Soluzione compito 15/06/2018

Esercizio 1

La ponderazione temporale del valore efficace viene effettuata mediante una costante di tempo esponenziale. Il valore efficace con ponderazione temporale è definito come:

$$\hat{p}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int\limits_{t-T}^{t} p^2(\tau) e^{-\frac{\tau - t}{t_c}} d\tau}$$

Sono disponibili diverse costanti di tempo, in modo da adattarsi a segnali di natura diversa. Le costanti *fast* e *slow* hanno tempo caratteristico pari a $t_{fast} = 125$ ms e $t_{slow} = 1$ s. La costante *impulse*, invece, presenta tempi di salita e discesa diversi: $t_{impulse} = 35$ ms in salita, mentre la discesa avviene a 2.9 dB/s.

Esercizio 2

La sorgente reale S è posta a distanza $d = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$ m dal ricettore. La parete, distante 0.5 dalla sorgente, causa una riflessione che può essere schematizzata con la presenza di una sorgente immagine *S'*, con una potenza pari a $L_W(S') = L_{WS} + 10 \log(1 - \alpha) = 80 - 1.55 = 78.45$ dB.

La distanza d' percorsa dal raggio riflesso è pari a $d' = \sqrt{3^2 + (4 + 2 \cdot 0.5)^2} = 5.83$ m

Le due sorgenti producono singolarmente un livello di pressione nel punto R pari a:

$$\begin{cases} L_p(S) = L_{WS} - 20 \log d - 11 = 62 \text{ dB} \\ L_p(S') = L_{WS'} - 20 \log d' - 11 = 60 \text{ dB} \end{cases}$$

Dato che il suono prodotto dalla sorgente è un'onda sferica a singola frequenza, produce un campo che segue la legge $\sim \frac{\cos(\omega t - kr)}{r}$. Nello spazio dove sono presenti l'onda diretta e quella riflessa si creerà un pattern di interferenza: la differenza di fase tra le due onde sarà proporzionale alla differenza di cammino ottico delle due onde

$$\Delta\phi = k\delta = \frac{2\pi(d-d')}{\lambda} = \frac{2\pi f(d-d')}{c} = 5.2 \text{ rad}$$

La somma dei livelli, tenuto conto dell'interferenza delle onde, è data dalla formula - per la dimostrazione si veda il compito di gennaio 2018-:

$$L_{tot} = 10\log(10^{0.1\cdot L_p(S)} + 10^{0.1\cdot L_p(S')} + 2\cdot 10^{\frac{L_p(S)+L_p(S')}{20}} \cos(\Delta\phi)) = 65.76 \text{ dB}$$

In caso il suono sinusoidale venga rimpiazzato da una sorgente incoerente a banda larga, il termine di interferenza, mediato su tutte le frequenze, si annulla. La somma dei livelli pertanto si può fare con la formula già nota: $L_{tot} = 10\log(10^{0.1L_p(S)} + 10^{0.1L_p(S')}) = 64$ dB(A).

Se la sorgente resta accesa per un tempo $T = 5$ ore, il livello equivalente riferito al periodo diurno è:

$$L_{eq} = 10\log\left(\frac{1}{16}(5\cdot 10^{0.1L_{tot}} + 11\cdot 10^{0.1L_{res}}\right) = 59\,\text{dB(A)}$$

Esercizio 3

Il tempo di riverbero è dato da: $T = 0.161\frac{V}{\alpha S} \to \alpha = 0.161\frac{V}{TS} = 0.161\frac{100}{1.2\cdot 130} = 0.1$

Si vuole che: $T_1 = 0.161\frac{V}{\alpha S+\alpha_1 20} < 1$ s.

Risolvendo in funzione di α_1 : $\frac{1}{20}(0.161V - \alpha S) = \frac{1.61-1.3}{20} = 0.015 < \alpha_1$

Esercizio 4 (approfondito)

La velocità del suono varia con la temperatura espressa in gradi Kelvin secondo la legge:

$$c = c_0\sqrt{\frac{T}{273.16}}$$

Questa dipendenza può essere calcolata a partire dalla legge dei gas perfetti.

In presenza di gradienti verticali di temperatura, la velocità di propagazione del suono cambia all'interno del mezzo. Sapendo che vale la legge di Snell, per cui ad una variazione della velocità del suono tra due mezzi 1 e 2 si ha un raggio rifratto nel mezzo 2 secondo la legge: $\frac{\sin\theta_t}{\sin\theta_i} = \frac{c_2}{c_1}$, i raggi sonori che si propagano all'interno di un mezzo stratificato non seguono una semiretta, ma una traiettoria incurvata secondo il verso del gradiente.

Dato che $\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$, otteniamo che:

$$\frac{\sin\theta_t}{\sin\theta_i} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

quindi, se $T_2 > T_1$, $\sin\theta_t > \sin\theta_i$: il raggio si allontana dalla normale all'interfaccia di separazione tra due strati; se invece $T_2 < T_1$, il raggio tenderà ad avvicinarsi alla normale tra i due mezzi.

Un gradiente verticale di temperatura può essere schematizzato come la presenza di tanti strati paralleli, in cui la temperatura varia in accordo al segno del gradiente.

Extra: dall'equazione delle onde, si ricava che la velocità del suono nel mezzo è $c = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}}$.

Da $P_0 V = \frac{M}{M_M} R T_0$ ricaviamo $\rho = \frac{M}{V} = \frac{P_0 M_M}{T_0 R}$, e sostituendola nella formula per la velocità dell'onda: $c = \sqrt{\frac{\gamma R}{M_M} T_0} = c_0 \sqrt{\frac{T_0}{273.16}}$, avendo usato $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.4$; $R = 8.314\ \mathrm{JK^{-1}mol^{-1}}$; $M_M = 29\ \mathrm{kg\,kmol^{-1}}$.