Luca Bimbi

Il deciBel acustico e la direttività sonora

Watt acustico, Intensità, Pressione

Individuiamo i concetti di Watt acustico, Intensità acustica e Pressione Sonora.

Il Watt è un valore che esprime una quantità di lavoro svolta nell'unità di tempo, ed è indipendente da altri fattori, quali ad esempio la distanza.

Prendiamo in esame la legge di Ohm, che mette in relazione la resistenza (R) espressa in Ohm, la corrente (I) espressa in Coulomb e tensione (V) espressa in Volt:

$$R = \frac{V}{I}$$

La potenza (P) espressa in Watt (W), sarà data da:

$$P = V \times I$$

Il Watt acustico fa riferimento ad un valore di *potenza acustica*.

L'intensità acustica considera tale potenza acustica in relazione ad una *superficie*.

Nel caso di diffusione del suono nello spazio da *sorgente puntiforme omnidirezionale in campo libero*, tale superficie sarà quella di una *sfera*.

L'intensità sarà quindi data da:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}$$

Prendendo in esame le analogie acustiche con la legge di Ohm, riscontriamo che la corrente ha come analogo la velocità particellare, la tensione ha come analogo la pressione, la resistenza ha come analogo l'impedenza e la potenza ha come analogo l'intensità.

L'impedenza (Z) caratteristica dell'aria ρc è data dal rapporto della Pressione con la velocità particellare:

$$Z = \frac{P}{v} = \rho c$$

Dove ρ rappresenta la densità dell'aria, e c la velocità del suono. Entrambi dipendono dalla temperatura del medio. L'impedenza caratteristica è misurata in RAYLS.

Il livello di Pressione sonora in valore efficace, espresso in Pascal (Pa), è quindi uguale a:

$$P_{rms} = \sqrt{I \times \rho c}$$

L_w L_i, L_p

Una volta chiariti i concetti di base, possiamo calcolare corrispondenti valori di livello per il Watt acustico, l'Intensità acustica e la Pressione Sonora

Per il livello di potenza (L_w) e di intensità ((L_i), il riferimento è il *picoWatt*, ossia 10^{-12} W.

$$L_w = \frac{W}{10^{-12}}$$

$$L_i = \frac{W/m^2}{10^{-12} W/m^2}$$

Per il livello di pressione sonora (L_p), la soglia di udibilità, utilizzata come riferimento, è di $20\ \mu Pa$ ossia 10^{-5} Pa.

$$L_p = \frac{Pa}{2 \times 10^{-5} Pa}$$

La legge dell'inverso del quadrato

Spieghiamo adesso una relazione importante in molti ambiti della fisica, compresa la fisica acustica, chiamata legge dell'inverso del quadrato.

Immaginiamo di avere una sorgente acustica che emette una potenza di 1 W acustico.

Il livello corrispondente in deciBel sarà:

$$L_w = 10\log_{10}\left(\frac{1W}{10^{-12}W}\right) = 120\ dB$$

Consideriamo adesso di avere una sfera di $1\ m^2$, ciò comporta che il raggio *r* della sfera sia di circa 0.282 m

L'intensità I sarà quindi:

$$I = \frac{1\ W}{4\pi \times 0.282^2} \simeq 1\ W/m^2$$

ed il Livello di intensità in deciBel:

$$L_i = 10log_{10}\left(\frac{1\ W/m^2}{10^{-12} W/m^2}\right) = 120\ dB$$

Calcoliamo adesso la Pressione sonora, considerando una impedenza caratteristica dell'aria corrispondente ad un valore di 400 RAYLS, e successivamente, il livello di pressione sonora in deciBel:

$$P_{rms} = \sqrt{\frac{1W}{m^2} \times 400\ RAYLS} = 20\ Pa$$

$$L_p = 20\log_{10}\left(\frac{20\ Pa}{2 \times 10^{-5} Pa}\right) = 120\ dB$$

Supponiamo adesso di raddoppiare la distanza dalla sorgente puntiforme, e quindi di avere un raggio r pari a 0.564 m. L'intensità sonora sarà uguale a:

$$I = \frac{1\ W}{4\pi \times 0.564^2} \simeq \frac{1}{4}\ W/m^2$$

Al raddoppiare della distanza, l'intensità sonora si riduce ad un quarto di quella originaria. Convertito in deciBel:

$$L_i = 10log_{10}\left(\frac{1/4\ W/m^2}{10^{-12} W/m^2}\right) \simeq 114\ dB$$

Si ha quindi una perdita di intensità sonora pari a 6 dB.

Ricalcolando la pressione sonora e il corrispondente livello in deciBel:

$$P_{rms} = \sqrt{\frac{1}{4}\frac{W}{m^2} \times 400\ RAYLS} = 10\ Pa$$

$$L_p = 20\log_{10}\left(\frac{10\ Pa}{2 \times 10^{-5} Pa}\right) \simeq 114\ dB$$

Si ha, quindi, anche per il livello di pressione sonora una perdita di 6 dB, che corrispondono però non ad un quarto della pressione, ma alla metà.

Un livello di pressione sonora ad una certa distanza è, in pratica, calcolabile con la seguente formula:

$$L_p = 20\log_{10}\left(\frac{D1}{D0}\right)$$

Dove D0 rappresenta una distanza di riferimento, e D1 la distanza a cui si vuole calcolare la perdita di livello di pressione sonora.

Ciò si rivela particolarmente utile per valutare, data la sensibilità di un altoparlante considerando una emissione sferiforme, di quando decadrà il livello di pressione sonora ad una data distanza dal diffusore stesso.

Nel caso di array lineari di speaker, si dovrà considerare invece il caso della approssimazione di emissione cilindrica, per cui data la superficie laterale del cilindro uguale a $S_L = 2\pi \times r$, si avrà una perdita di intensità al raddoppio della distanza pari a 3 dB.

La direttività sonora

Immaginiamo adesso che la nostra emissione da sferica, ad esempio per una costrizione data da superfici, sia semisferica.

Seguendo la linea dell'esempio precedente, avremo per un raggio r pari a 0.282 m una Intensità di 0.5 W/m^2.

Il fattore di direttività (Q) di una emissione sferica si considera pari ad 1.

Immaginiamo quindi, considerando l'angolo solido in steradianti, di avere un pubblico di uditori situato a 0.282 m dal diffusore, coprenti una superficie di 0.5 m^2

L'angolo solido in steradianti (sr) è dato, matematicamente da:

$$sr = \frac{A}{r^2}$$

E al contempo, dato che l'angolo solido della sfera è pari a 4π, otteniamo:

$$sr = \frac{4\pi}{Q}$$

Possiamo, unendo le due formule, ricavare quindi il fattore di direttività:

$$Q = \frac{4\pi \times r^2}{A} = \frac{4\pi \times 0.282^2}{0.5} = 2$$

Una emissione emisferica avrà quindi Q = 2; una emissione di quarto di sfera Q = 4; una emissione di ottavo di sfera Q = 8, e così via.

L'indice di direttività, in deciBel, sarà uguale a:

$$I_D = 10\log_{10}Q$$

Nel nostro esempio, sarà quindi uguale a 3 dB.