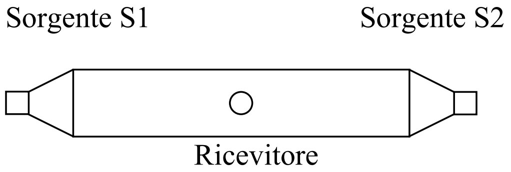
Lezione XXIX – 7/05/2003 ora 8:30 – 10:30 – “Esempi pratici: livelli di pressione, somme coerenti ed incoerenti”

Esempi pratici: livelli di pressione, somme coerenti ed incoerenti

Si supponga la seguente situazione:



Immaginiamo di generare un segnale da S1 e uno da S2. I due segnali che giungono ad R possono essere in fase o in contro-fase. Ricordando che

$$L_i = 10\log(P_i / P_0)^2$$

supponendo $P_1 = P_2$ ricaviamo:

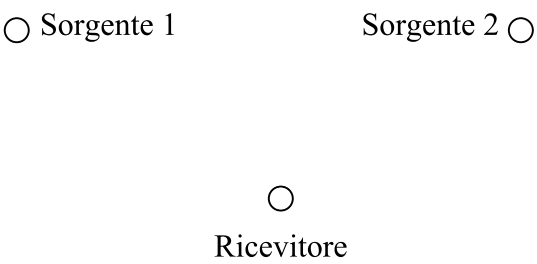
$$L_{tot} = 10\log\left(\frac{P_1+P_2}{P_0}\right)^2 = 10\log\left(\frac{2P_1}{P_0}\right)^2 = 10\log 4 + 10\log\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2 = 6 + 10\log\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2$$

La potenza si incrementa di 6 dB. Si sono supposte sorgenti coerenti.

Esempio

Dati $L_1 = L_2 = 80$ dB, $L_{tot} = 86$ dB.

Se invece le sorgenti sono incoerenti, come nel seguente caso, si considera la conservazione dell’energia:



$$L_{tot} = 10\log\left(\frac{P_1^2+P_2^2}{P_0^2}\right)^2 \text{ che, in caso } L_1 = L_2 \text{, vale:}$$

$$L_{tot} = 10\log\left(\frac{2P_1^2}{P_0^2}\right) = 10\log 2 + 10\log\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2.$$

Esempio

Dati $L_1 = L_2 = 80$ dB, $L_{tot} = 83$ dB.

Riassumendo:

Somma di segnali coerenti => variazione del livello sonoro di +6 dB.
Somma di segnali incoerenti => variazione del livello sonoro di +3 dB.

Nel caso in cui le sorgenti siano più di due, l’effetto contemporaneo di più sorgenti, n, che producono livelli sonori differenti è dato da:

$$L_{p,t} = 10\log\sum_{i=1}^{n} 10^{L_{p,i}/10}$$

Differenze di livelli sonori

Verrà analizzato come procedere per effettuare differenze di livelli sonori tramite un esempio.

Si supponga di avere due sorgenti sonore che, attivate contemporaneamente producono in un punto 80 dB. Qual è il livello sonoro generato in quel punto dalla sola sorgente 1, sapendo che, quando è attiva la sola sorgente 2 il livello sonoro è di 77 dB?

Non è possibile sottrarre direttamente i valori in dB; si può invece sottrarre dalla potenza acustica prodotta da entrambe le sorgenti quella prodotta dalla sorgente 2, avendo così la potenza prodotta dalla sorgente 1.
Quindi:

$$L_1 = L_R - L_2 = 10\log(10^{L_R/10} - 10^{L_2/10}) =$$
$$= 10\log(10^{80/10} - 10^{77/10}) = 10\log(10^8 - 10^{7,7}) = 77dB$$

Esercizio

Dati $L_1 = L_2 = 74$ dB, $L_3 = 77$ dB, determinare il livello sonoro al ricevitore R.

Soluzione

$$L_R = 10\log\left(\frac{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}{P_0^2}\right) = 10\log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + 10^{L_3/10}) = 10\log(10^{7,4} + 10^{7,4} + 10^{7,7}) = 80dB.$$

Con n livelli uguali: $L_R = 10\log\left(n \cdot 10^{L_1/10}\right) = 10\log n + L_1$.

Rapporto segnale/rumore (S/N ratio)

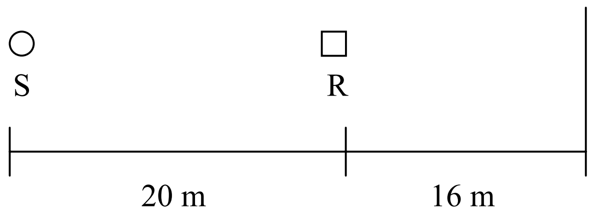
Si supponga di voler misurare il livello sonoro prodotto da una sorgente in presenza di rumore di fondo. Secondo la terminologia tecnica, si usa chiamare “segnale” il campo sonoro a cui si è interessati, ovvero quello prodotto dalla sorgente e rumore il “rumore” di fondo.
Il rapporto segnale/rumore si definisce così: $S/N = L_S - L_N$, dove per $L_S - L_N$ si intende la differenza <u>algebrica</u> dei due livelli sonori.
Nel caso in cui il rumore residuo sia inferiore di soli 3 dB al rumore ambientale, il rapporto S/N è 0dB, ovvero non è più possibile distinguere energeticamente il segnale dal rumore.

Velocità del suono nell’aria

Ipotizzando una situazione di aria secca con percentuali di azoto, ossigeno ed argon pari rispettivamente a 78 %, 21% e 1%, si può stimare la velocità del suono alla pressione atmosferica in funzione della temperatura (<u>espressa in gradi Celsius</u>), utilizzando al seguente relazione:

$$c_0 = 331 + 0,6\,T_c.$$

Esercizio



Calcolare il tempo di ritardo tra l'onda diretta e quella riflessa da una parete di fondo emessa dalla sorgente S e percepita dal ricevitore R.

Soluzione

Definite x_1 = distanza tra S ed R = 20 m e x_1 = distanza tra R e il muro = 16 m, ho:

$t_d = x_1/c = 20/c$ tempo impiegato del segnale per raggiungere il ricevitore;

$t_r = \dfrac{x_1 + x_2 + x_3}{c} = 52/c$ tempo totale impiegato del segnale per raggiungere il muro e ritornare al ricevitore;

da cui si ottiene il risultato richiesto:

$$\Delta t = \text{tempo di ritardo} = t_d - t_r = 32/r$$

Introduzione all'analisi in frequenza

L'analisi in frequenza si può compiere in banda stretta (tramite Fourier) o in banda percentuale costante. In quest'ultimo caso la frequenza di centro banda è così definita: $f_c = \sqrt{f_i \cdot f_s}$. La sua denominazione significa che il rapporto $\dfrac{\text{lunghezza banda }(\Delta \text{f})}{\text{frequenza centrale}}$ è costante.
Ne esistono di due tipi: in ottava ed in 1/3 d'ottava.

Esempio

Dato uno spettro in bande di 1/3 d'ottava, ricavare i livelli corrispondenti di ottava ed il livello complessivo della pressione sonora.

$$L_{p\,\text{ottava}} = 10\log\left[10^{L_{1/3}/10} + 10^{L_{2/3}/10}10^{L_{3/3}/10}\right] = 70{,}3db$$

E' possibile passare da 1/3 d'ottava a ottava come è stato fatto sopra. E' impossibile il contrario.

Esempio

E' stata effettuatala una misura dello spettro di pressione in bande d'ottava di una ventola industriale. Sono stati effettuati sei rilevamenti, riporati nella tabella sottostante. Calcolare il livello medio complessivo della pressione sonora, sia in lineare che col filtro A.

Frequenza (Hz)	L_{p1}	L_{p2}	L_{p3}	L_{p4}	L_{p5}	L_{p6}
500	59	60	60	58	60	62
1000	61	63	64	63	63	62
2000	62	63	67	66	63	61
4000	58	57	58	59	57	59

Otteniamo il valore medio attraverso la seguente equazione:

$$L_{\text{p medio}} = 10\log\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} 10^{L_i/10}}{n}\right)$$

Per i 1000 Hz si ha $L_{1000Hz} = 10\log\left(\frac{1}{6}\left(10^{6,1} + 10^{6,3} + 10^{6,4} + ... + 10^{6,2}\right)\right) = 62,8dB$. Per le altre frequenze si ha:

L_{Med}	60	62,8	64,2	58,1

e $L_{Med\ Totale}$ = 67,9 dB.

Effettuando la pesatura A si ottengono i seguenti risultati:

A	-3,2	0	1,2	1
L_A	56,8	62,8	65,4	59,1

con $L_{A\ Totale}$ = 68,2 dB.