

Il decibel

Il decibel (dB) è un'unità di misura inizialmente utilizzata in acustica per misurare l'intensità del suono (dal nome dell'inventore Alexander Graham Bell). Ad oggi essa è largamente utilizzata in numerosi campi applicativi ed in particolare nel campo delle telecomunicazioni.

Le origini

E' estremamente difficile misurare il suono in W, in W/m^2 , in Pa in funzione rispettivamente della potenza, dell'intensità, della pressione acustica, in quanto l'escursione tra il valore minimo e il valore massimo raggiungibili, non rendono facilmente comprensibile detto fenomeno. Se per esempio consideriamo la variazione della pressione sonora, riscontriamo come essa varia entro un intervallo compreso fra 20 microPa, soglia d'udibilità, a 63,2 Pa, soglia del dolore, con un'escursione avente il valore di 10^6 . Per ridurre questo intervallo, si è pensato di adottare misurazioni di tipo relativo anziché di tipo assoluto, prendendo a riferimento il minimo valore udibile e partendo da esso per compiere le misurazioni. Nelle esperienze effettuate si è poi scoperto come la relazione che lega la sensazione sonora al fenomeno che l'ha generata sia di tipo esponenziale e non lineare. Per cui si è riscontrato che raddoppiando la pressione emessa da una sorgente, non segue un raddoppio della sensazione sonora, ma al contrario si avrà un aumento maggiore. Da queste considerazioni, nasce una misurazione di tipo logaritmico: il decibel (indicativamente, ad un aumento dell'intensità sonora di 3 decibel corrisponde circa un raddoppio della percezione soggettiva del rumore).

Il decibel (dB) è definito come: $10 \cdot \log_{10} P/P_0$

dove P è la misura in Pa della pressione sonora e P_0 è il livello standard di riferimento, cioè il livello minimo di udibilità stabilito in 20 micro pascal, essendo questo il più piccolo valore di pressione in grado di produrre una sensazione sonora in un orecchio normale. Il valore 0 di questa scala deve quindi essere definito con una convenzione consistente nel fissare un valore di riferimento a cui far corrispondere lo zero e a cui rapportare i valori delle grandezze in esame.

Il decibel come misura relativa

In telecomunicazioni il decibel è largamente utilizzato per confrontare livelli di potenza, tensione o corrente su una scala logaritmica. In termini matematici si ha:

$$P_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$

in cui il denominatore del rapporto è solitamente un valore di riferimento (P_0) rispetto al quale si misura lo scostamento in decibel (P_{dB}) della grandezza al numeratore (P_1). Chiaramente è possibile risalire al valore P_1 invertendo la precedente relazione:

$$P_1 = P_0 \cdot 10^{\frac{P_{dB}}{10}}$$

Esempio

Incrementi di potenza:
- da 2W a 30W

- da 2mW a 30mW
 - da 10W a 150W
 corrispondono tutti ad incrementi di un fattore 15 e quindi a 11.76dB.
 Analogamente un decremento di un fattore 15 corrisponde a -11.76dB.

Considerando un resistore con resistenza R la potenza P è proporzionale al quadrato della tensione V ai capi del resistore ovvero al quadrato della corrente I attraverso il resistore:

$$P = \frac{V^2}{R} = I^2 R$$

Quindi si ottiene:

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{V_1^2}{V_0^2} = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2 = \frac{I_1^2}{I_0^2} = \left(\frac{I_1}{I_0}\right)^2$$

da cui è facile intuire che per esprimere in dB una variazione di tensione o corrente, la formula da utilizzare deve essere modificata come segue:

$$V_{dB} = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{V_1}{V_0}\right) \quad I_{dB} = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

Quindi i livelli di potenza si valutano in dB mediante $10 \cdot \log_{10}(\bullet)$ mentre livelli di ampiezza si valutano in dB mediante $20 \cdot \log_{10}(\bullet)$.

Esempio

Se il livello di tensione di un segnale in transito attraverso un amplificatore passa da 2 Volt a 50 Volt, l'amplificatore in questione mostra un guadagno in tensione espresso in dB pari a:

$$V_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(50/2) = 27.95 \text{ dB}$$

Esempio

Table 1

Table of dB vs Voltage and Power Ratios		
dB	Voltage Ratio*	Power Ratio*
0	1 V	1
-1	0.891	0.794
-2	0.794	0.631
-3	0.707	0.500
-4	0.631	0.398
-5	0.562	0.316
-6	0.500	0.250
-7	0.447	0.224
-8	0.398	0.158
-9	0.355	0.125
-10	0.316	0.100
-11	0.282	0.079
-12	0.250	0.063

Il decibel come misura assoluta

Si è introdotto il decibel come uno strumento per confrontare due grandezze ed in tal senso si è parlato di misure relative. Esistono però analoghe unità di misura che consentono di esprimere grandezze assolute. Allo scopo, si fissa come livello di riferimento, un valore unitario riferito ad una specifica unità di misura.

Considerando, ad esempio, una potenza espressa in Watt (P_W) o in milliWatt (P_{mW}) la relativa misura in dB_W o in dB_m sarà dato rispettivamente da:

$$P_{dB_W} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1W} \right) \quad [\text{dB riferito al Watt}] \quad \rightarrow 1W = 0dB_W$$

$$P_{dB_m} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right) \quad [\text{dB riferito al milliWatt}] \quad \rightarrow 1mW = 0dB_m$$

E' facile verificare che:

$$P_{dB_m} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1000 \cdot P}{1W} \right) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1W} \right) + 10 \log_{10}(1000) = P_{dB_W} + 30$$

Inoltre si ha:

$$P_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right) = P_1|_{dB_W} - P_0|_{dB_W}$$

Esempio

1 Watt	0 dB_W	30 dB_m
2 Watt	3 dB_W	33 dB_m
4 Watt	6 dB_W	36 dB_m
8 Watt	9 dB_W	39 dB_m
16 Watt	12 dB_W	42 dB_m
50 Watt	17 dB_W	47 dB_m

Esempio

$$P_{dB_m} = 50dB_m \Rightarrow P = (1mW) \cdot 10^{\frac{P_{dB_m}}{10}} = 1mW \cdot 10^5 = 100W \Rightarrow$$

$$P_{dB_W} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{100W}{1W} \right) = 20dB_W$$

Altre unità comunemente utilizzate sono i decibel riferiti al Volt o al microVolt:

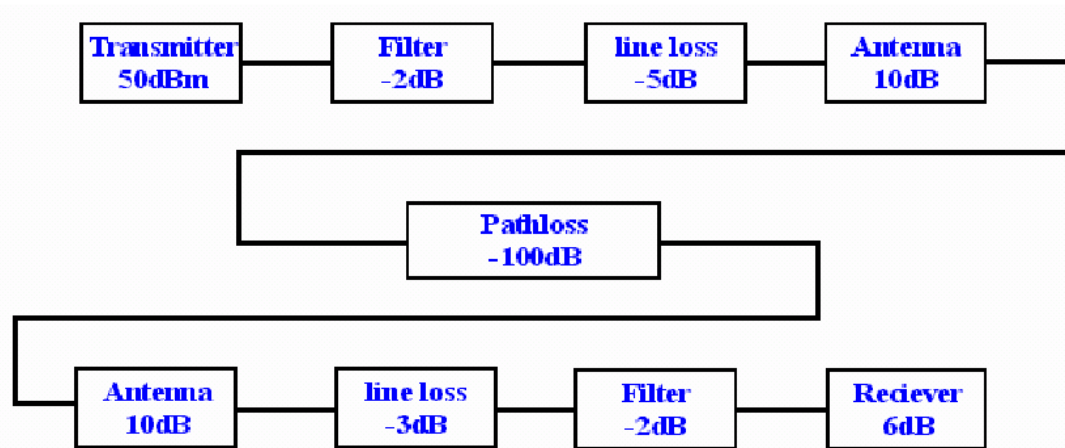
$$dB_V = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V}{1Volt} \right) \quad [\text{dB riferito al Volt}]$$

$$dB_{\mu V} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V}{1\mu Volt} \right) \quad [\text{dB riferito al microVolt}]$$

Vantaggi derivanti dall'utilizzo del decibel

- Il decibel è calcolato su una scala logaritmica che consente di gestire facilmente grandezze con dinamiche molto ampie.
- Prodotti e divisioni si trasformano in addizioni e sottrazioni nel dominio logaritmico e quindi i livelli di potenza lungo una catena di rice-trasmissione possono essere agevolmente calcolati (vedi esempio).

Esempio



La potenza al trasmettitore è espressa in dB_m (100 W) Utilizzando i decibel, è possibile calcolare la potenza del segnale all'uscita del ricevitore semplicemente utilizzando somme e sottrazioni:

$$P=50-2-5+10-100+10-3-2+6=-36\text{dB}_m \quad (0.25 \mu\text{W})$$