

El decibel

El decibel es una unidad **adimensional** para expresar la razón de dos valores numéricos en una escala logarítmica. Se suele emplear esta unidad cuando se trabaja con cantidades que varían en intervalos grandes.

Ya que los decibeles son unidades logarítmicas, obviamente no se pueden sumar directamente. Es necesario convertirlos a su magnitud original, sumar las cantidades, y por último convertir el nuevo total a decibeles. En otras palabras, 50 dB más 50 dB no da 100 dB, sino 53 dB.

Naturalmente, cuando se trabaja con productos de magnitudes física, es posible aprovechar las propiedades del logaritmo para sumar decibeles.

Ganancia de potencia en decibeles

La ganancia de potencia de un amplificador puede definirse como el cociente entre la potencia de salida y la potencia de entrada:

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

donde P_2 representa la potencia de salida y P_1 la de entrada.

La ganancia de potencia en decibeles se define según:

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(G) = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Supóngase que la ganancia de potencia es 2. Si expresamos esto en decibeles tendremos:

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(2) = 3.01 \text{ dB}$$

Si ahora $G = 4$, entonces:

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(4) = 6.02 \text{ dB}$$

y si $G = 8$,

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(8) = 9.03 \text{ dB}$$

Por lo general, estos valores se redondean a 3 dB, 6 dB y 9 dB. Percibimos así la existencia de una relación: cada vez que la ganancia de potencia aumenta al doble, la ganancia expresada en decibeles se incrementa en aproximadamente 3 dB.

Si la ganancia de potencia es menor que la unidad (es decir, existe una pérdida o atenuación), la ganancia en decibeles se vuelve negativa, y se verifica que cada vez que la ganancia de potencia disminuye en un factor de 2, la ganancia de potencia en dB disminuye aproximadamente 3 dB.

Supongamos ahora que la ganancia de potencia es 10. Expresada en decibeles será:

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(10) = 10 \text{ dB}$$

Si ahora G fuera igual a 100, entonces:

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(100) = 20 \text{ dB}$$

Siendo que $G = 1000$,

$$G_{dB} = 10 \cdot \log(1000) = 30 \text{ dB}$$

En este caso, el patrón que se observa es que la ganancia en decibeles aumenta en 10 dB cada vez que la ganancia de potencia se incrementa por un factor de 10. Cuando las ganancias de potencia son inferiores a la unidad, se observa que por cada reducción de G por un factor de 10, la ganancia en decibeles disminuye 10 dB.

Siempre que no existe efecto de carga entre etapas, la ganancia total de potencia de etapas amplificadoras en cascada es igual al producto de las ganancias individuales de estas etapas. No importa cuantas sean, siempre puede determinarse la ganancia total multiplicando todas las ganancias individuales entre sí. No obstante, debe notarse que para obtener la ganancia total en decibeles, deben sumarse las ganancias individuales expresadas en dB. Trabajar en decibeles en este contexto hace la notación más compacta y que los cálculos sean más directos (es más sencillo y rápido sumar que multiplicar). Así y todo, uno puede verse tentado a no utilizar los decibeles debido a que estamos más acostumbrados a pensar en “veces”, una forma intuitiva de representar ganancias o atenuaciones, que en $10 \cdot \log$ (“veces”).

Aunque los decibeles se usan generalmente con la ganancia de potencia, a veces se emplean para indicar un nivel respecto a 1 mW. Si este es el caso, debe usarse el símbolo dBm en lugar de dB, donde la “m” final recuerda que la referencia P_1 es 1 miliwatt.

Ganancia de voltaje en decibeles

Las mediciones de tensión son más usuales que las de potencia. No es sorprendente entonces, que también se usen los decibeles para especificar mediciones de ganancia de voltaje. La ganancia de voltaje en decibeles se define como:

$$A_{dB} = 20 \cdot \log(A)$$

donde A es la ganancia de tensión expresada en veces.

Cuando $A = 2$,

$$A_{dB} = 20 \cdot \log(2) \cong 6 \text{ dB}$$

Si $A = 4$,

$$A_{dB} = 20 \cdot \log(4) \cong 12 \text{ dB}$$

y si A vale 8,

$$A_{dB} = 20 \cdot \log(8) \cong 18 \text{ dB}$$

Como puede advertirse, cuando la ganancia de tensión se duplica, la ganancia de tensión expresada en decibeles aumenta 6 dB. Si la ganancia de voltaje cae a la mitad, la cifra en decibeles disminuye 6 dB. Por otra parte, si la A aumenta por un factor de 10, su valor en decibeles aumenta 20 dB. No es difícil ver que las variaciones de ganancia de tensión en dB son exactamente el doble que las correspondientes a la ganancia de potencia.

Sea un amplificador con una resistencia equivalente de entrada R_1 que entrega energía a una resistencia de carga R_2 . Si V_1 representa la tensión de entrada y V_2 la de salida, la potencia de entrada al amplificador será:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

mientras que la potencia de salida puede escribirse como:

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R_2}$$

La ganancia de potencia entre entrada y salida es:

$$G = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{V_2^2}{R_2}}{\frac{V_1^2}{R_1}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

y puesto que V_2 / V_1 es la ganancia de tensión A , lo anterior puede escribirse también como:

$$G = A^2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

En la mayor parte de los sistemas, las impedancias de entrada y la carga están acopladas, lo que significa que $R_1 = R_2$. Teniendo en cuenta esta condición:

$$G = A^2$$

lo que significa que la ganancia de potencia es igual al cuadrado de la ganancia de voltaje. Tomando logaritmos y multiplicando ambos miembros por 10,

$$10 \cdot \log(G) = 20 \cdot \log(A)$$

que puede escribirse como:

$$G_{dB} = A_{dB}$$

o sea que la ganancia de potencia en decibeles es igual a la ganancia de tensión también en decibeles, relación válida para cualquier sistema con impedancias acopladas¹. Cuando las impedancias no están acopladas, no queda otro remedio que calcularlas en forma separada.

Puesto que la ganancia de tensión en decibeles se basa en el uso del logaritmo, sigue siendo válida la propiedad aditiva de etapas en cascada.

¹Uno podría preguntarse por qué en la definición de ganancia de potencia en decibeles se multiplica al logaritmo por 10, mientras que en la de tensión se lo hace por 20. He aquí una respuesta. Sin embargo, no debe perderse de vista el hecho que genéricamente, el decibel es una manera de expresar una relación en veces de una forma más conveniente, que se define como $10 \cdot \log(x/y)$, donde x e y son dos números cualesquiera que responden a una misma magnitud física. Esto es así porque el decibel es adimensional.