencias resulten molestas dependerá de los siguientes elementos: 1) las características de respuesta del receptor, 2) la medida y la naturaleza de la preacentuación de la transmisión, 3) la medida en que la estación utiliza técnicas de compresión/limitación, y 4) si el sistema de transmisión MA está limitado en banda en el procesador audio, el transmisor o la antena.

Cuando los receptores utilizan transformadores de frecuencia intermedia, la preacentuación sólo resulta útil, hasta cierto punto, para mejorar la respuesta audio de los sistemas de transmisión-recepción en ondas hectométricas. Numerosos receptores que utilizan filtros de cerámica con características de respuesta estrechas no pueden mejorarse utilizando una preacentuación excesiva. Esos receptores no recuperan las audiodfrecuencias elevadas transmitidas con preacentuación.

Cada estación de radiodifusión de ondas hectométricas debería transmitir con una preacentuación audio tan próxima como sea posible (dentro de los límites del sistema de transmisión de la estación) a la norma recomendada, sin rebasarla. La curva se aplica a las audiodfrecuencias de hasta 10 kHz. Véase la fig. 1. La curva describe la respuesta audio estática recomendada del sistema de transmisión de una estación MA.

La curva de preacentuación recomendada es una curva de un solo cero con una frecuencia de ruptura de 2 122 Hz. Es similar a la curva de $75 \mu\text{s}$ utilizada para la radiodifusión en ondas hectométricas en la Región 2. Para reducir el refuerzo de cresta a frecuencias elevadas, se utiliza un polo único con una frecuencia de ruptura de 8 700 Hz. El análisis ha demostrado que la curva propuesta es compatible con la mayoría de los receptores MA actuales.

Características de la medición

La curva de preacentuación en ondas hectométricas es estática, y no puede medirse dinámicamente. Varios estudios han demostrado que las funciones dinámicas y no lineales realizadas por la mayoría de los procesadores audio de las estaciones MA modificarán cualquier curva de preacentuación determinada. Además, es la respuesta audio de todo el sistema de transmisión MA la que indica si las características son conformes a la norma. Por este motivo, la medición de la curva de preacentuación de una estación a fin de determinar su conformidad con esta norma debería efectuarse de acuerdo con las especificaciones siguientes:

- 1) La conformidad con la curva debería medirse barriendo el sistema de transmisión de la estación con señales de audiofrecuencia neutralizarse (en modo "comprobación") las funciones dinámicas del procesador de la estación, pero no los circuitos de conformación de frecuencia.
- 2) La respuesta audio neta del sistema de transmisión se mide mejor detectando la señal radiada, procedimiento que garantiza que el conjunto transmisor/antena MA reproduzca fielmente la señal audio con preacentuación. Por otra parte, si el conjunto transmisor/antena tiene una banda razonablemente ancha, puede determinarse su comportamiento midiendo estáticamente la señal audio antes de la modulación.

Desacentuación en el receptor de ondas hectométricas

La desacentuación en el receptor se debe a las características de selectividad de las etapas de radiofrecuencia y de frecuencia intermedia del receptor y a las características de respuesta de su sección de audiofrecuencia. Gracias a una curva de desacentuación normalizada, las estaciones de radiodifusión de ondas hectométricas pueden conocer con certeza las características probables de respuesta global de los receptores MA.

Los receptores MA deberían complementar las características recomendadas de preacentuación de la transmisión, incorporando la respuesta audio neta del sistema receptor descrita a continuación. (La respuesta audio neta del sistema de un receptor MA es una combinación de las respuestas audio en radiofrecuencia, frecuencia intermedia y audiofrecuencia.) La curva de desacentuación se caracteriza por un polo único a 2 122 Hz y un cero único a 8700 Hz, y es la complementaria exacta de la norma de preacentuación descrita anteriormente. Las normas de preacentuación y desacentuación se aplican únicamente a las audiofrecuencias inferiores a 10 kHz y dan origen a un sistema de transmisión y recepción esencialmente uniforme hasta casi 10 kHz y limitado únicamente por la elección de la anchura de banda del receptor MA.

Características de medición

La característica de desacentuación debería determinarse midiendo la respuesta de frecuencia global, de conformidad con la cláusula 11.2 de la Publicación 315-3 de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Se recomienda la utilización de filtros de ranura, aunque constituyen una mejora facultativa de los receptores MA. En caso de utilizarse, el filtro de ranura deberá reunir las condiciones siguientes: 1) tener una "Q" tan alta como sea posible, 2) suprimir suficientemente las portadoras interferentes, y 3) no degradar indebidamente la característica de anchura de banda deseada del receptor MA.

Anchura de banda de 10 kHz para la transmisión en ondas hectométricas

Cada estación de radiodifusión en ondas hectométricas debería modular su transmisor con una anchura de banda audio descrita en la especificación de la fig. 2. A fin de aplicar esta especificación, pueden utilizarse filtros audio de paso bajo cuidadosamente diseñados para el filtrado final antes de la modulación. La finalidad de la especificación de anchura de banda es suprimir las interferencias controlando la anchura de banda de radiofrecuencia ocupada por las estaciones MA.

El espectro de entrada de la envolvente audio al transmisor de ondas hectométricas debería ser de -15 dB a 10 kHz, disminuirá regularmente hasta -30 dB a 10,5 kHz, y permanecerá a -30 dB entre 10,5 kHz y 11,0 kHz. A 11,0 kHz, la anchura de banda audio debería ser de -40 dB, y disminuir regularmente hasta -50 dB a 15 kHz. Por encima de 15 kHz, la anchura de banda audio debería ser por lo menos de -50 dB. El nivel de referencia es 1 dB por encima de una onda sinusoidal de 200 Hz con una modulación negativa de 90%.

Características de medición

La conformidad de una estación de ondas hectométricas con esta característica de anchura de banda se determina midiendo la anchura de banda audio de la estación según los parámetros siguientes:

- 1) Las mediciones de la anchura de banda audio deberían efectuarse en los terminales de entrada audio del transmisor MA. Para las estaciones MA estereofónicas, la anchura de banda audio debería medirse en los terminales izquierdo y derecho de entrada audio del modulador de radiofrecuencia. Obsérvese que la norma de anchura de banda caracteriza una anchura de banda audio que **representa** los programas de la estación modificado por circuitos probablemente no lineales en el procesador audio de la estación. Por este motivo, se recomienda utilizar una señal de prueba que caracterice adecuadamente los programas típico en lugar de basarse en señales de prueba audio estáticas. Con todo, puede ser útil medir estáticamente la anchura de banda al mismo tiempo que se mide la preacentuación MA.
- 2) La anchura de banda audio debería medirse con una señal de prueba consistente en ruido USASI (United States of America Standards Institute) -véase la fig. 3- a la que se aplican impulsos con una frecuencia de 2,5 Hz y un ciclo de trabajo de 12,5%. La finalidad del ruido USASI es simular los espectros medios a largo plazo de los programas típico. Los impulsos de ruido pretenden simular los fenómenos audio transitorios que se encuentran en el material de programas. El ruido USASI es una fuente de ruido blanco (es decir, un ruido con igual energía a todas las frecuencias) filtrado por 1) una red paso alto de 100 Hz y 6 dB por octava y 2) una red paso bajo de 320 Hz y 6 dB por octava. (Véanse las figs. 3 y 4.) En la fig. 4 se muestra un generador de ruido pulsante USASI. Con el atenuador fijo, la relación entre la amplitud de cresta y la amplitud media debería ser de 20 dB en la salida audio del generador de impulsos. El procesador audio de la estación debe estar en modo de funcionamiento normal.

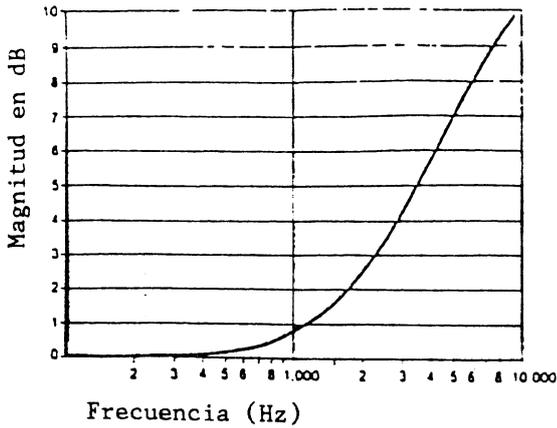


FIGURA 1

Curva de preatenuación normalizada,
MA 75 μ s modificada

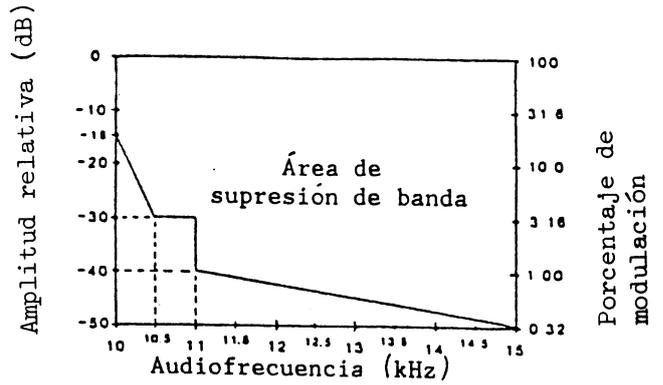


FIGURA 2

Especificación de supresión de banda NRSC
(espectro de entrada de la envolvente
audio al transmisor MA)

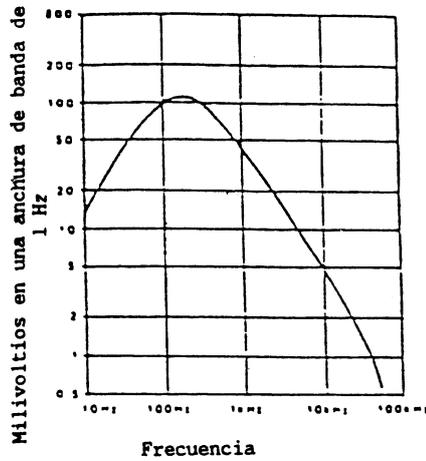


FIGURA 3

Espectros de ruido USASI

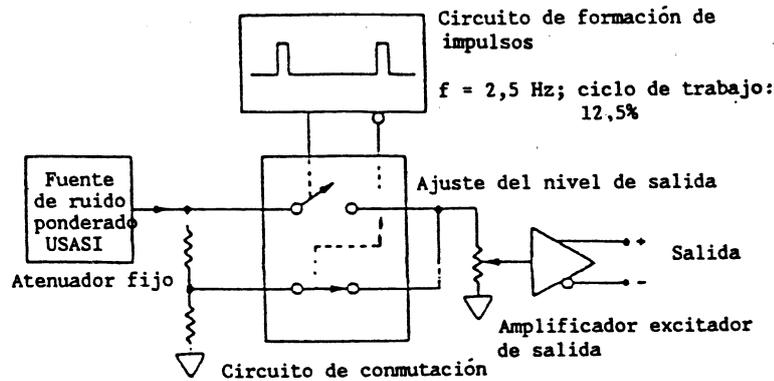


FIGURA 4

Generador de ruido pulsante USASI



- 3) Debería utilizarse un analizador de espectro con barrido de frecuencia o un analizador de espectro TRF (Transformada Rápida de Fourier) adecuado para medir la conformidad con la especificación de anchura de banda. Cuando se utilice un analizador de espectro audio con barrido de frecuencia para medir la conformidad con la especificación de anchura de banda, el dispositivo del analizador debería tener: a) una resolución de anchura de banda de 300 Hz, b) divisiones horizontales de 2 kHz, c) divisiones verticales de 10 dB, d) una referencia de 1 dB por encima de 200 Hz (onda sinusoidal) con modulación negativa del 90%, y e) una presentación visual con retención de cresta máxima (o función equivalente). El intervalo de funcionamiento y la sensibilidad del analizador se ajustarán como sea necesario para determinar la conformidad. Cuando se utilice un analizador TRF para medir la conformidad con la especificación de anchura de banda, el analizador debería contar con: a) una referencia fijada a 1 dB por encima de 200 Hz (onda sinusoidal) con modulación negativa del 90%, b) ventana de Hanning, c) un intervalo horizontal de 20 kHz, d) una gama dinámica (o gama disponible) de 80 dB, e) una presentación visual con retención de cresta máxima (o función equivalente).

Se ha desarrollado en la URSS [CCIR, 1986-90b], un método de medición del índice medio de modulación de las señales de radiodifusión MA en doble banda lateral.

El índice medio de modulación de la señal MA viene determinado por la fórmula:

$$\bar{m} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\int_0^T |U_A(t) - U_0| dt}{U_0 T}$$

donde: U_0 - tensión de la portadora de señal,

$U_A(t)$ - valor instantáneo de la señal MA,

T - tiempo de integración

El índice medio de modulación es igual al producto del máximo valor del índice de modulación para el parámetro de la señal moduladora de audiofrecuencia, denominado "tensión media relativa (TMR)".

$$U_{\text{tmr}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\int_0^T |U(t)| dt}{U_M T}$$

donde: U_{tmr} - tensión media relativa

$U(t)$ - valor instantáneo de la señal moduladora,

U_M - tensión correspondiente al nivel nominal en el punto de medición.

El parámetro U_{tmr} puede utilizarse para el cálculo numérico de la variación del índice de modulación obtenida como resultado de la compresión dinámica de la señal moduladora.

Se ha desarrollado un medidor digital de parámetros de señales de radiodifusión que utiliza un algoritmo para calcular el índice medio de modulación y la TMR de acuerdo con las fórmulas indicadas. El instrumento tiene dos canales de medición, que permiten realizar mediciones simultáneas a la entrada del modulador y a la salida del transmisor, o a la entrada y salida del equipo de tratamiento, y se utiliza para supervisar los transmisores MA de doble banda lateral y los dispositivos de tratamiento preliminar de la señal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

[1966-69]: X/153 (Suecia).

[1970-74]: a. 10/66 (OIRT); b. 10/43 (Suecia).

[1982-86]: a. 10/211 (Japón).

[1986-90]: 10/103 (Estados Unidos de América).

BIBLIOGRAFÍA

WAKURI, T. [noviembre de 1984] An approach to digital level compression using the zero crossing points of programme signals. NHK Lab. Note No. 308.

ANEXO II

SEPARACIÓN ENTRE CANALES, RELACIÓN DE PROTECCIÓN Y FRECUENCIA INTERMEDIA

Deben elegirse las frecuencias portadoras, la separación entre canales y las frecuencias intermedias de los receptores, con miras a reducir lo más posible las interferencias debidas:

- a los osciladores locales del receptor utilizado, o de los receptores situados en las cercanías, causadas por su frecuencia fundamental o por sus frecuencias armónicas;
- a los armónicos de una frecuencia de transmisión, o a los productos de intermodulación, resultado de la combinación de varias frecuencias de transmisión [CCIR, 1963-66; SCART, 1966; CCIR, 1970-74].

Si las frecuencias portadoras, por un lado, y la o las frecuencias intermedias, por otro, son múltiplos enteros de la separación entre canales, toda frecuencia interferente será igualmente un múltiplo de esta separación. Se deduce de ello que, teóricamente, se obtendrá una protección máxima, puesto que la diferencia de frecuencia entre cualquier señal interferente y la frecuencia portadora deseada será nula o igual a un múltiplo de la separación entre canales.

Para que se den estas condiciones en una banda de radiodifusión determinada, es esencial que la separación entre canales sea la misma en toda esta banda. Sería aún más ventajoso si estas condiciones pudieran darse en ondas kilométricas y hectométricas o, con preferencia, en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas [Eden, 1967]. Por otra parte, deberían cumplirse estas condiciones en todo el mundo o, por lo menos, en las zonas donde existe o vaya a establecerse un plan único de frecuencias.

Cabe señalar, sin embargo, que la perturbación producida por una señal interferente aumenta muy rápidamente a medida que crece desde cero la diferencia entre su frecuencia y la frecuencia deseada.

En las condiciones actuales, en la banda 7, las diferencias de frecuencia pueden ser cualesquiera y ello puede conducir al aumento de la relación de protección hasta 17,5 dB. Si se adopta el sistema propuesto, las diferencias de frecuencia dependerán de la precisión del oscilador local y del ajuste de los filtros de paso de banda en frecuencia intermedia. A fin de obtener la mayor mejora posible será necesario, quizá, establecer precisiones de frecuencia del orden de 100 Hz. Puede obtenerse la precisión de la frecuencia intermedia mediante filtros mecánicos o cerámicos, con preferencia a los filtros clásicos. El ajuste de la sintonización inicial y de la deriva del oscilador local podrían requerir dispositivos especiales, por ejemplo, control automático de frecuencia. La adopción de este sistema no produciría gran mejora inmediata con los receptores existentes, pero permitiría un perfeccionamiento importante en el porvenir sin ningún inconveniente en las actuales condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EDEN, H. [diciembre de 1967] Réflexions sur une réorganisation de la radiodiffusion en ondes kilométriques et hectométriques. *Rev. de l'UER*, 106-A. 242-251.

SCART [mayo de 1966] Contribution à l'étude de la fréquence intermédiaire pour les récepteurs de radiodiffusion destinés à recevoir les émissions en ondes kilométriques et hectométriques. Fascículo de documentación SCART, VII, editado por la SDSA, 16 rue de Presles, Paris, Francia.

Documentos del CCIR

[1963-66]: X/161 (Francia).

[1970-74]: 10/273 (Francia).