



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.100.1

(11/2001)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –
Definiciones generales

**Uso del decibelio y de niveles relativos en las
telecomunicaciones en la banda de frecuencias
vocales**

Recomendación UIT-T G.100.1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

| | |
|---|--------------------|
| CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES | G.100–G.199 |
| Definiciones generales | G.100–G.109 |
| Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa | G.110–G.119 |
| Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales | G.120–G.129 |
| Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación | G.130–G.139 |
| Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional | G.140–G.149 |
| Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación | G.150–G.159 |
| Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia | G.160–G.169 |
| Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales | G.170–G.179 |
| Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión | G.180–G.189 |
| Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión | G.190–G.199 |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS | G.200–G.299 |
| CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS | G.300–G.399 |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS | G.400–G.449 |
| COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA | G.450–G.499 |
| EQUIPOS DE PRUEBAS | G.500–G.599 |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN | G.600–G.699 |
| EQUIPOS TERMINALES DIGITALES | G.700–G.799 |
| REDES DIGITALES | G.800–G.899 |
| SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA | G.900–G.999 |
| CALIDAD DE SERVICIO Y DE DE TRANSMISIÓN | G.1000–G.1999 |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN | G.6000–G.6999 |
| EQUIPOS TERMINALES DIGITALES | G.7000–G.7999 |
| REDES DIGITALES | G.8000–G.8999 |

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.100.1

Uso del decibelio y de niveles relativos en las telecomunicaciones en la banda de frecuencias vocales

Resumen

Esta Recomendación define diferentes unidades de medición logarítmica del nivel de potencia de uso actual en los sistemas de telecomunicaciones. Da también la relación entre esas unidades e incluye ejemplos de utilización. El texto que sigue es una fusión de información anteriormente dispersa en varias publicaciones y anula y reemplaza el contenido de la Rec. UIT-T B.12, anexo A/G.100, anexo A/G.101, anexo B/Q.551 y 3.8/G.101.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.100.1, preparada por la Comisión de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 29 de noviembre de 2001.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

| | Página |
|----------------------------------|--|
| 1 | Introducción..... 1 |
| 2 | Referencias 1 |
| 3 | Nociones fundamentales relativas a dB..... 2 |
| 3.1 | Pérdida y ganancia..... 2 |
| 3.2 | La letra "p" en "dBmp" y "dBm0p" 4 |
| 3.3 | Factores de corrección..... 4 |
| 3.3.1 | Emisión de una señal de prueba 5 |
| 3.3.2 | Recepción de una señal de prueba..... 6 |
| 3.4 | Relación señal/ruido 6 |
| 3.5 | Nivel de presión sonora 6 |
| 4 | El uso de una señal de referencia..... 7 |
| 5 | Relaciones entre las unidades "dBm", "dBr", "dBm0" 9 |
| 5.1 | Generalidades 9 |
| 5.2 | La unidad "dB" 9 |
| 5.3 | La unidad "dBm" 10 |
| 5.4 | La unidad "dBr" 11 |
| 5.5 | La unidad "dBm0" 13 |
| 5.6 | La relación entre dBm, dBr y dBm0 13 |
| 5.7 | La unidad "dBov" 13 |
| 5.8 | Relación entre niveles de sobrecarga (dBov) y máximos (dBm0)..... 14 |
| 6 | El concepto de "niveles relativos" 15 |
| 6.1 | Principios generales..... 15 |
| 6.2 | Circuitos y conexiones 16 |
| 6.3 | La señal vocal y la gama dinámica del canal vocal..... 17 |
| 6.4 | Designaciones de nivel relativo para un trayecto digital..... 20 |
| 6.5 | Niveles relativos en el diseño, especificación y prueba de equipos..... 21 |
| 6.5.1 | Equipo analógico 21 |
| 6.5.2 | Códecs y atenuadores digitales..... 21 |
| 6.5.3 | Nivel relativo en un punto de un enlace digital..... 22 |
| 6.5.4 | Centrales digitales 24 |
| 6.6 | Niveles relativos en la planificación y el mantenimiento de la transmisión .. 25 |
| Apéndice I – El neperio 28 | |
| I.1 | Introducción..... 28 |
| I.2 | Definición de neperio 28 |
| I.3 | Usos respectivos del decibelio y el neperio..... 28 |

Recomendación UIT-T G.100.1

Uso del decibelio y de niveles relativos en las telecomunicaciones en la banda de frecuencias vocales

1 Introducción

En ingeniería de transmisión resultaría la mayoría de las veces poco práctico caracterizar directamente la magnitud de las señales mediante un valor numérico en voltios o vatios. En su lugar, para caracterizar la magnitud de la señal en relación con algún valor de referencia elegido, se utiliza una medida logarítmica expresada en "dB". Las designaciones generalmente utilizadas son "diferencia de nivel de potencia", "diferencia del nivel de tensión", etc., todas expresadas en "dB". La diferencia de nivel con respecto a una situación estándar se describe simplemente como "nivel". Se miden también en "dB" las pérdidas y ganancias.

Los niveles relativos han sido términos muy útiles en la planificación de la transmisión durante los últimos 40 años y continuarán siéndolo en el futuro. Sin embargo, las redes telefónicas conmutadas públicas han cambiado considerablemente en esos años. Particularmente la introducción de centrales digitales origina alguna incertidumbre en cuanto a la aplicación de niveles relativos, y exige algunos cambios en la manera tradicional de aplicarlos. Más adelante se explican los niveles relativos y los términos asociados, y se dan ejemplos para aclarar esos conceptos.

Las directrices sobre la utilización de decibelios en el campo de la transmisión de sonido y de las frecuencias radioeléctricas pueden verse en la Recomendación UIT-R V.574-4 (05/00) [5].

Las notaciones para expresar la referencia de un nivel pueden verse en la parte 5 de la Publicación CEI 60027-3 [6].

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (2001), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacional*.
- [2] Recomendación UIT-T G.121 (1993), *Índices de sonoridad de sistemas nacionales*.
- [3] Recomendación UIT-T G.712 (2001), *Características de la calidad de transmisión de los canales de modulación por impulsos codificados*.
- [4] Recomendación UIT-T O.41 (1994), *Sofómetro para uso en circuitos de tipo telefónico*.
- [5] Recomendación UIT-R V.574-4 (2000), *Uso del decibelio y del neperio en telecomunicaciones*.
- [6] Publicación CEI 60027-3 (2002), *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 3: Logarithmic and related quantities, and their units*.
- [7] Publicación CEI 60651 (2001): *Sound level meters*.

3 Nociones fundamentales relativas a dB

El *belio* (símbolo B), sirve para expresar la *relación de 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.

El decibelio permite expresar la relación entre dos *magnitudes de campo*, como una tensión, una corriente, una presión sonora, 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 potencia, 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.

El "dB" es una unidad muy práctica que puede utilizarse en muchas aplicaciones diferentes.

Si se comparan dos potencias de señales P_1 mVA y P_2 mVA, se dice que P_1 está a un nivel (de potencia) L dB más alto que P_2 cuando:

$$L = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad [\text{dB}] \quad (3-1)$$

Si se comparan dos tensiones V_1 voltios y V_2 voltios, se dice que V_1 está a un nivel (de tensión) L dB más alto que V_2 cuando:

$$L = 20 \cdot \log \frac{V_1}{V_2} \quad [\text{dB}] \quad (3-2)$$

Cabe destacar que la "potencia" depende del cuadrado de la "tensión", por lo tanto, el coeficiente es 10 en la ecuación (3-1) y 20 en la ecuación (3-2).

La ecuación (3-2) se utiliza también para otras cantidades aparte de los voltios, por ejemplo, corriente, presión acústica, etc. Obsérvese que el término (V_1/V_2) debe ser una cantidad adimensional. Esto se cumple automáticamente cuando V_1 y V_2 representan dos amplitudes de la misma clase. De lo contrario, V_1 y V_2 deben ser referidos cada uno de ellos a valores de referencia específicos de la dimensión adecuada. (Por ejemplo, la sensibilidad de emisión de un aparato telefónico se describe como la relación entre la presión de entrada en pascales y la tensión de salida en voltios, expresada como "dB rel. 1V/Pa".)

3.1 Pérdida y ganancia

Evidentemente la unidad "dB" se utiliza también para caracterizar la pérdida o ganancia (de potencia o de tensión) en un sistema.

En la figura 1 se muestra cómo puede definirse y calcularse una pérdida de tensión. La pérdida de tensión es igual a la diferencia de tensión entre el puerto a) y el puerto b).

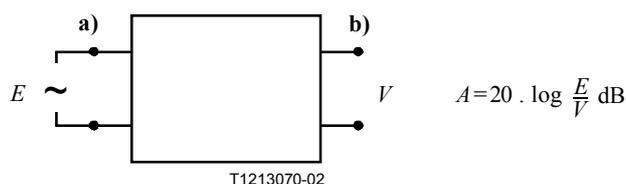


Figura 1/G.100.1 – Ejemplo de pérdida de tensión del puerto a) al puerto b)

Un caso especial lo constituye la pérdida de retorno A_r que ofrece una medida de la desadaptación entre dos impedancias Z_1 y Z_2 . (A_r puede describirse como la pérdida de tensión entre la señal incidente y la señal reflejada en el punto de desadaptación.) La expresión de A_r es:

$$A_r = 20 \cdot \log \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| \quad [\text{dB}] \quad (3-3)$$

Para dos puertos pasivos y recíprocos (como los filtros analógicos y pasivos) se ha visto que resulta práctico basar el concepto de pérdida en la diferencia del nivel de potencia entre las llamadas potencias aparentes en la entrada y la salida de los dos puertos. (Se puede mostrar que para esos tipos de circuitos esta definición de pérdida da como resultado la misma pérdida para ambos sentidos de transmisión.)

En la figura 2 se describe la configuración.

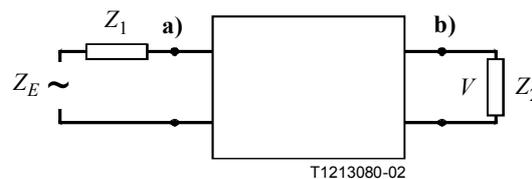


Figura 2/G.100.1 – Ejemplo de cálculo de la pérdida de potencia aparente

Cabe destacar que en la figura 2 el generador de la señal produce un tono de una sola frecuencia.

Por definición, la potencia aparente de referencia P_1 del generador es la que se obtiene cuando la carga es igual a la impedancia del generador Z_1 . Si P_2 es la potencia aparente de salida, tenemos:

$$P_1 = \frac{E^2}{|Z_1|} \quad P_2 = \frac{V^2}{|Z_2|} \quad (3-4)$$

Por lo tanto, la pérdida (de potencia aparente) es:

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad [\text{dB}] = 20 \log \sqrt{\frac{|Z_1|}{|Z_2|}} \cdot \frac{E}{V} \quad [\text{dB}] \quad (3-5)$$

Sin embargo, en las redes telefónicas la cadena de transmisión consiste en unidades en cascada que contienen amplificadores y bucles a cuatro hilos que son no recíprocos y, por lo tanto, para que continúe siendo práctico, el concepto de pérdida en la ecuación (3-5) necesita alguna modificación.

Puesto que las impedancias Z_1 y Z_2 son reales y constantes con la frecuencia, la ecuación (3-5) se utiliza todavía como una definición de pérdida. La "potencia aparente" (expresada en mVA) es en este caso igual a la "potencia activa" (expresada en mW).

Si una impedancia o ambas son complejas y varían con la frecuencia, la transferencia de la "potencia aparente" a diferentes frecuencias no es una medida adecuada del funcionamiento del circuito. Una de las razones es que los componentes activos de la cadena reaccionan a la tensión de entrada y no a la potencia aparente.

Por lo tanto, un circuito conforme a la figura 2 se define como un circuito que tiene una respuesta de frecuencia uniforme cuando:

$$20 \cdot \log \frac{E}{V} = \text{constante} \quad (3-6)$$

independientemente del modo en que las impedancias Z_1 y Z_2 (dadas) varían con la frecuencia.

Para conservar el nexo con el concepto de potencia, la pérdida nominal A_0 se define como la pérdida de potencia aparente en una frecuencia de referencia $F_0 = 1020$ Hz, como figura a continuación:

$$A_0 = 20 \cdot \log \frac{E(F_0)}{V(F_0)} \sqrt{\left| \frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)} \right|} \quad [\text{dB}] \quad (3-7)$$

En consecuencia, la pérdida dependiente de la frecuencia de un circuito conforme a la figura 2, se define como:

$$A(f) = 20 \cdot \log \frac{E(f)}{V(f)} \sqrt{\left| \frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)} \right|} \quad [\text{dB}] \quad (3-8)$$

Las pérdidas de las unidades en cascada pueden ser añadidas para obtener la pérdida global total de la cadena si la desadaptación de la impedancia en los puntos de interconexión es razonablemente pequeña.

NOTA 1 – Estas definiciones sobre la pérdida se aplican también a parámetros electroacústicos, como las sensibilidades de los aparatos telefónicos. Sin embargo, en este caso, para la característica de emisión, la tensión en voltios a la entrada se divide por la presión sonora a la salida en pascuales, y a la inversa, para la característica de recepción. (Se deben efectuar correcciones si la impedancia nominal no es 600 ohmios.)

NOTA 2 – El concepto de potencia aparente en una frecuencia distinta de la frecuencia de referencia 1020 Hz es irrelevante.

NOTA 3 – Generalmente, la característica de recepción de un aparato telefónico es más bien uniforme dentro de la banda de frecuencias vocales transmitidas. A menudo, la característica de emisión tiene una preacentuación pronunciada en el extremo superior de la banda de frecuencia.

3.2 La letra "p" en "dBmp" y "dBm0p"

La letra pequeña "p" adicional se deriva de la palabra francesa "ponderé" equivalente a "ponderado" y significa que el valor considerado es un nivel de ruido, medido por un sofómetro con un filtro especial con ponderación de ruido incluido, que se describe en la Rec. UIT-T O.41 [4].

3.3 Factores de corrección

Dependiendo del tipo de instrumentos de prueba, equipos auxiliares y objetos de prueba, algunas veces se requiere utilizar factores de corrección, para ajustar el nivel correcto de la señal de prueba, o para obtener el resultado de prueba correcto. Esto ocurre principalmente en presencia de impedancias complejas capacitivas.

En la práctica, pueden utilizarse instrumentos de prueba con impedancias de entrada/salida sólo resistivas de 600 Ω y consecuentemente niveles de emisión o los resultados visualizados referidos a 1 mW. Para la correcta terminación de objetos en prueba con impedancias complejas, se utilizan equipos auxiliares denominados "convertidor de impedancia". El principio de tales convertidores se ilustra en la figura 3 en la aplicación de emisión y en la figura 4 en la de recepción.

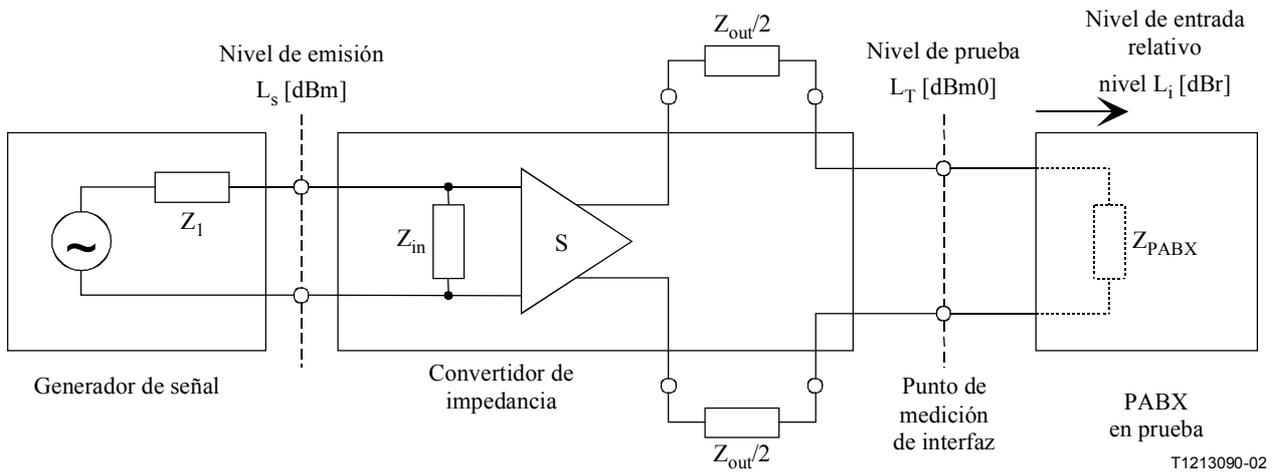


Figura 3/G.100.1 – Convertidor de impedancia en el trayecto de transmisión

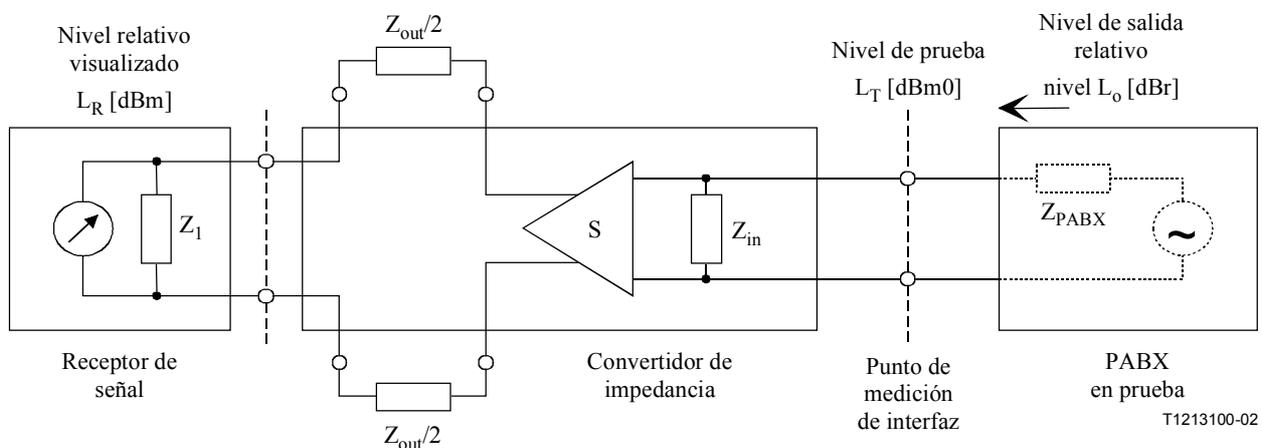


Figura 4/G.100.1 – Convertidor de impedancia en el trayecto de recepción

Un diseño ventajoso es el que permite obtener una relación de transferencia de potencia de 1 a una frecuencia de referencia de 1020 Hz, si se terminan los circuitos con las impedancias nominales respectivas a la entrada y a la salida. En este caso la ganancia de tensión "s" del amplificador insertado es:

$$s = 6 + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad [\text{dB}] \quad (3-9)$$

Esta fórmula es válida para la parte de emisión y de recepción de un convertidor de impedancia. Debe señalarse que si Z_{out} o Z_{in} es una impedancia compleja, se debe utilizar el módulo a la frecuencia de referencia 1020 Hz.

Para convertidores de impedancia en la aplicación con diferentes impedancias complejas, la ganancia "s" se ajusta normalmente sólo a 6 dB (relación de transferencia de potencia = 1 sólo, si $Z_{in} = Z_{out}$) y se utilizan los valores de corrección como sigue:

3.3.1 Emisión de una señal de prueba

En esta aplicación (véase la figura 3) Z_{in} se adapta exactamente a la impedancia Z_i del generador de señal (por ejemplo 600 Ω) y Z_{out} es el valor nominal de la impedancia de la interfaz Z_{PBX} de la PBX en prueba.

Para obtener el nivel de prueba requerido L_T en dBm0 en el IMP, el nivel de emisión necesario L_S en dBm del generador de señal puede calcularse como sigue:

$$L_S [\text{dBm}] = L_T [\text{dBm0}] + L_i [\text{dBr}] + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad (3-10)$$

Ejemplo 1: Para una interfaz de la PBX en prueba con un nivel relativo de entrada $L_i = -5$ dBr y una impedancia nominal $Z_{PBX} = 842 \Omega$ (módulo a 1020 Hz para una impedancia compleja de tres elementos con $270 \Omega + 750 \Omega // 150 \text{ nF}$) se aplicará un nivel de prueba de $L_T = -10$ dBm0. ¿Cuál es el nivel de emisión necesario L_S en dBm en un generador de señal con impedancia 600Ω ? De la ecuación (3-10) resulta lo siguiente:

$$L_S = -10 \text{ dBm0} + (-5 \text{ dBr}) + 10 \cdot \log \frac{842}{600}$$

$$L_S = -13,53 \text{ dBm}$$

3.3.2 Recepción de una señal de prueba

En recepción (véase la figura 4) Z_{out} se adapta exactamente a la impedancia Z_i del instrumento Z_{in} proporciona la terminación nominal del instrumento en prueba (IUT, *instrument under test*) con la impedancia Z_{PBX} .

Para obtener el nivel de prueba (recibido) correcto L_T en dBm0 en el IMP, es necesario corregir el nivel de recepción L_R visualizado en dBm en el receptor de señal, utilizando la siguiente fórmula:

$$L_T [\text{dBm0}] = L_R [\text{dBm}] - L_o [\text{dBr}] + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad (3-11)$$

Ejemplo 2: Suponiendo las mismas impedancias para el instrumento de prueba (600Ω) y la PBX en prueba (842Ω) como en el ejemplo 1, pero con un nivel relativo de salida $L_o = -7$ dBr, ¿cuál es el nivel de prueba L_T recibido correcto si la lectura del receptor de señal es $L_R = -50$ dBm? De la ecuación (3-11) resulta lo siguiente:

$$L_T = -50 \text{ dBm} - (-7 \text{ dBr}) + 10 \cdot \log \frac{600}{842}$$

$$L_T = -44,47 \text{ dBm0}$$

3.4 Relación señal/ruido

Esta es la relación de la potencia de la señal (P_S) a la potencia de ruido (P_N), o bien la relación de tensión de señal (U_S) a la tensión de ruido (U_N) medida en un punto dado en condiciones especificadas. Es, expresada en decibelios:

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{P_S}{P_N} \right) [\text{dB}] \quad \text{o} \quad R = 20 \cdot \log \left(\frac{U_S}{U_N} \right) [\text{dB}] \quad (3-12)$$

La relación de la señal deseada a la señal no deseada se expresa de la misma manera.

3.5 Nivel de presión sonora

Es el logaritmo, generalmente expresado en decibelios, de la relación de la presión sonora a una presión de referencia, a menudo $20 \mu\text{Pa}$ pero típicamente referenciada a 1 Pa en telefonometría. Generalmente, cuando la presión sonora se referencia a $20 \mu\text{Pa}$, se denomina dB_{SPL}.

Ejemplo:

$$15 \text{ dB}(20 \mu\text{Pa}) \text{ o } 15 \text{ dB}_{\text{SPL}}$$

Como la potencia acústica está relacionada con el cuadrado de la presión sonora, esto significa:

$$20 \log (p / 20 \mu\text{Pa}) = 15 \text{ dB}_{(20 \mu\text{Pa})}$$

En la relación $(p/20 \mu\text{Pa})$ o $(p/1 \text{ Pa})$, es evidente que ambas presiones sonoras deben expresarse en las mismas unidades.

A menudo se pondera el nivel de la presión sonora con objeto de tener en cuenta la sensibilidad del oído humano a la frecuencia. Para un nivel de presión acústica absoluto $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{A})$ [o $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{B})$, $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{C})$] designa el nivel de presión acústica ponderado con respecto a $20 \mu\text{Pa}$, mencionando la curva de ponderación utilizada (curvas A, B o C, véase [7]). Puede aplicarse también la misma ponderación cuando la presión sonora se refiere a 1 Pa [por ejemplo, $\text{dBPa}(\text{A})$].

4 El uso de una señal de referencia

En general, el concepto de una "señal de referencia" enviada a través de la red es muy útil para visualizar la transmisión de la señal.

En las partes analógicas de la red, la señal de referencia definida es un tono de la frecuencia 1020 Hz , la frecuencia de referencia F_0 . Su magnitud está determinada de tal manera que tendrá un valor de potencia aparente de 1 mVA en determinado punto de referencia de nivel. (Cabe destacar que, en vez de mVA , el UIT-T ha utilizado tradicionalmente la designación " mW ".)

Un punto de referencia de nivel puede existir físicamente o sólo ficticiamente. En la cláusula 4 se examinará cómo se localiza dentro de un equipo o circuito.

En la parte analógica de la red, un punto de referencia de nivel tiene generalmente una impedancia nominal compleja Z_n cuyo módulo $|Z_n|$ varía con la frecuencia. Por lo tanto, en este punto de referencia la tensión de la señal de referencia es la siguiente:

$$V(F_0) = \sqrt{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \quad [\text{V}] \quad (4-1)$$
$$Z_n(F_0) \quad [\Omega]$$

NOTA – En sistemas anteriores, la impedancia nominal en un punto de referencia de nivel analógico era siempre resistiva y constante con la frecuencia. Sin embargo, la tendencia moderna es utilizar impedancias complejas en las partes a dos hilos de la red.

Se dice que la señal de referencia tiene un nivel absoluto de 0 dBm en el punto de referencia de nivel. (Cabe destacar que, en la mayoría de los casos, las señales de prueba reales se especifican a niveles 10 dB por debajo de esta señal de referencia.)

En un trayecto digital la señal de referencia corresponde a un caso especial de la secuencia de referencia digital MIC, el DRS, a saber a la frecuencia 1020 Hz .

La unidad dBm se utiliza también para caracterizar el nivel absoluto de un tono de una frecuencia diferente de la frecuencia de referencia F_0 . Si se indica que el nivel absoluto de la señal es $L \text{ dBm}$ en un punto de impedancia nominal Z_n , la tensión es por definición:

$$V(f) = \sqrt{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot 10^{L/20} \quad [\text{V}] \quad (4-2)$$

Cabe destacar especialmente que el módulo de la impedancia nominal en la ecuación (4-2) deberá tomarse siempre a la frecuencia de referencia F_0 . (Esto corresponde al principio mencionado anteriormente en la cláusula 3.)

Cabe preguntarse cómo podrá evaluarse adecuadamente la magnitud de las señales complejas (es decir, las señales que tienen un espectro ancho en lugar de un solo tono).

Examinaremos en primer lugar el caso de una señal en una impedancia constante y resistiva. Para los sistemas de modulación por división de frecuencia (FDM, *frequency division modulation*), el

funcionamiento está afectado por la potencia total inyectada en los canales. Como la impedancia a la entrada del canal de banda vocal FDM es resistiva = R , la potencia está determinada simplemente por el promedio de los cuadrados de la tensión, dividido por la resistencia a la entrada R :

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot R} \cdot df \quad [\text{mW}] \quad (4-3)$$

donde:

$$V(f) = \text{tensión espectral} / \sqrt{\text{Hz}}$$

R en ohmios

F_1 y F_2 (en Hz), son los límites de banda de la señal.

Así pues, el resultado puede expresarse como un nivel absoluto en dBm, es decir, en este caso dB con relación a una potencia activa de 1 mW.

$$L = 10 \cdot \log P \quad [\text{dBm}] \quad (4-4)$$

Cuando el valor dBm de una señal vocal que actúa sobre una carga de resistencia constante se calcula de esta manera, puede hacerse una predicción bastante precisa de muchos parámetros, por ejemplo, las tensiones de cresta y su distribución estadística en función del tiempo.

Sin embargo, en los equipos modernos de banda vocal, como las centrales digitales, las señales pasan por interfaces de impedancias nominales complejas. Como se ha mencionado anteriormente, la transferencia se realiza sobre la base de la tensión, y los elementos activos son sensibles a la tensión, y no a la potencia. De este modo, la evaluación adecuada de la magnitud de la señal debe basarse también en la tensión. Para mantener los principios aplicados al caso de los sistemas FDM, se considera que la señal "medida de la magnitud" es un promedio de los cuadrados de la tensión, pero dividido por el módulo de la impedancia compleja nominal en la frecuencia de referencia F_0 , es decir $Z_n(F_0)$.

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot df \quad [\text{mVA}] \quad (4-5)$$

El nivel correspondiente está dado por la ecuación (4-4).

Cabe destacar que, en la ecuación (4-5), P está expresada en mVA o, como tradicionalmente se utiliza en el UIT-T en mW. Por lo tanto, la magnitud de una señal compleja se indica a veces en mW o pW sobre la base de la ecuación (4-5). Esto es de gran utilidad para las señales de ruido porque para obtener el valor total en pW pueden añadirse los valores (en pW) de las señales no correlacionadas. (Sin embargo, es necesario destacar que este concepto de potencia no tiene nada que ver con la potencia aparente.)

La magnitud de las señales vocales normales puede medirse por medio de instrumentos especiales. Anteriormente era habitual utilizar el llamado medidor de volumen. Actualmente se prefieren instrumentos conformes a la Rec. UIT-T P.56. (Ambos tipos de instrumentos están basados en la evaluación del cuadrado de la tensión.) Los valores indicados por los instrumentos, permiten determinar propiedades tales como la potencia a corto y largo plazo, los valores máximos, etc.

Cuando el receptor del teléfono transforma una señal eléctrica en presión acústica, hay que tener en cuenta las características del oído humano a fin de determinar la magnitud adecuada de la señal que percibe el oyente. Para las señales de ruido, esto se efectúa añadiendo una ponderación sofométrica $W(f)$ dB, como se especifica en la Rec. UIT-T O.41. (Cabe destacar que la ponderación incluye la respuesta de un receptor telefónico "típico" apoyado con fuerza contra la oreja del oyente. Esto

quiere decir que la respuesta de frecuencia del receptor es bastante uniforme dentro de la banda vocal hasta aproximadamente 3,4 kHz, donde comienza el límite de la banda.)

La potencia sofométrica correspondiente es la siguiente:

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot 10^{W(f)/10} \cdot df \quad [\text{mVA}] \quad (4-6)$$

Donde, $F_1 = 16,66 \text{ Hz}$, $F_2 = 6000 \text{ Hz}$

El nivel sofométrico absoluto se designa en dBmp:

$$L_p = 10 \cdot \log P_p \quad [\text{dBmp}] \quad (4-7)$$

Un instrumento que realiza una ponderación sofométrica, incluida una cierta constante de tiempo, se denomina sofómetro. En la Rec. UIT-T O.41 se especifica el funcionamiento de este instrumento.

En la planificación de la transmisión es importante saber que las señales vocales están sujetas a pérdidas electroacústicas cuando pasan a través de la red. Estas pérdidas se denominan "índices de sonoridad" y también se miden en dB. Hay que destacar, sin embargo, que no es adecuado determinar los índices de sonoridad como la diferencia de los niveles vocales (volúmenes) obtenidos utilizando un medidor de volumen, un instrumento P.56 o un sofómetro. La razón de ello es que para el índice de sonoridad la ponderación de la señal es diferente de la utilizada para evaluar el nivel vocal. Para los índices de sonoridad, la ponderación depende del nivel de la señal vocal y se realiza con una escala de frecuencia aproximadamente logarítmica (véase la Rec. UIT-T P.79).

Para señales vocales a niveles normales la ponderación de la señal se da aproximadamente como un promedio en dB. El índice de sonoridad en emisión (SLR, *send loudness rating*) y el índice de sonoridad en recepción (RLR, *receive loudness rating*) se miden mediante instrumentos especiales, especificados en las Recomendaciones de la serie P. El cálculo es la mejor manera de determinar el índice de sonoridad del circuito (CLR), es decir, la pérdida de sonoridad que introduce un elemento de circuito típico como un cable de abonado. Es necesario destacar que la pérdida nominal A_0 definida en la ecuación (3-7) llega a ser una buena medida de CLR.

Para las señales más débiles derivadas de la voz, la ponderación de la señal es diferente. En los ecos para el oyente está dada como un promedio de tensión; en la diafonía y los ecos para el hablante, como un promedio del cuadrado de la tensión. (Para abreviar, en este contexto la adición de cuadrados de tensión se llama a veces adición de potencia.)

Se puede hallar más información en el anexo A/G.111 y en las Recomendaciones de la serie P.

5 Relaciones entre las unidades "dBm", "dBr", "dBm0"

5.1 Generalidades

Los valores de transmisión para pérdida, ganancia y niveles se expresan en decibelios (dB) como un principio general. La unidad básica "dB" se amplía a menudo con letras adicionales con objeto de distinguir su utilización en diferentes aplicaciones. El objetivo de esta cláusula es proporcionar una breve descripción de las formas más comunes utilizadas para las mediciones de transmisión en las frecuencias de la banda vocal, así como una explicación introductoria de ciertas aplicaciones de planificación de transmisión. Véase también la cláusula 6 para una discusión más completa.

5.2 La unidad "dB"

Esta unidad básica se utiliza principalmente para pérdidas, ganancias, pérdidas de retorno, etc., es decir como una relación logarítmica entre dos valores que pueden ser tensiones, corrientes,

potencias, presiones acústicas, etc. Si la relación es X para tensiones, corrientes, presiones, la expresión en dB es $20 \log (X)$. Si la relación es Y para potencias, la expresión en dB es $10 \log (Y)$.

5.3 La unidad "dBm"

Esta unidad con la "m" adicional se utiliza como medida logarítmica de la "magnitud" P de una señal real. El "valor dBm" de una señal se denomina su "nivel de potencia absoluto" o "nivel absoluto".

La magnitud de la señal P utilizada para la caracterización de la señal en las aplicaciones de banda vocal tiene la dimensión de potencia, es decir expresada en mW o mVA, y tiene por definición la forma:

$$P = \frac{1000 \cdot V^2}{|Z(f_0)|} \quad [\text{mW}] \text{ o } [\text{mVA}] \quad (5-1)$$

donde:

V : el valor eficaz en voltios de la tensión en la impedancia de prueba Z que en el caso general es compleja y dependiente de la frecuencia.

$Z(f_0)$: el valor de la impedancia de prueba en ohmios a la frecuencia de referencia (sinusoidal) $f_0 = 1020 \text{ Hz}$.

La elección de esta definición se basa en tres convenios:

- a) En primer lugar, es práctico caracterizar la magnitud de la señal con una unidad que tiene la dimensión de potencia, ya que ésta ha sido la práctica en el caso especial de terminaciones resistivas;
- b) en segundo lugar, los circuitos electrónicos están diseñados para reaccionar a las tensiones, es decir, la tensión de salida en circuito abierto de, por ejemplo, un amplificador depende solamente de la tensión entre sus terminales de entrada, independientemente de las impedancias de entrada y de salida del amplificador. Por consiguiente "la potencia" absorbida por la impedancia de entrada del amplificador no tiene influencia sobre la forma de amplificarse la señal. De ahí la utilización de un valor de impedancia constante en el denominador en lugar de una impedancia dependiente de la frecuencia.
- c) en tercer lugar, en una señal sinusoidal con la frecuencia de referencia (1020 Hz) el valor numérico de P será igual a la potencia aparente absorbida por Z , cuando ésta es compleja, que es el mismo que la potencia activa cuando Z es resistiva.

Obsérvese que P es igual a la potencia activa absorbida por la impedancia de prueba Z solamente cuando esta última es puramente resistiva y constante con la frecuencia, por ejemplo, cuando $Z = 600 \Omega$. En este caso P se mide en mW, de lo contrario en mVA. Sin embargo, cuando Z es compleja, el valor de P no representa la potencia aparente absorbida por la impedancia de prueba a otras frecuencias que a la frecuencia de referencia 1020 Hz.

La definición del denominado nivel de potencia absoluto L es:

$$L = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dBm}] \quad (5-2)$$

donde:

P : la potencia en mW que será establecida;

P_0 : el valor de referencia que es $P_0 = 1 \text{ mW}$.

De la misma forma, en la banda vocal la pérdida entre dos puntos analógicos 1 y 2 se define como:

$$A(f) = 10 \cdot \log \frac{P_1(f)}{P_2(f)} \text{ [dB]} = 20 \cdot \log \frac{V_1(f)}{V_2(f)} \sqrt{\frac{Z_2(f_0)}{Z_1(f_0)}} \text{ [dB]} \quad (5-3)$$

Algunas veces la unidad "dBm" se utiliza en unión de un nivel de tensión, referido a una tensión de 0,775 V. La utilización de "dBm" en esta aplicación solamente es correcta si la impedancia de prueba es 600 Ω resistiva ya que 0,775 V a través de 600 Ω producen la potencia activa de referencia de 1 mW. Es importante recordar esto si se utilizan interfaces complejas capacitivas o impedancias de prueba.

5.4 La unidad "dBr"

Esta unidad se utiliza para caracterizar "niveles relativos", es decir para expresar las relaciones de nivel para las señales entre puntos en un trayecto de señal, con el convenio de que uno de los puntos se designa como punto de referencia de nivel con el nivel relativo 0 dBr.

Más específicamente, se considera que una señal de referencia sinusoidal 1020 Hz en la banda vocal pasa el trayecto de la señal considerado con una amplitud tal que su valor absoluto es 0 dBm en el punto 0 dBr. El nivel relativo en dBr en cualquier otro punto en este trayecto de señal es por consiguiente igual al nivel (en dBm) que tiene la señal de referencia en ese punto. (Obsérvese que deben utilizarse designaciones de nivel relativo en ambos sentidos de transmisión.)

Si el punto de referencia de nivel es digital, normalmente la señal de referencia se considera decodificada por un decodificador ideal en cuyo terminal de salida se produce una potencia de 1 mW, con una terminación resistiva de 600 Ω (véase también la cláusula 5).

El concepto de nivel relativo es muy práctico para los aspectos de transmisión de las telecomunicaciones de varias maneras. Es un método para adaptar la capacidad de tratamiento de la potencia del equipo de transmisión en una conexión a los niveles de las señales reales en la red. La pérdida y la ganancia en la red pueden especificarse por medio de niveles relativos. Además, pueden utilizarse niveles relativos para caracterizar parámetros de ciertos componentes de un equipo.

Obsérvese, sin embargo, que las reglas de aplicación para los niveles relativos dependen del contexto en el que se utilizan.

Resulta inmediatamente evidente que las diferencias de los niveles relativos entre dos puntos, que tienen el mismo punto de referencia de nivel, corresponden a la pérdida o ganancia entre esos dos puntos (a la frecuencia de referencia).

Además, se utilizan niveles relativos para caracterizar las capacidades de tratamiento de la "potencia" de componentes (tales como códecs) y de equipo por una parte y los niveles esperados de las señales reales en la red por otra parte. Eso se discutirá con mayor detalle en las siguientes cláusulas.

El "trayecto de señal considerado", para el cual se designó un punto de referencia específico de 0 dBr, puede comprender:

- a) un componente único, tal como un codificador o un decodificador;
- b) un equipo, tal como medio canal de una central digital;
- c) un circuito en sentido de la definición del UIT-T, es decir, la conexión fija entre dos centrales.

En los dos primeros casos, la "capacidad de tratamiento de la potencia" es el principio guía para la atribución de un punto de referencia de nivel. En el tercer caso los "niveles absolutos esperados de las señales reales" determina la elección del punto de referencia de nivel.

El objetivo es por supuesto adaptar la calidad de funcionamiento del componente al requisito de calidad de funcionamiento del equipo, que a su vez debe adaptarse a la gama real de los niveles de señal. Sin embargo, no es siempre posible alcanzarlo exactamente. Por esta y otras razones la atribución del punto de referencia 0 dBr en el trayecto de señal puede elegirse de forma diferente en los tres casos anteriores, es decir, cuando se considera el componente solo, cuando se considera como parte del equipo y cuando el equipo forma parte del circuito. Esto significa que la designación de nivel relativo en un cierto punto puede diferir a veces en los tres casos, hecho que debe recordarse cuando se discuten los niveles relativos.

NOTA – Sería fácil suponer que solamente existe un punto de referencia de nivel en la red al cual están referidos todos los niveles relativos. No obstante, este no es el caso. De hecho, en una conexión completa, se pueden designar varios puntos de referencia de nivel diferentes. Estos pueden ser incluso diferentes de aquellos seleccionados cuando se consideraron separadamente las partes de los enlaces de transmisión en el contexto de los parámetros para equipos o componentes. Por consiguiente, cuando se declara el nivel relativo en un punto debe quedar perfectamente claro en qué contexto se aplica este nivel relativo.

En la cláusula 6 se da una discusión más detallada de las distintas aplicaciones de los niveles relativos.

Obsérvese que puede introducirse un denominado "salto de nivel" en el punto de interconexión entre dos circuitos (UIT-T). De esta manera, la pérdida o la ganancia entre dos puntos que pertenecen a dos circuitos diferentes no es siempre igual a la diferencia en sus niveles relativos (circuito). Tal ejemplo es el caso de los niveles relativos de entrada y salida de una central digital que no tiene pérdida digital o circuitos complementarios de ganancia. Cuando la central se considera como un equipo, la diferencia entre los niveles relativos de entrada y de salida (del equipo) da la pérdida a través de la central debido a que los dos medios canales tienen el mismo punto de referencia de nivel. Cuando la central se considera una parte de una conexión, los dos medios canales pertenecen a dos circuitos diferentes (UIT-T) interconectados "en la mitad de" la matriz de conmutación. Los niveles relativos de entrada y de salida (del circuito) para la central, que se han declarado en el plan de transmisión para la conexión, pueden diferir de los niveles relativos (del equipo) especificados. Esto se debe a que los niveles relativos (del circuito) se refieren a dos puntos de referencia de nivel separados, cada uno determinado por estimación de los niveles de señal esperados en los dos circuitos (en general, sin embargo, las diferencias no son muy grandes).

Para el propósito de la especificación de los parámetros del equipo y la medición de la transmisión, que es lo que nos ocupa, la "capacidad de tratamiento de la potencia" es el factor dominante en la elección del punto de referencia de nivel 0 dBr. En este contexto, se considera que el tren de bits MIC digital de 64 kbit/s tiene un nivel relativo de 0 dBr, siempre que no exista pérdida digital ni atenuadores de ganancia en su trayecto. Los codificadores y decodificadores ideales conectados al tren de bits se definen con niveles relativos de 0 dBr en sus puertos analógicos cuando su nivel de recorte de una señal sinusoidal se halla a +3,14 dBm (ley A). El nivel relativo para codificadores y decodificadores reales conectados al tren de bits se determina por medio de los niveles de recorte reales con respecto a los niveles de recorte de los códecs ideales.

Cuando se incluye en el tren de bits digital pérdida digital o atenuador de ganancia, debe elegirse en qué lado del atenuador se asignarán 0 dBr al tren de bits. En el contexto de la especificación del equipo y la medición de transmisión, se ha encontrado más práctico aplicar el convenio de que nunca debe asignarse un nivel relativo superior al tren de bits digital 0 dBr. Esto significa que:

- i) un atenuador digital con pérdida L dB tiene los niveles relativos de 0 dBr a la entrada y $-L$ dBr a la salida;
- ii) un atenuador digital con ganancia G dB tiene los niveles relativos de $-G$ dBr a la entrada y 0 dBr a la salida;

Obsérvese que en el contexto de la planificación de la transmisión, puede a veces asignarse a un tren de bits digital un nivel relativo diferente de 0 dBr aun si no existe atenuador digital en el trayecto digital (véase 6.4).

En 6.5.3 se indica otro par de posibles opciones para el punto 0 dBr en las centrales digitales.

5.5 La unidad "dBm0"

Cuando se utiliza una "m" adicional y un "0" (cero) con el "dB" básico, el nivel considerado se expresa como el nivel absoluto (dBm) de la misma señal que se mediría en el punto de referencia de nivel 0 dBr pertinente.

Este término se utiliza en unión de las mediciones de transmisión para especificar niveles de prueba y resultados de prueba; el término también facilita la comparación de los niveles de potencia de diferentes señales refiriéndolas a un punto de referencia común, es decir el punto de referencia 0 dBr. Las redes se diseñan a menudo para transportar diferentes tipos de señales (voz, módem, fax, etc.) a diferentes niveles, expresados en dBm0.

5.6 La relación entre dBm, dBr y dBm0

La relación entre los niveles relativos en las interfaces, que tienen el mismo punto de referencia de nivel, y la pérdida o ganancia de transmisión resultante "L", viene dada por la fórmula:

$$L = L_i - L_o \quad (5-4)$$

donde L_i y L_o son los niveles de entrada y salida relativos en las interfaces.

La relación entre los términos dBm, dBr y dBm0 pueden expresarse por la siguiente fórmula:

$$\text{dBm} = \text{dBm0} + \text{dBr} \quad (5-5)$$

$$\text{dBmp} = \text{dBm0p} + \text{dBr (para ruido ponderado)} \quad (5-6)$$

o:

$$\text{dBm0} = \text{dBm} - \text{dBr (general)} \quad (5-7)$$

$$\text{dBm0p} = \text{dBmp} - \text{dBr (para ruido ponderado)} \quad (5-8)$$

Ejemplo 1: Se requiere que el nivel de prueba para una interfaz con un nivel relativo de entrada $L_i = -2$ dBr, sea -10 dBm0. ¿A que nivel de potencia absoluto en dBm debe ajustarse el generador de señal?

$$\begin{aligned} \text{dBm} &= \text{dBm0} + \text{dBr} \\ &= -10 + (-2) = -12 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Ejemplo 2: El nivel del tono de marcación en una interfaz con un nivel relativo de salida de $L_o = -7$ dBr se midió con -19 dBm. ¿Satisface este valor el requisito dado con ≤ -15 dBm0 para este tipo de interfaz?

$$\begin{aligned} \text{dBm0} &= \text{dBm} - \text{dBr} \\ &= -19 - (-7) = -12 \text{ dBm0} \end{aligned}$$

El resultado revela que el nivel del tono de marcación queda fuera del límite.

NOTA – Algunos instrumentos de prueba modernos incorporan además un ajuste automático del nivel de prueba absoluto correcto, como la corrección necesaria de los niveles recibidos, y visualizan los resultados en "dBm0". En esos casos puede evitarse el cálculo antes indicado pero se requiere un ajuste adicional (además del propio nivel de prueba mismo), para adaptar el instrumento de prueba a los niveles de entrada y salida relativos del objeto en prueba.

5.7 La unidad "dBov"

En el proceso de especificación de los codificadores vocales y otros dispositivos de procesamiento de señal, es costumbre expresar la especificación del nivel de entrada del códec en términos de dB con relación al punto de sobrecarga del sistema digital. Esta es una forma más conveniente de

representar niveles con relación a la potencia máxima que puede almacenarse en formato de coma fija flotante de un dispositivo de procesamiento digital específico.

En una notación genérica, el nivel de sobrecarga dentro del dominio digital puede venir definido por el valor de amplitud (normalizado) $x_{over} = 1,0$. La especificación de nivel para los códecs vocales se hace con respecto a este punto de sobrecarga en el dominio digital. Debe señalarse que este nivel de saturación **no** depende del método de cuantificación utilizado y permanece idéntico, independientemente de si se efectúa la cuantificación, por ejemplo con 32, 16, 13 u 8 bits. La forma en que se relaciona este punto de sobrecarga al mundo analógico depende del método de conversión entre los dominios analógico y digital, y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

La potencia de una señal muestreada $x(n)$ con una longitud de N muestras puede definirse por:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)^2$$

Para un sistema digital que tiene un punto de sobrecarga x_{over} , la potencia de señal máxima será $P_0 = 1,0$. En este caso, el nivel de potencia para una señal digital en decibelios con relación al nivel de saturación (dBov, donde los caracteres "ov" significan arbitrariamente el nivel de la señal de sobrecarga digital [*overload*]) se define por:

$$L_{ov} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ [dBov]}$$

El nivel de la potencia de señal máxima P_0 es por consiguiente 0 dBov, que se elige como nivel de referencia. Una señal con tal nivel de potencia puede ser:

- una secuencia de números positivos máximos ($+x_{over}$);
- una secuencia de números negativos máximos ($-x_{over}$); o
- una función rectangular que adopta solamente los números máximos positivos o negativos ($\pm x_{over}$).

El nivel de un *tono* con una amplitud digital (valor de cresta) de x_{over} es por tanto $L = -3,01$ dBov.

5.8 Relación entre niveles de sobrecarga (dBov) y máximos (dBm0)

Aunque los niveles en las redes de transmisión digital suelen expresarse en términos de potencia del tono (por ejemplo en dBm0), la especificación de nivel para dispositivos de procesamiento digital tales como codificadores vocales se efectúa en términos de valores dBov. Por consiguiente, resulta útil relacionar estas dos unidades de nivel. La conversión entre ambas representaciones puede expresarse genéricamente por:

$$y(\text{dBm0}) = z(\text{dBov}) + C$$

Hay tres casos específicos de interés: ley A G.711, ley- μ G.711, y G.722. Debe señalarse que independientemente del caso, el nivel T_{max} de un tono de nivel máximo sería siempre $-3,01$ dBov. Para la regla de codificación G.711, un tono que adopta el nivel máximo tiene una potencia T_{max} de 3,14 dBm0 con ley A, y de 3,17 dBm0 con Ley μ . Por tanto, C resulta 6,15 dB con ley A y 6,18 dB con ley μ . Para el algoritmo de codificación de banda ancha G.722 el punto de sobrecarga de los convertidores A/D y D/A debe ser 9 dBm0. Por tanto, en ese caso, C resulta 12,01 dB.

Las siguientes relaciones resumen las antes descritas:

$$\Lambda_A (\text{dBm0}) = L_{ov} (\text{dBov}) + 6,15 \text{ dB} \quad (\text{ley A})$$

$$\Lambda_{\mu} (\text{dBm0}) = L_{ov} (\text{dBov}) + 6,18 \text{ dB} \quad (\text{ley } \mu)$$

$$\Lambda_{G.722} (\text{dBm0}) = L_{ov} (\text{dBov}) + 12,01 \text{ dB} \quad (\text{G.722})$$

6 El concepto de "niveles relativos"

6.1 Principios generales

Como se indicó en la cláusula 5, el concepto de nivel relativo se aplica en muchas áreas.

En la planificación de la transmisión, se utilizan niveles relativos para caracterizar "niveles de potencia de señal probables" que aparecen en los circuitos de la red.

En el mantenimiento de la transmisión, se utilizan los niveles relativos para describir la pérdida o la ganancia entre puntos así como para definir los niveles de las señales de prueba.

En la especificación y el diseño de un equipo, se utilizan niveles relativos para describir las capacidades de tratamiento de la potencia cuando el equipo se emplea en una cadena de transmisión.

En la prueba de equipos y componentes, se utilizan niveles relativos para caracterizar parámetros de señal.

En el caso ideal, las capacidades de tratamiento de la potencia de los componentes y del equipo se adaptarían en forma apropiada a las potencias de señal real que encuentren cuando se utilicen en la red. En la práctica, esto no siempre es posible ni incluso deseable. Por ejemplo, en el diseño de equipo, las designaciones de nivel relativo para la prueba de componentes no siempre corresponden exactamente a los niveles relativos especificados para el equipo considerado como una unidad.

El nivel relativo en un punto se define como la ganancia compuesta entre un punto ficticio de referencia para la transmisión (punto 0 dBr) y dicho punto (o como la atenuación compuesta desde el punto en cuestión hasta el punto de referencia para la transmisión) a la frecuencia de referencia 1020 Hz. Como norma, el punto de referencia para la transmisión no es accesible, sino que es un punto puramente ficticio utilizado para definir el concepto de nivel relativo. Cuando se especifican y se miden los sistemas de transmisión, las centrales, las centralitas, etc., en lugar de punto de referencia para la transmisión se utiliza frecuentemente el término "punto de referencia de nivel".

En la realidad, los niveles relativos de diferentes puntos en un circuito se determinarán basándose en los niveles relativos fijos a la entrada y a la salida de los sistemas de transmisión o de las centrales digitales. La capacidad de manejo de la potencia de estos sistemas está definida y la tarea más difícil es encontrar el nivel relativo de entrada de los circuitos que garantizará la obtención de la mejor carga posible de los sistemas de transmisión y de las centrales.

Los niveles en el circuito quedarán determinados por el SLR de los aparatos telefónicos utilizados, la línea de abonado y la atenuación en los circuitos entre la central local y la entrada del circuito.

Tradicionalmente, en la planificación de la transmisión cada circuito tiene su propio punto de referencia para la transmisión específico y los niveles relativos dentro de un circuito se limitan a ese circuito y no tienen sentido fuera de él. Como norma, se puede hallar la atenuación entre puntos diferentes de un circuito, calculando la diferencia entre los niveles relativos en esos puntos. Para determinar la atenuación entre puntos situados en diferentes circuitos, es necesario conocer el plan de transmisión. (En las redes en las que no hay atenuación en los circuitos, por ejemplo las redes digitales, es posible tener el mismo nivel dBr a la salida de un circuito que el nivel dBr a la entrada del circuito interconectado. En estos casos especiales, se puede hallar directamente la atenuación entre diferentes puntos de diferentes circuitos calculando la diferencia de nivel relativo. Sin embargo, esto significa que se conoce el plan de transmisión.)

El concepto de niveles relativos se utiliza para diferentes aplicaciones, tales como:

- 1) planificación de la transmisión;
- 2) establecimiento, ajuste y mantenimiento de circuitos;

- 3) especificación y medida del equipo, por ejemplo, sistemas de transmisión, centrales digitales y centralitas privadas.

Todas estas diferentes aplicaciones utilizan el mismo concepto básico de dBr, definido y descrito en la presente Recomendación. Sin embargo, las diferentes aplicaciones utilizan de manera distinta el dBr, lo cual en algunos casos puede ocasionar malentendidos.

En la planificación de la transmisión, cuando se tienen en cuenta los niveles de entrada y la calidad de los diferentes equipos que forman parte del circuito, se asignan a los diferentes puntos del circuito niveles dBr que permitan obtener la óptima calidad del circuito. En algunos casos (especialmente para las centrales digitales) esto significa que un punto, cuando es considerado parte del circuito, puede tener un nivel dBr diferente, del que se le ha asignado en especificaciones y procedimientos de prueba. Sin embargo, esto no debe ocasionar problemas si se comprende que es simplemente porque los niveles dBr diferentes se utilizan para aplicaciones diferentes.

Sin embargo, las distinciones entre las diferentes aplicaciones de los "niveles relativos" no siempre se han establecido claramente, ni siquiera en las Recomendaciones del UIT-T, lo cual ha provocado confusión algunas veces.

A menudo está claro a qué se refiere un valor de nivel relativo. No obstante, existe un riesgo de malentendido. Es una precaución inteligente hacer una declaración directa, tal como:

- a) nivel relativo (prueba);
- b) nivel relativo (equipo);
- c) nivel relativo (circuito).

Ejemplo de malentendido es que a veces se ha considerado erróneamente que los niveles relativos indicados en un plan de transmisión correspondan exactamente con los niveles de prueba del equipo.

A continuación se dan ejemplos de "buenas prácticas de ingeniería" con respecto a las aplicaciones del nivel relativo. Debe considerarse que las reglas tienen una cierta flexibilidad. La mayoría de las dificultades parecen haberse presentado con la transmisión digital. Por tanto, se concede una atención especial a los casos digitales.

6.2 Circuitos y conexiones

El término "circuito" designa el trayecto de transmisión directo entre dos centrales, incluido el equipo de terminación asociado de las centrales. En la planificación de la transmisión, la atenuación del circuito incluye la atenuación de la central.

En las centrales analógicas esto significa que la "mitad" de la atenuación de la central de cada extremo del circuito se incluye en la atenuación del circuito. Por lo tanto, la entrada al circuito está situada en "el medio de" una central y la salida del circuito está situada en "el medio de" la otra central. Los puntos de entrada y salida de un circuito entre centrales analógicas no son puntos accesibles, sino puntos ficticios utilizados para la planificación de la transmisión.

En las centrales digitales la entrada del circuito es generalmente un flujo binario digital, por ejemplo, en los puntos de prueba de la central, y la atenuación en los diferentes equipos terminales, terminaciones híbridas, etc., se considera parte del circuito.

Los circuitos están enlazados unos a otros en las centrales y forman conexiones. Una conexión es una cadena de circuitos interconectados por puntos de conmutación entre diferentes puntos de la red conmutada. Una conexión completa es una conexión entre dos equipos terminales conectados a la red conmutada.

La atenuación de una conexión es la suma de las atenuaciones de los circuitos que establecen la conexión. (Puesto que la atenuación de las centrales está incluida en los circuitos, los puntos de

conmutación no tienen atenuación. No existe una atenuación asociada al punto de interconexión entre dos circuitos; toda la atenuación está incluida dentro de los circuitos.)

En algunos casos, principalmente en las redes privadas, no se aplica la definición de "circuito". Las centrales situadas dentro de una red privada están normalmente interconectadas mediante líneas alquiladas, especificadas en las interfaces de los sistemas de transmisión.

6.3 La señal vocal y la gama dinámica del canal vocal

Durante los periodos normales de actividad vocal, la variación de nivel entre diferentes hablantes tiene una desviación típica de aproximadamente 3 dB registrada con una distancia fija entre la boca y el micrófono. Sin embargo, cuando los hablantes utilizan microteléfonos reales, sostenidos según sus preferencias personales, la desviación típica aumenta hasta 5 dB.

La calidad de funcionamiento del equipo (de portadoras) de multiplexación por división de frecuencia (FDM, *frequency division multiplex*) se rige por la carga del canal total. Eso significa que es importante la capacidad de carga del canal **medio**. Según la antigua Rec. UIT-T G.223, esta debería ser -15 dBm0, con pausas vocales incluidas y teniendo en consideración algunas señales extrañas. Esto se traduce en -11 dBm0 para los periodos vocales reales.

En los sistemas MIC, la calidad de funcionamiento del canal individual debe adaptarse a la **gama dinámica** de las señales vocales. Por tanto, resulta interesante estudiar la distribución de amplitud instantánea de las señales vocales.

Resulta práctico referir la amplitud absoluta V de las señales vocales al valor eficaz (rms) de la señal vocal (V_{eff}) durante periodos vocales activos. Las investigaciones han revelado que la distribución estadística puede ser simulada por la función:

$$P(X) = \frac{K}{\Gamma(L)} (KX)^{L-1} e^{-KX} \quad (6-1)$$

donde: $X = \frac{V}{V_{eff}}$

$L = \text{constante}$

$K = \sqrt{L(L+1)}$

$\Gamma = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$ (la función Gamma)

El valor de L es aproximadamente 0,5 para microteléfonos con micrófonos lineales modernos (en los micrófonos antiguos de tipo carbón L es aproximadamente 0,2).

La ecuación anterior ha de interpretarse como sigue:

La probabilidad de encontrar un valor en el intervalo $X \pm dX/2$ es $P(X) dX$.

De la ecuación anterior puede calcularse la distribución estadística acumulativa $F(X)$. Esto se ilustra en la figura 5 con $N = 20 \log (V/V_{eff})$ como abscisa y $L = 0,2 \dots 0,6$. Para comparación, se dibuja una curva similar para la envolvente de señales de ruido blanco de banda limitada.

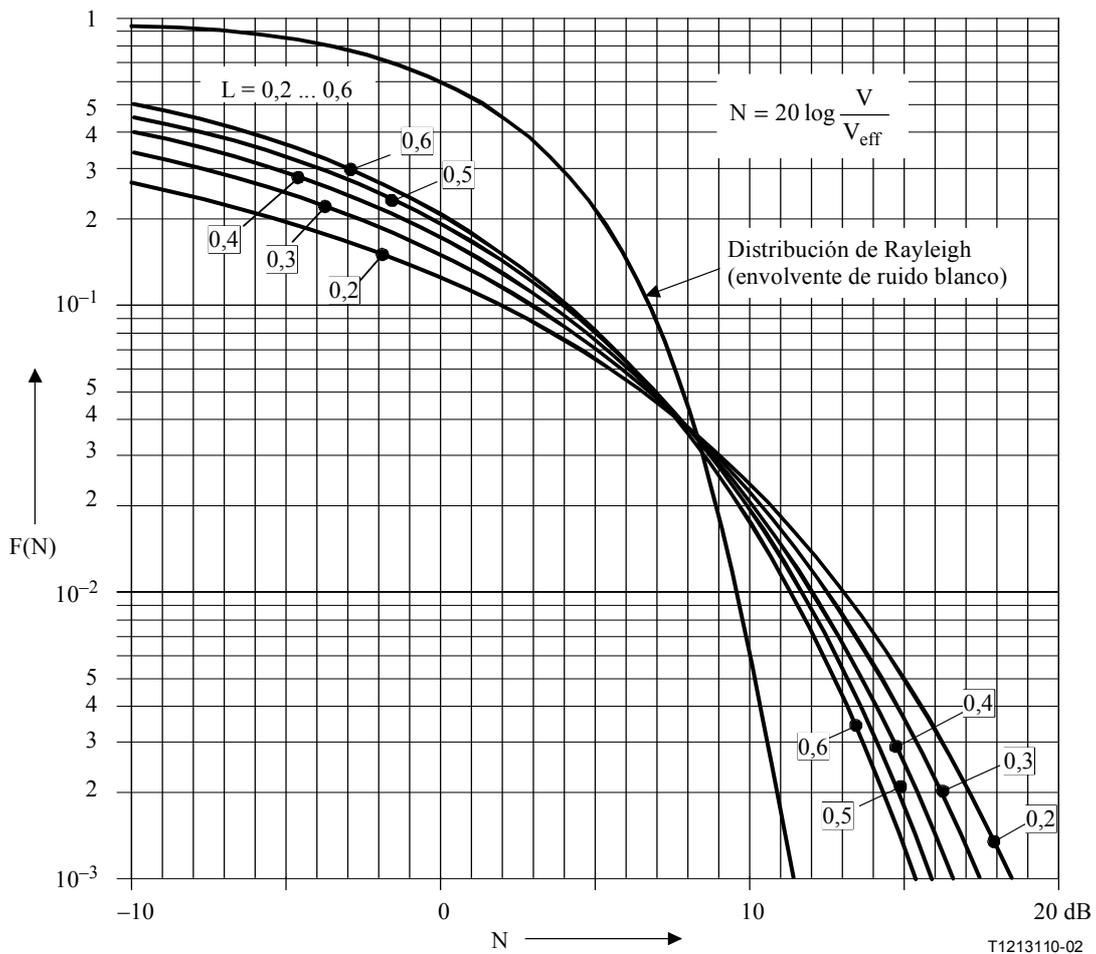


Figura 5/G.100.1 – Distribución estadística de las señales vocales

Se desprende de la figura que las señales vocales son más "puntiagudas" que el ruido blanco. No obstante, para estos valores de cresta, que solamente se exceden 1% del tiempo, la diferencia es sólo alrededor de 2 dB para el valor más común $L = 0,5$. El valor de probabilidad de 1% corresponde a $N = 12$ dB. Pruebas subjetivas indican que éste es un límite inferior aceptable para el recorte vocal. Los valores de cresta absolutos medidos de la voz quedan aproximadamente 18 dB por encima del valor eficaz (rms), aunque esas crestas aparecen muy raramente.

La gama dinámica de los códecs MIC de 64 kbit/s puede describirse de muchas maneras. Un método es observar los límites de la relación señal/distorsión total representada en la figura I.5/G.712 [3], la cual se reproduce aquí como figura 6. Esta curva se aplica al ruido blanco como señal de entrada (método 1).

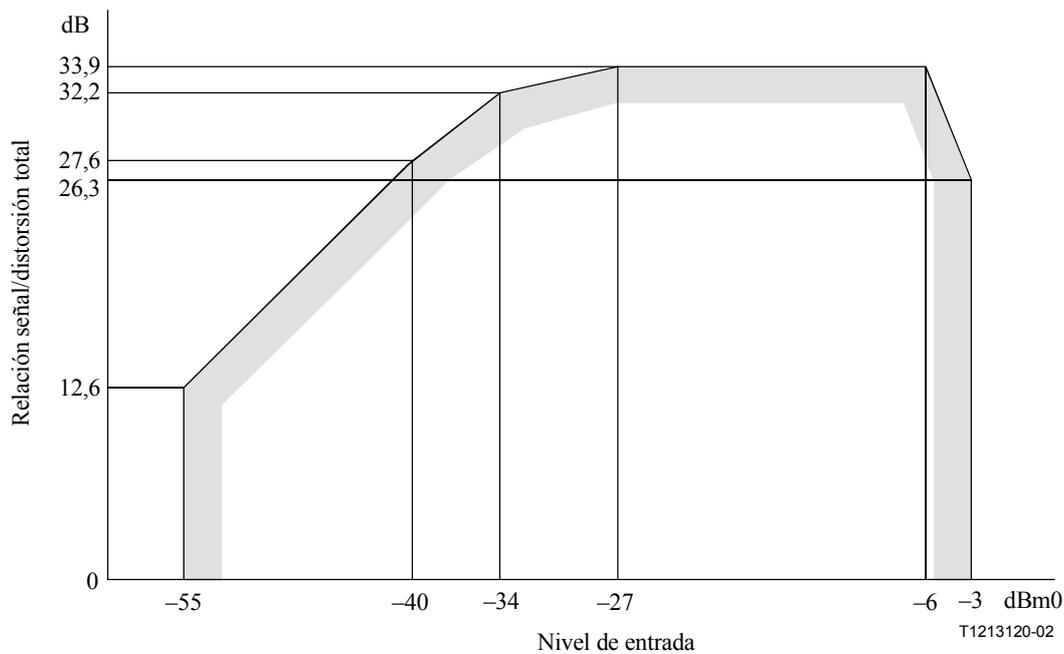


Figura 6/G.100.1 – Relación señal/distorsión total en función del nivel de entrada (método 1)

Puede verse en la figura 6 que la curva de la relación señal/distorsión total es plana de -27 dBm0 a -6 dBm0 con señal de entrada de ruido blanco. El límite superior corresponde al nivel cuando comienza a tener efecto el recorte de crestas. Sin embargo, la disminución de la relación señal/distorsión total es bastante moderada para el nivel de entrada -3 dBm0.

El nivel de recorte de crestas para señales sinusoidales es $+3$ dBm0, es decir el nivel límite de cresta absoluto es 6 dBm0. Así, en la gama en que comienza a tener efecto el limitador de crestas para ruido blanco, el margen entre el límite de cresta y el valor eficaz (rms) del ruido queda entre:

$$6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 9 \text{ dB}$$

y

$$6 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 12 \text{ dB}$$

Utilizando señales vocales, estos valores deben incrementarse en 2 dB, dando un margen deseable en la gama de 11 dB a 14 dB. Esto se corresponde bien con el valor de 12 dB establecido subjetivamente.

¿Qué niveles vocales reales pueden esperarse en la red comparados con el nivel vocal nominal?

Según investigaciones recientes, un "hablante de referencia" (es decir, que habla con una presión sonora vocal media de $-4,7$ dBPa en el punto de referencia boca [MRP]) produce durante el habla activa en un punto 0 dBr un nivel de señal de:

$$N = -11 - \text{SLR} [\text{dBm0}] \quad (6-2)$$

donde SLR se refiere al punto 0 dBr.

Con la ecuación (6-2) puede calcularse el margen C al nivel vocal medio con recorte vocal "apenas perceptible", es decir 12 dB más alto que el valor eficaz (rms). Además, utilizando la desviación típica de 5 dB para niveles vocales puede estimarse el porcentaje P_c de los hablantes que hablan tan fuerte que están sujetos a limitación. Así:

- Para el SLR nominal = 7 dB: $C = 12 \text{ dB}, P_c = 0,8 \%$;
- Para el SLR mínimo = 2 dB: $C = 7 \text{ dB}, P_c = 8\%$.

Resulta que $SLR > 2$ proporciona una protección razonable contra el recorte vocal objetable.

NOTA – Los niveles vocales reales en las redes se hallan actualmente en estudio en el UIT-T.

Así, en las conexiones normales no existen problemas en la adaptación entre las gamas dinámicas de la señal vocal y los códecs. Además, parece que existen márgenes razonables en el canal MIC de 64 kbit/s de manera que el nivel vocal nominal puede aumentarse 2 ó 3 dB o disminuirse 6 dB de su valor normal de -11 dBm0 sin resultados objetables. (Esto lo confirman algunas pruebas subjetivas anteriores efectuadas con ayuda del método del aparato de referencia para ruido modulado (MNRU, *modulated noise reference unit*).)

Aparecen ejemplos de tales desplazamientos de nivel cuando se utiliza pérdida o ganancia digital o cuando se tienen que introducir los denominados saltos de nivel entre los circuitos (UIT-T) (véase 6.5 y 6.6). Formalmente, esto puede tratarse asignando al tren de bits digital niveles relativos diferentes de 0 dBr, lo cual se trata en 6.4 a 6.6.

6.4 Designaciones de nivel relativo para un trayecto digital

Muy a menudo, se asigna al trayecto digital el nivel relativo 0 dBr. El nivel absoluto de una señal en un trayecto MIC de 64 kbit/s es determinado entonces por codificadores y decodificadores ideales como se ilustra en la figura 7.

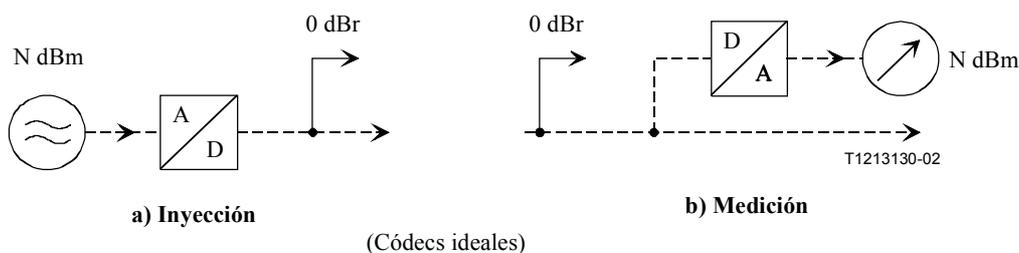
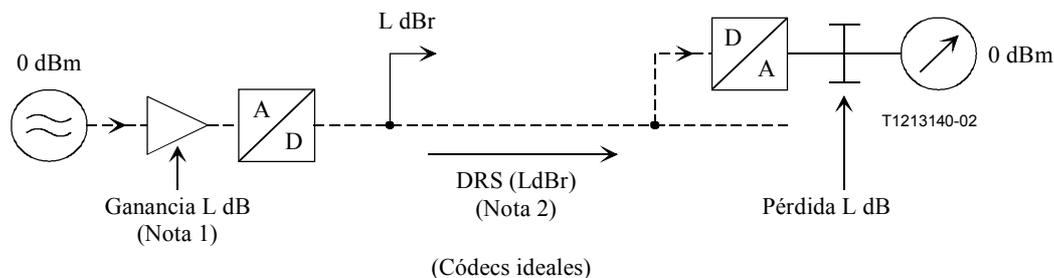


Figura 7/G.100.1 – Interpretación del nivel de señal absoluto en un trayecto digital con nivel relativo 0 dBr

La señal de referencia analógica de 0 dBm0, que corresponde a $N = 0$ en la figura 7, tiene su contraparte en la secuencia de referencia digital (DRS, *digital reference sequence*) normalizada.

En algunos casos excepcionales, es práctico asignar al trayecto digital un nivel relativo L dBr, diferente de 0 dBr. La señal de referencia analógica 0 dBm0 corresponde entonces a una DRS diferente que se denominará DRS (L dBr) para mayor claridad. La inyección y detección de esto se representa en la figura 8.



NOTA 1 – Se eligen más a menudo valores negativos de L. En las especificaciones de prueba no se utilizarán nunca valores positivos de L.

NOTA 2 – Para crear una DRS(L dBr) como la mostrada, $L < 3$ dBr. Si $L > 0$ dBr, pueden pasarse señales no sinusoidales mayores que $(3-L)$ sin recorte.

Figura 8/G.100.1 – Interpretación de una secuencia de referencia de 0 dBm0 DRS(L dBr) para un trayecto digital con nivel relativo L dBr

La figura 9 muestra la medición de nivel de una señal real por un trayecto digital con el nivel relativo L.

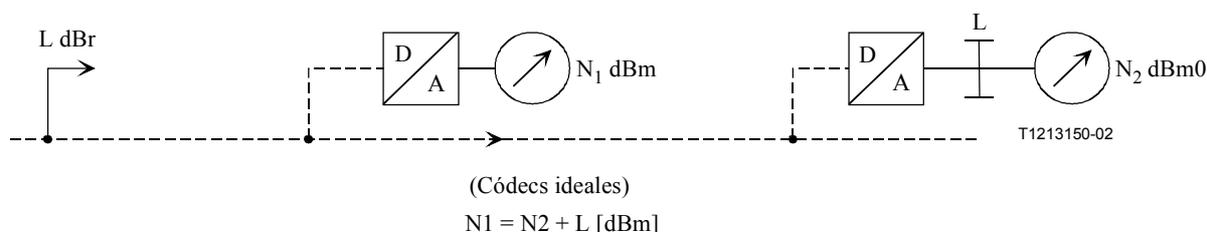


Figura 9/G.100.1 – Mediciones de nivel por un trayecto digital con L dBr

6.5 Niveles relativos en el diseño, especificación y prueba de equipos

6.5.1 Equipo analógico

Los sistemas (de portadora) FDM de gran capacidad se diseñan de tal modo que permitan, en una banda modulada hacia arriba, una potencia media a largo plazo de -15 dBm0 por canal teniendo en la señalización, los residuos de portadora y las pausas vocales. Esto corresponde a -11 dBm0 durante los periodos activos. (Los sistemas FDM con menos de 240 canales deben ser diseñados para una potencia media más alta por canal. Por ejemplo, un sistema FDM de 12 canales debe tener la capacidad de manejar $-7,5$ dBm0 por canal.)

El equipo analógico en la banda vocal se diseña generalmente con respecto a niveles relativos de manera que el ruido y el recorte no presenten ningún problema (esto implica por ejemplo que el nivel de recorte sea mayor que 3 dBm0).

6.5.2 Códex y atenuadores digitales

Para los **codificadores** y **decodificadores** de 64 kbit/s considerados como **componentes** de un equipo, el trayecto digital se toma de manera que constituya el punto de referencia de nivel de 0 dBr (véase la figura 10).

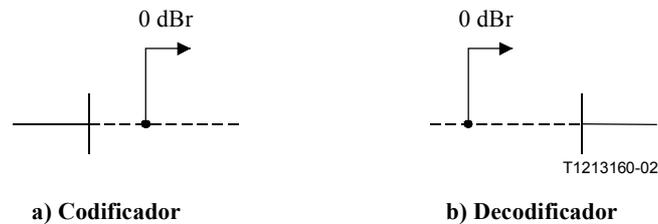


Figura 10/G.100.1 – Puntos de referencia de nivel 0 dBr para los códecs

La especificación de calidad de funcionamiento de los códecs, que se describe en la Rec. UIT-T G.712 [3], se basa en este convenio y los parámetros se especifican con respecto a valores 0 dBm0.

En general, cuando se consideran degradaciones del trayecto vocal, han de preferirse los **atenuadores analógicos, la pérdida o la ganancia**, para los ajustes de nivel y de pérdida. Sin embargo, **los atenuadores digitales** permiten más flexibilidad, especialmente porque pueden ser fácilmente controlados mediante software.

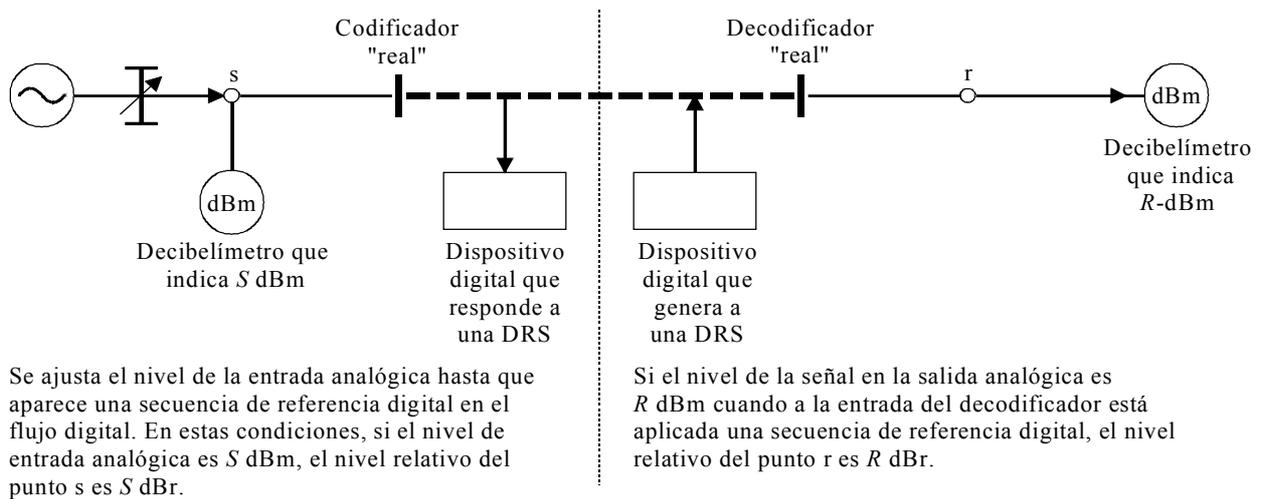
La experiencia ha demostrado que los atenuadores digitales son componentes robustos que no requieren pruebas exhaustivas como los códecs. Por tanto, no ha sido necesario introducir valores dBm0 en sus especificaciones.

Cuando se combinan códecs y atenuadores digitales en un equipo, cualquier prueba de calidad de funcionamiento del equipo debe efectuarse con los atenuadores desactivados, salvo naturalmente durante las mediciones de pérdida o ganancia pura.

6.5.3 Nivel relativo en un punto de un enlace digital

El nivel relativo que debe asociarse con un punto de un trayecto digital que cursa un flujo binario digital generado por un codificador ajustado de conformidad con los principios antes mencionados se determina por el valor de la pérdida o ganancia digital entre la salida del codificador y el punto considerado. De no haber esta pérdida o ganancia, el nivel relativo en el punto considerado se dice que es, por convención, 0 dBr.

Para la aplicación de pérdida o ganancia digital en circuitos telefónicos es posible distinguir los cuatro casos básicos señalados en la figura 12. Queda entendido en esos casos que el plan de transmisión de la red define los puntos marcados con 0 dBr (**en negrita**). Todos los demás niveles relativos en el trayecto digital antes o detrás del atenuador/amplificador digital se derivan del supuesto antes mencionado.



T1213170-02

Figura 11/G.100.1 – Montaje para la determinación del nivel relativo en los puntos de entrada y salida analógicos de un códec "real" utilizando secuencias de referencia digitales

| | |
|--------|--|
| Caso 1 | |
| Caso 2 | |
| Caso 3 | |
| Caso 4 | |

T1213180-02

NOTA – En general, se prefieren los casos 1 y 4.

Figura 12/G.100.1 – Valores relativos en un trayecto digital

Si aceptamos el supuesto teórico de que una señal real en la parte A del trayecto de transmisión utiliza la gama dinámica completa del proceso MIC de conformidad con la Rec. UIT-T G.711, en la parte B del trayecto de transmisión:

- la gama dinámica se reducirá en x dB tanto en el caso 1 como en el caso 2;
- aparecerán los efectos del recorte para señales con niveles de hasta x dB por debajo del límite de sobrecarga de la parte A en los casos 3 y 4.

A fin de evitar niveles inadecuados en la parte B del trayecto de transmisión, cuando se miden los parámetros de transmisión (por ejemplo, la distorsión total, la variación de ganancia con nivel de entrada), que generalmente se efectúan en una amplia gama de niveles de entrada, debe limitarse el nivel de entrada aplicado a la parte A del trayecto de transmisión.

6.5.4 Centrales digitales

Una central digital se compone de medios canales interconectados por una matriz de conmutación.

Las propiedades de tratamiento de potencia, que se deben utilizar como base para la planificación de transmisión de las redes, se describen por las designaciones de nivel relativo de los puertos de la central (no obstante, estos valores no son necesariamente los mismos utilizados en las pruebas de calidad de funcionamiento o en el plan de transmisión).

En todos aquellos casos en que no se utilizan atenuadores digitales, se considera que el trayecto digital está a un nivel relativo de 0 dBr. La figura 13 muestra por ejemplo las designaciones de nivel relativo para un medio canal de abonado a dos hilos.

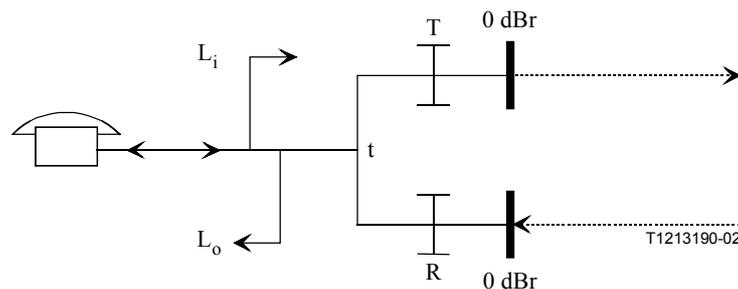


Figura 13/G.100.1 – Niveles relativos en una central local $L_i = T$ dBr, $L_o = -R$ dBr (se supone que T y R representan todas las pérdidas entre t, el punto a dos hilos y los trenes de bits digitales)

Cuando se utilizan **atenuadores digitales**, pueden incorporarse en la matriz de conmutación o en los medios canales.

En el primer caso, las designaciones de nivel relativo para los medios canales permanecen invariables.

En el segundo caso, existen en principio varias posibilidades para designar el punto de referencia 0 dBr:

- los puntos digitales que están directamente conectados al codificador o decodificador respectivamente;
- puntos digitales cercanos a los atenuadores, elegidos de manera que los niveles relativos digitales no exceden nunca 0 dBr;
- los puntos digitales que tienen interfaz a la matriz de conmutación.

De todos los casos considerados, el método c) parece ser el más práctico cuando se especifica información para su utilización en la planificación de la transmisión.

Las figuras 14 y 15 muestran ejemplos de cómo se introducen atenuadores de pérdida y ganancia digitales en el medio canal representado en la figura 13.

Las pérdidas nominales a través de un medio canal pueden hallarse a partir de las designaciones de nivel relativo que se muestran en las figuras 13, 14 y 15.

La pérdida a través de la central es:

$$A = L_i - L_o + SL \quad (6-3)$$

donde L_i , L_o son los niveles relativos de entrada y de salida de los medios canales considerados, y SL es la pérdida de la matriz de conmutación.

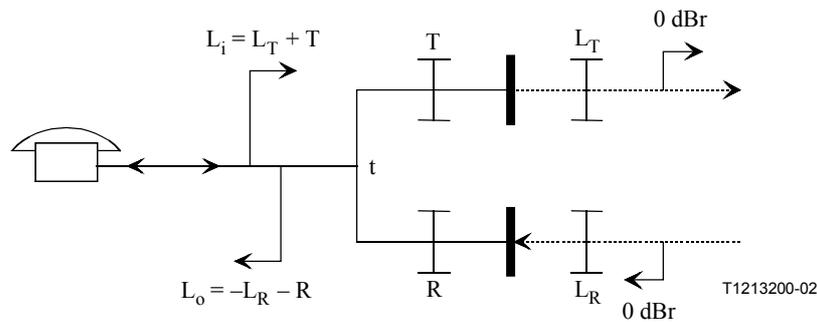


Figura 14/G.100.1 – Niveles relativos en una central local. Pérdida digital en el medio canal

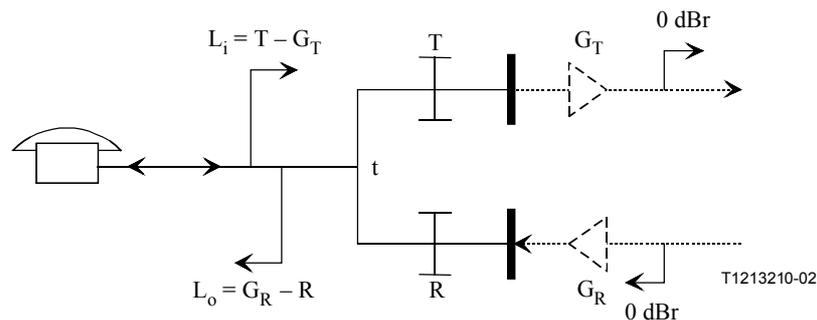


Figura 15/G.100.1 – Niveles relativos en una central local. Ganancia digital en el medio canal

6.6 Niveles relativos en la planificación y el mantenimiento de la transmisión

En los procedimientos de planificación de la transmisión, el trayecto de transmisión global se divide en secciones denominadas **circuitos** en el vocabulario del UIT-T, cada uno de los cuales tiene su propio punto de referencia de transmisión (TRP, *transmission reference point*). La mayoría de las veces los circuitos conectan centros de conmutación. A veces también se llama circuito a la línea de abonado conectada a una central local. Así pues, un circuito está formado por todos los equipos interconectados permanentemente. De este modo, el personal de mantenimiento tiene segmentos claramente definidos, con parámetros de transmisión fijos a efectos de supervisión.

Los límites físicos de un circuito aparecen a veces situados en "el medio de las centrales". En este caso, el equipo de terminación de la central está incluido en el extremo del circuito en el punto de prueba de la central. Esta práctica es común en las redes públicas y se remonta a los tiempos en que la mayoría de las centrales eran analógicas.

Sin embargo, el planificador de la transmisión tiene otras opciones para subdividir la conexión en circuitos, a condición de que defina claramente la interfaz. Así, si se diseña la matriz de conmutación digital para que introduzca pérdida, los puntos 0 dBr de los dos medios canales pueden considerarse como terminación de los circuitos con la matriz de conmutación como un minicircuito entre ellos.

Excepcionalmente, la "interfaz de transmisión" entre dos organizaciones de mantenimiento diferentes no está situado en una central. Éste puede ser el caso cuando una red pública y una red privada están interconectadas. Para deslindar claramente responsabilidades, se puede establecer por mutuo acuerdo que los enlaces públicos y privados pertenecen a dos circuitos diferentes.

Un problema importante en la planificación de la transmisión es obtener una adaptación razonable entre los niveles de señal esperados y las capacidades de tratamiento de la potencia del equipo utilizado en cada circuito. Además algunas veces los niveles relativos en los puntos de

interconexión de los circuitos no se pueden adaptar entre ellos de manera que se tienen que introducir "saltos de nivel".

Los circuitos se interconectan en las centrales. En la red telefónica analógica, donde los circuitos deben tener pérdida para mantener la estabilidad, esto significa a menudo que la salida de un circuito que tiene un nivel de A dBr se conecta a la entrada de otro circuito que tiene un nivel diferente B dBr. Esta diferencia de nivel se denomina a menudo un "salto de nivel". El "salto de nivel" es la diferencia de nivel, es decir B – A dB. Los puntos de conmutación no tienen pérdida, el "salto de nivel" simplemente indica el paso de un conjunto de dBr particular de un circuito a otro conjunto de dBr particular del otro circuito. La pérdida siempre estará presente dentro de los circuitos mismos.

Sin embargo, con respecto al nivel vocal de –11 dBm, en un punto 0 dBr, excluyendo las pausas, obtenido como el promedio de un gran número de abonados, las mediciones de campo de niveles vocales reales en puntos de referencia para la transmisión (TRP) muestran una gran dispersión, por lo cual se recurre a ciertos convenios basados en la experiencia general.

En los terminales telefónicos y las líneas de abonado normales, la interconexión a una central local puede considerarse como un "punto de ancla" para establecer un punto 0 dBr (véase la figura 13). Naturalmente, las sensibilidades del aparato telefónico influyen en los niveles vocales. Sin embargo, según el anexo C/G.121 [2] puede verse que muchas Administraciones han hallado que los valores óptimos son $L_i = 0$ dBr, $L_o = -6$ dBr o -7 dBr.

Con respecto a la forma en que se incorpora el equipo en la red, en la mayoría de los casos será posible obtener una correspondencia exacta entre los niveles relativos del "equipo" y del "circuito". A veces se permiten algunas excepciones, por ejemplo cuando, por razones de estabilidad, se incluye la pérdida suplementaria en un bucle a cuatro hilos. Otra razón podría ser la falta de controles de nivel adecuados en determinado equipo. (Asimismo, el diseño de algunos compensadores de eco puede necesitar un margen suplementario contra el recorte.)

En la figura 16 se ilustra un ejemplo de pérdida adicional en un bucle a cuatro hilos analógico, en el que se interpone una sección de circuito analógico entre las secciones de circuito digital. A fin de garantizar que el riesgo de inestabilidad y "cavernosidad" de una conexión sea insignificante, se recomienda que se inserte una pérdida de 0,5 dB en circuitos analógicos o circuitos mixtos analógicos/digitales. Así pues, en el plan de transmisión de este circuito, parte del tren binario digital estará asociado con –0,5 dBr.

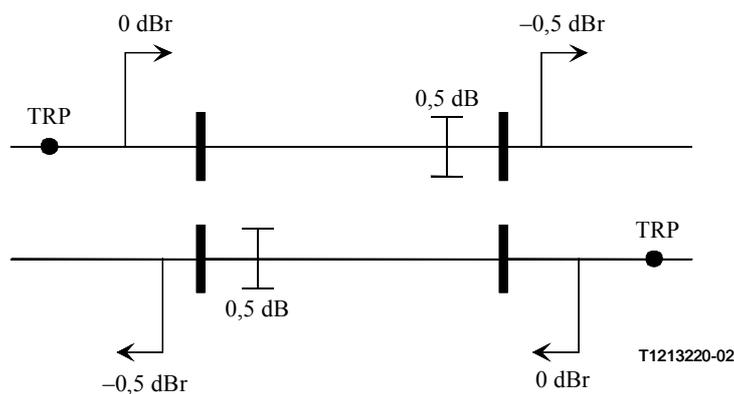


Figura 16/G.100.1 – Ejemplo de niveles relativos (de circuito) cuando se interpone un enlace analógico en una cadena digital

Cada uno de los dos circuitos adyacentes tiene sus propios TRP a los que se refieren sus respectivos niveles relativos. En el caso ideal, en una interfaz entre circuitos los dos niveles relativos deberán ser iguales.

El nivel relativo de emisión se debe fijar a veces 0,5 dB por debajo del nivel de recepción, a fin de garantizar la estabilidad, a saber, cuando se utiliza la transmisión a cuatro hilos analógica. Por ejemplo, dos centrales locales están interconectadas a través de un centro primario o de tránsito con conmutación y transmisión analógicas a cuatro hilos. Por razones de estabilidad, la pérdida neta en el trayecto de tránsito debe ser 0,5 dB. Como se mencionó anteriormente, las propiedades de los aparatos telefónicos determinan los niveles relativos en las centrales locales. Por lo tanto, la atenuación de transmisión neta de 0,5 dB corresponderá a un "salto de nivel" de 0,5 dB en una central de tránsito. En la figura 17 se da un ejemplo similar de una conexión de tránsito internacional.

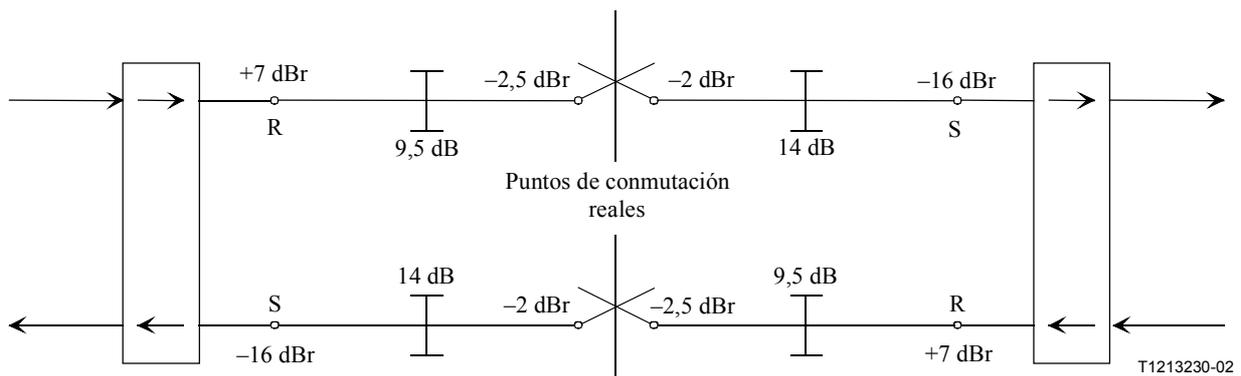


Figura 17/G.100.1 – Ejemplo que muestra una representación (simplificada) de una conexión de tránsito en una central internacional (disposición real)

En ocasiones, el planificador de transmisión puede considerar conveniente asignar un "salto de nivel" en una interfaz entre un circuito público y un circuito privado que no está asociado con la conmutación (ese salto de nivel reduce al mínimo la gama dinámica y debe ser lo más pequeño posible).

Hay que señalar además que, en general, se debe determinar la pérdida total de una conexión hecha de varios circuitos añadiendo las pérdidas de los circuitos individuales, y no tomando las diferencias de los niveles relativos entre la entrada y la salida de los puertos de conexión (el último método sólo es válido cuando todos los circuitos constitutivos son digitales y no utilizan el procesamiento de señal digital).

Con respecto a los parámetros digitales en una conexión completa, el planificador de la transmisión también debe considerar la suma de las qdu, la cantidad total de pérdida o ganancia digital introducida, y la suma de todos los saltos de nivel.

Apéndice I

El neperio

I.1 Introducción

La utilización del neperio en telecomunicaciones ya no es recomendada por el UIT-T. Sin embargo, para facilitar su localización y que la información sea completa, se proporciona en este apéndice la información necesaria.

I.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 el 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 $\frac{1}{2}$. 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.

I.3 Usos respectivos del decibelio y el neperio

Como se ha indicado antes, el UIT-T ha dejado de recomendar el neperio en telecomunicaciones.

Sin embargo, 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:

$$1 \text{ Np} = (20 \log e) \text{ dB} \approx 8,686 \text{ dB}$$

$$1 \text{ dB} = (0,05 \ln 10) \text{ Np} \approx 0,1151 \text{ Np}$$

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

| | |
|----------------|---|
| Serie A | Organización del trabajo del UIT-T |
| Serie B | Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación |
| Serie C | Estadísticas generales de telecomunicaciones |
| Serie D | Principios generales de tarificación |
| Serie E | Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos |
| Serie F | Servicios de telecomunicación no telefónicos |
| Serie G | Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales |
| Serie H | Sistemas audiovisuales y multimedios |
| Serie I | Red digital de servicios integrados |
| Serie J | Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios |
| Serie K | Protección contra las interferencias |
| Serie L | Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior |
| Serie M | RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales |
| Serie N | Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión |
| Serie O | Especificaciones de los aparatos de medida |
| Serie P | Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales |
| Serie Q | Conmutación y señalización |
| Serie R | Transmisión telegráfica |
| Serie S | Equipos terminales para servicios de telegrafía |
| Serie T | Terminales para servicios de telemática |
| Serie U | Conmutación telegráfica |
| Serie V | Comunicación de datos por la red telefónica |
| Serie X | Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos |
| Serie Y | Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet |
| Serie Z | Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación |