

RECOMENDACIÓN UIT-R V.574-3

USO DEL DECIBELIO Y DEL NEPERIO EN TELECOMUNICACIONES*

(1978-1982-1986-1990)**

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) la utilización frecuente por el UIT-R del decibelio y del neperio para expresar magnitudes;
- b) la Norma Internacional CEI 60027-3:1989 sobre «magnitudes y unidades logarítmicas» de la Comisión Electrotécnica Internacional;
- c) la colaboración del UIT-R y el UIT-T con el Comité de Estudios N.º 25 de la CEI, que podría permitir una coordinación con el fin de establecer nuevas Recomendaciones;
- d) la Norma Internacional ISO 31 de la Organización Internacional de Unificación de Normas;
- e) la conveniencia de utilizar una sola unidad para expresar en forma logarítmica los valores numéricos de las especificaciones internacionales y los resultados de mediciones en los intercambios a nivel internacional;
- f) el empleo en radiocomunicaciones del decibelio solamente para expresar resultados de mediciones en forma logarítmica;
- g) la necesidad de publicar una guía sobre la materia en la UIT,

recomienda, por unanimidad

1. que los símbolos utilizados para la expresión logarítmica de magnitudes que se refieren directa o indirectamente a la potencia se elijan de conformidad con el Anexo 1.

ANEXO 1

Empleo del decibelio y del neperio**1. Definición de decibelio**

1.1 El *belio* (símbolo B), sirve para expresar la *relación entre dos potencias* mediante el logaritmo decimal de esta relación. Tal unidad, caída en desuso, apenas se utiliza. En la práctica, se emplea el *decibelio* (símbolo dB), que es la décima parte del belio.

1.2 El decibelio permite expresar la relación entre *dos magnitudes de campo*, como una tensión, una corriente, una presión acústica, un campo eléctrico, una velocidad o una densidad de carga, cuyo cuadrado es proporcional a una potencia en los sistemas lineales. Para obtener el mismo valor numérico que con una relación de potencias, el logaritmo de la relación de las magnitudes de campo se multiplica por el factor 20, suponiendo que las impedancias sean iguales.

La correspondencia entre una relación de corrientes o de tensiones y la de las potencias respectivas, depende de las impedancias. Por consiguiente, si las impedancias no son iguales, no conviene utilizar el decibelio a menos que se incluyan los datos relativos a las mismas.

Por ejemplo, si P_1 y P_2 son dos potencias, su relación expresada en decibelios es:

$$10 \lg (P_1 / P_2)$$

* En esta Recomendación, la notación \lg se utiliza para el logaritmo decimal de conformidad con ISO 31-11 y el uso en la CEI (Norma CEI 60027-3). La notación \log_{10} se utiliza también en la ISO y en la CEI.

** Esta Recomendación, modificada por correcciones redaccionales únicamente, se ha actualizado en 1997. Los números de las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) son los que figuran en la edición de 1998 y entrarán en vigor el 1 de enero de 1999.

Si P_1 y P_2 representan las potencias disipadas por las corrientes I_1 e I_2 en las resistencias R_1 y R_2 :

$$10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 10 \lg \frac{I_1^2 R_1}{I_2^2 R_2} = 20 \lg \frac{I_1}{I_2} + 10 \lg \frac{R_1}{R_2}$$

1.3 El decibelio permite expresar la relación entre dos valores de una magnitud asociada a la potencia por una relación bien determinada. En este caso, el logaritmo de esa relación debe multiplicarse por un factor que represente la relación que asocia la magnitud a una potencia, pudiendo agregársele un término que represente un factor multiplicativo.

El § 2 del Apéndice 1 contiene las fórmulas correspondientes y un ejemplo.

2. Definición de neperio

El *neperio* (símbolo Np), sirve para expresar la relación de dos magnitudes de campo, como una tensión o una corriente, cuyo cuadrado es proporcional a una potencia mediante el logaritmo neperiano de esta relación. El valor en neperios de una relación de potencias es la mitad del logaritmo neperiano de la relación de las potencias. Los valores en neperios de la relación de dos magnitudes de campo y de las potencias correspondientes son iguales solamente si las impedancias son iguales.

Un neperio corresponde al valor e de una relación de magnitudes de campo y al valor e^2 de una relación de magnitudes de potencia.

Se utilizan también submúltiplos tales como un decineperio (dNp).

En ciertas especialidades se expresa a veces en neperios el logaritmo de una relación de potencias sin el factor 1/2. Así sucede, por ejemplo, en el caso de la profundidad óptica o atenuación en radiometría. Se prohíbe esta utilización en telecomunicaciones, para evitar toda ambigüedad. El neperio así definido tendría en realidad un valor de 4,34 dB y no de 8,68 dB, como en el uso corriente.

3. Usos respectivos del decibelio y el neperio

Los países conservan la facultad de utilizar el neperio o el decibelio para las mediciones hechas dentro de los límites de su territorio y que, para evitar conversiones inútiles, los países que lo prefieran puedan seguir utilizando entre ellos el neperio por acuerdo bilateral.

Para el intercambio internacional de informaciones sobre las mediciones de transmisión en línea y los valores conexos y para la especificación internacional de los límites de esos valores, la única expresión logarítmica utilizable es el decibelio.

Para los cálculos teóricos y científicos en los que se expresen relaciones en forma de logaritmos neperianos, se utiliza siempre el neperio, implícita o explícitamente.

Como resultado de algunos cálculos sobre magnitudes complejas, se obtiene una parte real en neperios y una parte imaginaria en radianes. Las expresiones en neperios y en radianes pueden convertirse en decibelios y en grados, utilizando factores de conversión.

Los factores de conversión entre el neperio y el decibelio son los siguientes:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Np} &= (20 \lg e) \text{ dB} \approx 8,686 && \text{dB} \\ 1 \text{ dB} &= (0,05 \ln 10) \text{ Np} \approx 0,1151 && \text{Np} \end{aligned}$$

4. Reglas para el empleo de los símbolos que incluyen el símbolo dB

Para la utilización de los símbolos formados a partir del símbolo dB, en la medida de lo posible, deberían seguirse las reglas siguientes:

4.1 Símbolo dB sin indicación suplementaria

El símbolo dB sin indicación adicional debe utilizarse para designar una diferencia entre dos niveles de potencia o una relación entre dos potencias, dos densidades de potencia u otras dos magnitudes claramente relacionadas con la potencia.

4.2 Símbolo dB seguido de información suplementaria entre paréntesis

El símbolo dB seguido de información adicional entre paréntesis puede utilizarse para expresar un nivel absoluto de potencia, densidad de potencia u otra magnitud claramente relacionada con la potencia, con respecto a un valor de referencia que figura entre paréntesis. Sin embargo, el uso corriente lleva en ciertos casos a simplificar la escritura: por ejemplo, dBm en lugar de dB(mW).

4.3 Símbolo dB seguido de información suplementaria sin paréntesis

El símbolo dB seguido de información adicional sin paréntesis puede utilizarse por convenio para indicar condiciones de empleo específicas, tales como mediciones con filtros especificados o en un determinado punto del circuito.

5. Atenuación y ganancia

La *atenuación* o *pérdida* es la disminución entre dos puntos de una potencia eléctrica, electromagnética o acústica. La atenuación es también la expresión cuantitativa de una disminución de potencia, generalmente en decibelios; esta disminución se expresa mediante la relación de los valores en dos puntos de una potencia o de una magnitud relacionada con la potencia de una manera bien definida.

La *ganancia* es el aumento entre dos puntos de una potencia eléctrica, electromagnética o acústica. La ganancia es también la expresión cuantitativa de un aumento de potencia, generalmente en decibelios; este aumento se expresa por la relación de los valores en dos puntos de una potencia o de una magnitud relacionada con la potencia de una manera bien definida.

Debe darse la designación exacta de la atenuación o de la ganancia considerada (por ejemplo, atenuación sobre imagen, pérdida de inserción, ganancia de antena) que, de hecho, se refiere a las definiciones precisas de la relación en cuestión (impedancia terminal, condiciones de referencia, etc.).

5.1 *Pérdida de transmisión* (Referencias: Recomendación UIT-R P.341 y Recomendación UIT-R V.573, término A43)

Relación, expresada en decibelios, entre la potencia transmitida (P_t) y la potencia recibida (P_r):

$$L = 10 \lg (P_t / P_r) \quad \text{dB}$$

5.2 *Ganancia de una antena* (Referencias: RR, Artículo S1, número S1.160 y Recomendación UIT-R V.573, término E04)

«Relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdida (P_0) y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión (P_a), para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia.»

$$G = 10 \lg (P_0 / P_a) \quad \text{dB}$$

6. Niveles

En muchos casos, la comparación de una magnitud, denominada aquí x , con una magnitud específica de referencia de la misma naturaleza (y dimensión) x_{ref} , se expresa mediante el logaritmo de la relación x/x_{ref} . Se denomina con frecuencia a esta expresión logarítmica «nivel de x_{ref} (con relación a x_{ref})». Designando el nivel con el símbolo alfabético general L , el nivel de la magnitud x puede escribirse L_x .

Existen y pueden utilizarse otras designaciones y símbolos. x puede representar una sola magnitud, por ejemplo, la potencia P , o una relación (por ejemplo P/A , siendo A la superficie). Se supone que x_{ref} tiene un valor fijo, por ejemplo, 1 mW, 1 W, 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, 20 μPa , 1 $\mu\text{V}/\text{m}$.

El nivel que representa la magnitud x con la magnitud de referencia x_{ref} puede indicarse mediante el símbolo cuantitativo L_x (con relación a x_{ref}) y puede expresarse en decibelios, cuando la magnitud de referencia es una potencia u otra magnitud muy relacionada con la potencia.

Ejemplo:

Cuando se afirma que el nivel de una potencia dada, P , está 15 dB por encima del nivel correspondiente a 1 W podrá escribirse:

$$L_P(\text{con relación a 1 W}) = 15 \text{ dB, lo cual significa: } 10 \lg (P/1 \text{ W}) = 15^*$$

$$\text{o bien: } 10 \lg P (\text{W}) = 15$$

Se ha considerado práctico en muchos casos utilizar una notación condensada referida únicamente a la unidad, esto es:

$$L_P = 15 \text{ dB}(1 \text{ W})$$

En la expresión de la magnitud de referencia puede omitirse el número «1», aunque no se recomienda en los casos que ello puede inducir a error. (En algunos ejemplos que figuran más abajo se ha omitido precisamente este número.) En otras palabras, cuando no se indica número alguno, debe sobreentenderse el número «1».

Existen notaciones condensadas para casos específicos, como dBW, dBm, dBm0 (véase el § 8 más adelante).

* En la relación ($P/1 \text{ W}$) es preciso, por supuesto, expresar P en vatios.

A continuación se dan ciertos ejemplos en los que el nivel de referencia figura después de la unidad en forma condensada. Conviene tener en cuenta que la notación condensada no permite a menudo caracterizar de manera suficiente una magnitud y que, en tales casos, hay que proporcionar una definición o descripción precisas de la magnitud.

6.1 *Potencia*

El «nivel absoluto de potencia» corresponde a la relación entre P y una potencia de referencia, por ejemplo 1 W.

Si $P = 100$ W y la potencia de referencia es de 1 W, tendremos:

$$\begin{aligned} L_P &= 10 \lg (P/1 \text{ W}) && \text{dB} \\ &= 10 \lg (100 \text{ W}/1 \text{ W}) && \text{dB} \\ &= 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

y en notación condensada 20 dB(1 W) o bien 20 dBW, siendo dBW la abreviatura de dB(1 W). Para una potencia de referencia de 1 mW y $P = 100$ W, tendremos 50 dB(1 mW) o, utilizando la notación especial mencionada más arriba, 50 dBm, siendo dBm la abreviatura de dB(1 mW). En el UIT-R y en el UIT-T se utilizan corrientemente las notaciones dBW y dBm (véase el § 8 más adelante).

6.2 *Densidad espectral de potencia*

La expresión logarítmica corresponde a la relación « $P/\Delta f$ » (donde Δf designa una anchura de banda) y una magnitud de referencia, por ejemplo, 1 mW/kHz. P puede ser la potencia de ruido. En este caso, como en todos los demás, se tomará el logaritmo de una cantidad carente de dimensión.

He aquí un tipo de notación condensada: 7 dB(mW/kHz) o lo que es igual 7 dB(W/MHz) o 7 dB(μ W/Hz).

6.3 *Densidad de flujo de potencia*

La expresión logarítmica corresponde a la relación P/A (donde A es la superficie) y una densidad de flujo de potencia de referencia, por ejemplo, 1 W/m². Puede, por ejemplo, utilizarse la notación siguiente:

$$\begin{aligned} &-40 \text{ dB(W/m}^2\text{)} \\ \text{ó} &-10 \text{ dB(mW/m}^2\text{)}. \end{aligned}$$

6.4 *Densidad de potencia con relación a la temperatura*

La expresión logarítmica corresponde a la relación P/T (donde T es la temperatura de ruido) y una densidad de potencia de referencia, por ejemplo 1 mW/K, donde K es el símbolo de la unidad kelvin.

$$\begin{aligned} \text{Ejemplo:} & \quad 45 \text{ dB(mW/K)} \\ & \quad \text{ó } 15 \text{ dB(W/K)}. \end{aligned}$$

6.5 *Densidad espectral de flujo de potencia*

La expresión logarítmica corresponde a la relación « $P/(A \cdot \Delta f)$ » y una densidad espectral de flujo de potencia de referencia, por ejemplo, 1 W/(m² · Hz).

$$\begin{aligned} \text{Ejemplo:} & \quad -18 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))} \\ & \quad \text{ó } -18 \text{ dB(W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}\text{)}. \end{aligned}$$

Una variante utilizada algunas veces es dB(W/(m² · 4 kHz)).

6.6 *Nivel absoluto de un campo electromagnético*

La intensidad de un campo electromagnético puede expresarse por una densidad de flujo de potencia (P/A), por intensidad del campo eléctrico, E , o por una intensidad del campo magnético, H . El nivel de la intensidad de campo, L_E , es el logaritmo de la relación entre E y una intensidad de campo de referencia, normalmente 1 μ V/m.

Utilizando una notación condensada tendremos:

$$L_E = 5 \text{ dB}(\mu\text{V/m}).$$

Como la potencia transportada por el campo electromagnético está relacionada con el cuadrado de la intensidad de campo, esta notación significará:

$$20 \lg E (\mu\text{V/m}) = 5$$

6.7 *Nivel de presión acústica*

El nivel corresponde a la relación entre la presión acústica y una presión de referencia, a menudo 20 μ Pa.

Ejemplo: 15 dB(20 μ Pa).

Como la potencia acústica está relacionada con el cuadrado de la presión acústica, esta notación significará:

$$20 \lg (p / 20 \mu\text{Pa}) = 15^*$$

7. Relaciones que expresan una calidad de transmisión

7.1 Relación señal/ruido

Se trata de la relación de la potencia de la señal (P_s) a la potencia del ruido (P_n), o bien de la relación de la tensión de la señal (U_s) a la tensión eficaz del ruido (U_n), medidas en un mismo punto y en condiciones específicas. Se expresa en decibelios:

$$R = 10 \lg (P_s / P_n) \quad \text{dB} \quad \text{o} \quad R = 20 \lg (U_s / U_n) \quad \text{dB}$$

También se expresa en forma semejante la relación entre la señal deseada y la señal interferente.

7.2 Relación de protección

Se trata de la relación entre la potencia de la señal deseada (P_w) y la de la señal interferente máxima admisible (P_i), o bien la relación entre la intensidad de campo de la señal deseada (E_w) y la de la señal interferente máxima admisible (E_i). Se expresa en decibelios:

$$A = 10 \lg (P_w / P_i) \quad \text{dB} \quad \text{o} \quad A = 20 \lg (E_w / E_i) \quad \text{dB}$$

7.3 Relación «portadora/densidad espectral de ruido» (C/N_0)

Se trata de la relación $P_c / (P_n / \Delta f)$ en la que P_c designa la potencia de una portadora, P_n la potencia de un ruido y Δf la anchura de banda correspondiente. Esta relación tiene dimensiones de una frecuencia y no puede expresarse de manera bien definida sin ciertas precauciones mediante decibelios ya que la potencia no está ligada a la frecuencia.

Se propone la utilización de esta relación expresándola mediante una magnitud de referencia, tal como 1 W/(W/Hz) que puede indicar el origen del resultado obtenido.

Por ejemplo, si $P_c = 2$ W, $P_n = 20$ mW, y $\Delta f = 1$ MHz, para la expresión logarítmica correspondiente a C/N_0 :

$$10 \lg \frac{P_c}{P_n / \Delta f} = 50 \text{ dB(W/(W/kHz))}$$

Esto se abrevia escribiendo 50 dB(kHz), pero debe evitarse si induce a error.

7.4 Factor de calidad (M)

El factor de calidad (M) caracteriza una estación de recepción radioeléctrica y es una expresión logarítmica que tiene en cuenta la ganancia en potencia de la antena, G (expresada en decibelios) y la temperatura de ruido global, T (expresada en kelvins) de la manera siguiente:

$$M = \left[G - 10 \lg (T / 1\text{K}) \right] \text{ dB(W/(W} \cdot \text{K))}$$

Esta notación puede abreviarse en dB(K⁻¹), pero debe evitarse si induce a error.

8. Notaciones especiales

Se incluyen ejemplos de notaciones especiales que pueden seguir usándose. A menudo, éstas coexisten con otras notaciones.

Para el nivel absoluto de potencia (véase el Apéndice 1, § 1.1):

dBW: nivel absoluto de potencia con relación a 1 vatio, expresado en decibelios;

dBm: nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios;

dBm0: nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios, referido a un punto de nivel relativo cero;

dBm0p: nivel absoluto de potencia sofométrica (ponderado para telefonía) con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero.

* En la relación ($p / 20 \mu$ Pa) es preciso, por supuesto, expresar ambas presiones acústicas en la misma unidad.

- dBm0s: nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica;
- dBm0ps: nivel absoluto de potencia sofométrica (ponderado para una transmisión radiofónica) con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica.

Para el nivel absoluto de campo electromagnético (véase el Apéndice 1, § 2.1):

- dB μ o dBu: nivel absoluto de campo electromagnético con relación a 1 μ V/m, expresado en decibelios.

Para el nivel absoluto de tensión, incluido el nivel de ruido en audiofrecuencia (véase el Apéndice 1, § 2.2 y 2.3):

- dBu: nivel absoluto de tensión con relación a 0,775 V, expresado en decibelios;
- dBu0: nivel absoluto de tensión con relación a 0,775 V, referido a un punto de nivel relativo cero;
- dBu0s: nivel absoluto de tensión con relación a 0,775 V, referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica;
- dBqps: nivel absoluto de tensión ponderada, medido según la Recomendación UIT-R BS.468, para una transmisión radiofónica;
- dBq0ps: nivel absoluto de tensión ponderada, medido según la Recomendación UIT-R BS.468, referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica;
- dBq0s: nivel absoluto de tensión no ponderada, medido según la Recomendación UIT-R BS.468, para una transmisión radiofónica, con relación a 0,775 V y referido a un punto de nivel relativo cero.

Para el nivel relativo de potencia (véase el Apéndice 1, § 1.2):

- dBr: decibelios (relativos).

Para el nivel relativo de tensión en una transmisión radiofónica (véase el Apéndice 1, § 2.4):

- dBr_s: nivel relativo de potencia expresado en decibelios y referido a otro punto para una transmisión radiofónica.

Para el nivel absoluto de presión acústica:

- dBA (o dBB, dBC): nivel de presión acústica ponderado, referido a 20 μ Pa, mencionando la curva de ponderación utilizada (curvas A, B o C, véase la Publicación 123 de la CEI).

Para ganancias de antena con relación a la antena isotrópica:

- dB_i.

Para la ganancia de antena con relación a un dipolo de media onda:

- dB_d.

Nota 1 – En el caso de la relación «energía por bit a densidad espectral de ruido», E/N_0 , que interviene en las transmisiones digitales se relacionan dos magnitudes que son homogéneas con las densidades espectrales de potencia y esta relación puede expresarse en decibelios, como las potencias (véase el § 1 anterior). Sin embargo, conviene tener la seguridad de que las unidades utilizadas para expresar cada uno de los términos de la relación sean equivalentes, por ejemplo el julio (J) para energía y vatio por hertzio (W/Hz) para la densidad espectral de ruido.

Nota 2 – En el Apéndice 1 figuran precisiones sobre la utilización del término decibelio en telecomunicación.

Los ejemplos sirven de ilustración a estos principios.

Nota 3 – En el Apéndice 2 se encuentra el principio de la notación recomendada por la CEI para expresar el nivel de una magnitud con relación a una referencia determinada. Las notaciones utilizadas en esta Recomendación constituyen aplicaciones de este principio.

APÉNDICE 1

Empleo del término decibelio en telecomunicaciones**1. Empleo del decibelio para razones de magnitudes directamente relacionadas con una potencia**1.1 *Nivel absoluto de potencia*

El nivel absoluto de potencia es la relación, expresada en decibelios, entre la potencia de una señal en un punto de un canal de transmisión y una potencia de referencia especificada.

En cada caso, procede especificar si la potencia es real o aparente.

Es necesario indicar mediante un símbolo la potencia de referencia:

- cuando la potencia de referencia es de un vatio, el nivel absoluto de potencia se expresa en «decibelios con relación a un vatio», y se emplea el símbolo «dBW»;
- cuando la potencia de referencia es de un milivatio, el nivel absoluto de potencia se expresa en «decibelios con relación a un milivatio», y se emplea el símbolo «dBm».

1.2 *Nivel relativo de potencia y conceptos conexos*1.2.1 *Definición*

El nivel relativo de potencia es la relación, generalmente expresada en decibelios, entre la potencia de una señal en un punto de un canal de transmisión y esa misma potencia en otro punto del canal elegido como referencia, en general el origen del canal.

En cada caso procede especificar si la potencia es real o aparente.

Salvo especificación en contrario, el nivel relativo de potencia es la relación entre la potencia de una señal sinusoidal de medida, en (800 ó 1 000 Hz), en un punto del canal, y la potencia de esa señal en el punto de referencia para la transmisión.

1.2.2 *Punto de referencia elegido para la transmisión*

En el antiguo plan de transmisión, el UIT-T había definido «el punto de nivel relativo cero» como el punto de origen a dos hilos de un circuito de gran distancia (punto 0 de la Fig. 1).

Con arreglo al plan de transmisión recomendado actualmente, el nivel relativo debe ser $-3,5$ dB en el extremo virtual del lado de transmisión de un circuito internacional a cuatro hilos (punto V de la Fig. 2). El «punto de referencia elegido para la transmisión» o «punto de nivel relativo cero» (punto T de la Fig. 2) es un punto virtual a dos hilos que estaría conectado a V por un transformador diferencial dotado de una atenuación de $3,5$ dB. La carga convencional utilizada para el cálculo del ruido en los sistemas de corrientes portadoras multicanales corresponde a un nivel absoluto de potencia media de -15 dBm en el punto T.

1.2.3 *Significado de «dBm0»*

Si en el punto T se aplica una señal de medida con un nivel absoluto de potencia L_M (dBm), el nivel absoluto de potencia de la señal que aparece en el punto X, en que el nivel relativo es L_{XR} (dBr), será $L_M + L_{XR}$ (dBm).

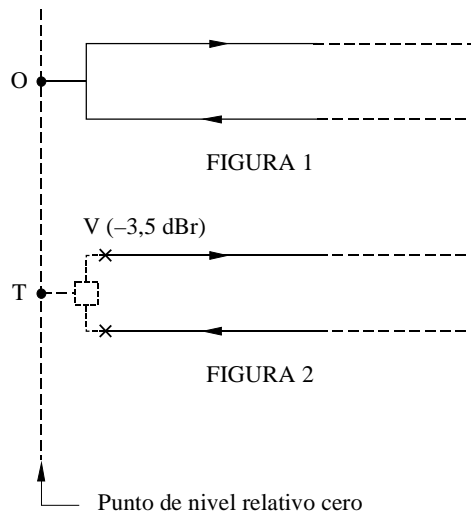
De modo inverso, si una señal en el punto X tiene un nivel absoluto de potencia L_{XA} (dBm), resulta a menudo cómodo «referirlo a un punto de nivel relativo cero» calculando L_0 (dBm0) mediante la fórmula:

$$L_0 = L_{XA} - L_{XR}$$

Esa fórmula puede emplearse no solamente en el caso de señales sino también en el de ruidos (ponderados o no), lo que facilita el cálculo de la relación señal/ruido.

Nota 1 – Pueden encontrarse explicaciones más detalladas en la siguiente Recomendación UIT-T:

- UIT-T G.101, § 3.2 y 3.3, en lo que respecta a los anteriores § 1.2.1 y 1.2.2.



0574-01

1.3 Densidad de potencia

Definición: Razón entre la potencia y otra magnitud, por ejemplo, una superficie, una anchura de banda, una temperatura.

Nota 1 – La razón entre una potencia y una superficie se denomina «densidad de flujo de potencia» y se suele expresar en «vatios por metro cuadrado» (símbolo: $W \cdot m^{-2}$ o W/m^2).

La razón entre una potencia y una anchura de banda de frecuencias se denomina «densidad espectral de potencia» y puede expresarse en «vatios por hertzio» (símbolo: $W \cdot Hz^{-1}$ o W/Hz). Puede expresarse también con una unidad que implique una anchura de banda característica de la técnica interesada, por ejemplo 1 kHz o 4 kHz en telefonía analógica, 1 MHz en transmisión digital o en televisión; la densidad espectral de potencia se expresa entonces en «vatios por kilohertzio» (W/kHz) o en «vatios por 4 kHz» ($W/4 kHz$) o también en «vatios por megahertzio» (W/MHz).

La razón entre una potencia y una temperatura, utilizada especialmente en el caso de potencias de ruido, no tiene denominación específica. Se suele expresar en «vatios por kelvin» (símbolo: $W \cdot K^{-1}$ o W/K).

Nota 2 – En determinados casos, puede emplearse una combinación de varios tipos de densidades de potencia, por ejemplo, una «densidad espectral de flujo de potencia», que se expresa en «vatios por metro cuadrado y por hertzio» (símbolo: $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$ o $W/(m^2 \cdot Hz)$).

1.4 Nivel absoluto de densidad de potencia

Definición: Expresión en forma logarítmica, generalmente en decibelios, de la razón entre la densidad de potencia en un punto considerado y una densidad de potencia de referencia.

Nota 1 – Si se escoge, por ejemplo, como densidad de flujo de potencia de referencia el vatio por metro cuadrado, los niveles absolutos de densidad de flujo de potencia se expresan en «decibelios con relación al vatio por metro cuadrado» (símbolo: $dB(W/m^2)$).

De igual modo, si se escoge como densidad espectral de potencia de referencia el vatio por hertzio, los niveles absolutos de densidad espectral de potencia se expresan en «decibelios con relación al vatio por hertzio» (símbolo: $dB(W/Hz)$).

Si se escoge como referencia de densidad de potencia por unidad de temperatura el vatio por kelvin, los niveles absolutos de densidad de potencia por unidad de temperatura se expresan en «decibelios con relación al vatio por kelvin» (símbolo: $dB(W/K)$).

Se puede fácilmente hacer extensiva esta notación a densidades combinadas. Por ejemplo, los niveles absolutos de densidad espectral de flujo de potencia se expresan en «decibelios con relación al vatio por metro cuadrado y por hertzio» (símbolo: $dB(W/(m^2 \cdot Hz))$).

2. Empleo del decibelio para razones de magnitudes indirectamente relacionadas con la potencia

La práctica corriente ha dado lugar a extender el empleo del término decibelio a razones entre magnitudes que tienen sólo una relación indirecta con la potencia, o que están relacionadas con ella a través de una tercera magnitud. En estos casos, debe emplearse el decibelio con mucha precaución, indicando cada vez lo que se haya convenido y el campo de validez de este empleo.

Constituye un caso práctico muy corriente aquél en que la razón de dos potencias P_1 y P_2 depende sólo de la razón entre los valores X_1 y X_2 de otra magnitud X , según una relación de la siguiente forma:

$$P_1 / P_2 = (X_1 / X_2)^\alpha$$

siendo α un número real cualquiera. El número correspondiente de decibelios puede calcularse entonces a partir de la razón:

X_1 / X_2 según la relación:

$$N = 10 \lg (P_1 / P_2) = 10 \alpha \lg (X_1 / X_2) \quad \text{dB}$$

Debe señalarse que una magnitud X no siempre está asociada con el mismo valor de α , y, sin otra indicación, no es posible, pues, expresar en decibelios la razón de dos valores de la magnitud X .

Corrientemente α es igual a 2 y entonces se pueden expresar en decibelios las relaciones de intensidades, tensiones u otras magnitudes:

$$N = 20 \lg (X_1 / X_2) \quad \text{dB}$$

Un ejemplo con α diferente de 2 es la relación entre el desacoplamiento de polarización (XPD) y la atenuación copolar (CPA), dada por la relación empírica (véase la Recomendación UIT-R P.530):

$$XPD = U - V \lg (CPA) \quad \text{dB}$$

2.1 Nivel absoluto de campo electromagnético

En determinados servicios, es preciso considerar el campo electromagnético creado por un conjunto transmisor. A grandes distancias de la antena, ese campo viene generalmente definido por su componente eléctrica E , para la que suele ser cómodo emplear una escala logarítmica.

Ahora bien, para una onda no guiada que se propaga en el vacío, o en la práctica en el aire, existe una relación bien definida entre el campo eléctrico E y la densidad de flujo de potencia p :

$$E^2 = Z_0 p$$

donde Z_0 , impedancia intrínseca del vacío, tiene un valor numérico fijo de 120π ohmios. En particular, un campo de 1 microvoltio por metro corresponde a una densidad de flujo de potencia de $-145,8 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$.

Puede, pues, definirse el nivel absoluto de campo eléctrico por la siguiente ecuación:

$$N = 20 \lg (E / E_0)$$

siendo E_0 un campo de referencia, generalmente igual a 1 microvoltio por metro. En tal caso, N representa el nivel absoluto de campo en «decibelios con relación a 1 microvoltio por metro», cuyo símbolo es «dB($\mu\text{V/m}$)».

De conformidad con la Norma Internacional ISO 2955, el símbolo «dB($\mu\text{V/m}$)» puede emplearse cuando el juego de caracteres utilizado no comprende las letras griegas. Ese símbolo se abrevia también a veces en «dBu». Este símbolo tiene además otra utilización que se define en el § 3.2 de este Apéndice.

2.2 Nivel absoluto de tensión

El nivel absoluto de tensión es la relación, generalmente expresada en decibelios, entre la tensión de una señal en un punto de un canal de transmisión y una tensión de referencia especificada.

En cada caso, procede especificar la naturaleza de la tensión considerada; por ejemplo, valor eficaz.

Se suele adoptar una tensión de referencia de 0,775 voltios eficaces, que corresponde a una potencia de 1 milivatio disipada en una resistencia de 600 ohmios; ya que 600 ohmios representa el valor, toscamente aproximado, de la impedancia característica de ciertas líneas telefónicas simétricas.

2.2.1 Si la impedancia en cuyos extremos se mide la tensión U_1 es efectivamente de 600 ohmios, el nivel absoluto de tensión así definido corresponde al nivel absoluto de potencia referido a 1 milivatio, y, por consiguiente, el número N representa exactamente el nivel, en decibelios, con relación a 1 milivatio (dBm).

2.2.2 Si la impedancia en cuyos extremos se mide la tensión U_1 es de R ohmios, N es igual al número de dBm más el valor de $10 \lg (R/600)$.

2.3 *Nivel absoluto de ruido de audiofrecuencia en radiodifusión, grabación de sonido o transmisiones radiofónicas*

La medición del ruido de audiofrecuencia en radiodifusión, grabación sonora o transmisiones radiofónicas se efectúa, normalmente, por medio de una red de ponderación siguiendo el método del valor de cuasi-cresta de la Recomendación UIT-R BS.468, utilizando una tensión de referencia de 0,775 V a 1 kHz y una impedancia nominal de 600 ohmios, y expresando los resultados en dBqp.

Nota 1 – Las dos notaciones «dBq» y «dBm», no deben utilizarse indistintamente. En transmisión radiofónica, la notación «dBq» está limitada a la medición del nivel de ruido con ráfagas de uno o varios tonos, mientras que la notación «dBm» se aplica exclusivamente a las señales sinusoidales utilizadas para ajustar el circuito.

2.4 *Niveles relativos de tensión en una transmisión radiofónica*

El nivel relativo de tensión en un punto de una cadena de transmisión radiofónica es la relación, expresada en dB, entre el nivel de tensión de una señal en ese punto y el nivel de tensión de la misma señal en el punto de referencia. Esta relación se expresa en «dBrs», donde «r» indica «nivel relativo» y «s» indica que la relación se refiere a niveles en un sistema de «transmisión radiofónica». En el punto de referencia (el punto de nivel relativo cero, 0 dBrs) una señal de prueba al nivel de alineación (véase la Recomendación UIT-R BS.645) tiene un nivel de 0 dBu. Obsérvese que, en algunas cadenas de radiodifusión puede que no haya punto de nivel relativo cero; no obstante, a los puntos de medición y de interconexión se les puede de todos modos dar un nivel (en dBrs) con relación a un punto ficticio de referencia.

3. **Empleo del decibelio, por extensión, para relaciones de magnitudes no asociadas a una potencia**

3.1 *Razón entre tensiones*

En determinados dominios, como en el de audiofrecuencia, la noción de potencia pierde a veces interés en provecho de la tensión. Así ocurre, por ejemplo, cuando se asocian en cascada redes de dos puertas de baja impedancia de salida y elevada impedancia de entrada: se dejan voluntariamente a un lado las condiciones de adaptación de impedancia para simplificar la formación de estas redes. En estas condiciones, sólo deben tenerse en cuenta las razones entre tensiones en los distintos puntos de la cadena.

Resulta entonces cómodo expresar esas razones entre tensiones según una escala logarítmica, por ejemplo, de base 10, definiendo el número N de unidades correspondientes mediante la ecuación:

$$N = K \lg (U_1 / U_2)$$

En la cual, el coeficiente K es, *a priori*, arbitrario. Sin embargo, por analogía con la ecuación:

$$N = 20 \lg (U_1 / U_2)$$

que expresa, en decibelios, la razón entre las potencias $I^2 R$ disipadas en dos resistencias iguales, en los extremos de las cuales se aplican respectivamente las tensiones U_1 y U_2 , se tiende a adoptar el valor 20 para el coeficiente K . El número N expresa entonces, en decibelios, la razón entre potencias que correspondería a la razón entre tensiones si se aplicaran éstas a resistencias iguales; aunque, en la práctica, no suele ser así.

3.2 *Nivel absoluto de tensión*

Si la impedancia en cuyos bornes se mide la tensión no se precisa, no es posible calcular el nivel de potencia correspondiente. Sin embargo, puede definirse un número N según la convención del § 3.1 con relación a una tensión de referencia, y expresarse en decibelios. Para evitar toda confusión, es imperativo precisar que se trata de un nivel absoluto de tensión, y conviene utilizar el símbolo dBu. No parece que pueda haber confusión con el empleo del símbolo dBu definido en el § 2.1 como nivel absoluto de campo electromagnético con relación al microvoltio por metro. No obstante, si hubiera peligro de confusión, debe escribirse, al menos la primera vez, dB(775 mV).

APÉNDICE 2

Notación para expresar la referencia de un nivel

(Parte 5 de la Publicación 27-3 de la CEI)

Un nivel que represente la magnitud x con la magnitud de referencia x_{ref} puede ser indicado así:

L_x (con relación a x_{ref}), o bien: L_x/x_{ref} .

Ejemplos:

Para expresar que un determinado nivel de presión acústica está 15 dB por encima del nivel que corresponde al de referencia de 20 μPa , se puede escribir:

$$L_p \text{ (re } 20 \mu\text{Pa)} = 15 \text{ dB, o bien: } L_{p/20 \mu\text{Pa}} = 15 \text{ dB}$$

Para expresar que el nivel de una intensidad de corriente está 10 Np por debajo de un amperio, se puede escribir:

$$L_I \text{ (con relación a } 1 \text{ A)} = -10 \text{ Np.}$$

Para expresar que un cierto nivel de potencia está 7 dB por encima de 1 milivatio, se puede escribir:

$$L_p \text{ (con relación a } 1 \text{ mW)} = 7 \text{ dB.}$$

Para expresar que la intensidad de un determinado campo eléctrico está 50 dB por encima de 1 microvoltio/metro, se puede escribir:

$$L_E \text{ (con relación a } 1 \mu\text{V/m)} = 50 \text{ dB.}$$

En las presentaciones de datos, especialmente en forma de cuadros o de símbolos gráficos, se necesita frecuentemente una notación condensada para identificar el valor de referencia. Pueden emplearse las siguientes formas:

15 dB(20 μPa)
 -10 Np(1 A)
 7 dB(1 mW)
 50 dB(1 $\mu\text{V/m}$)

La cifra 1 se omite a veces en la magnitud de referencia pero no es recomendable hacerlo cuando haya riesgo de confusión.

El nivel de referencia constante puede omitirse* cuando se utiliza repetidamente en un contexto determinado y se explica en éste.

* La omisión del nivel de referencia permitida por la CEI, no se autoriza en los textos del UIT-R o del UIT-T