

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Διάδοση του ήχου

Ταχύτητα του ήχου

$$c = 332 \sqrt{1 + \frac{T^\circ}{273}}$$

T° = θερμοκρασία (°C) . Για $T^\circ = 20^\circ\text{C}$, $c = 343$ (m/s) , πυκνότητα αέρα $\rho = 1,21$ (kg/m³)

Πίεση αρμονικού κύματος

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad p_{rms} = \frac{p_{\max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{N/m}^2) \text{ ή (Pa)}$$

ταχύτητα $u = 2\pi f x$ (m/s)

όπου x (m) η απομάκρυνση από το σημείο ισορροπίας

Ακουστικά μεγέθη

Ένταση επίπεδων κυμάτων

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

(W/m²) Ένταση σφαιρικών κυμάτων

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

Κλίμακα decibel

Λογαριθμικές σχέσεις : $\log_b \frac{a}{c} = n \quad \frac{a}{c} = b^n$

$$\text{decibel} = 10 \log_{10} \frac{W_1}{W_2}$$

όπου τα W_1 , W_2 είναι
μεγέθη ισχύος

$$20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = 10 \log_{10} \frac{W_1}{W_2}$$

όπου τα V_1 , V_2 είναι
μεγέθη τάσης

Ακουστικές στάθμες ως προς στάθμες αναφοράς

Στάθμη πίεσης $L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{p}{p_{ref}} \quad p_{ref} = 0,00002$ (Nm⁻²)

Στάθμη ισχύος $L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{ref}} \quad W_{ref} = 10^{-12}$ (W)

Στάθμη έντασης $L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \quad I_{ref} = 10^{-12}$ (W/m²)

Ηχητικές πηγές

Μονοπολικές σφαιρικές πηγές

πίεση $p(r,t) = \frac{A}{r} e^{j(\omega t - kr)}$

ένταση $I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c} \quad r = \text{απόσταση (m)}$

Μηχανικά - Ηλεκτρικά - Ακουστικά ανάλογα

Συχνότητες συντονισμού

$$\text{ηλεκτρική : } f_E = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_E}}$$

$$\text{μηχανική : } f_M = \frac{1}{2\pi\sqrt{mC_M}} \quad \text{ή} \quad f_M = \frac{1}{2\pi\sqrt{m/k}}$$

$$\text{ακουστική : } f_A = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_A C_A}}$$

$$C_A = (\pi \cdot R^2) \frac{V}{\rho c^2} \quad k_A = \frac{1}{C_A} \quad M_A = \frac{\rho L}{\pi R^2} \quad R_A = \frac{\rho c k^2 S^2}{2\pi}$$

Μετατροπείς

Σύνθετες αντιστάσεις μετατροπέων

$$\text{Ηλεκτρική (u=0), } Z_{EB} = \frac{V}{I} \quad \text{Μηχανική (I=0), } Z_{MO} = \frac{F}{u}$$

Κανονικές εξισώσεις μετατροπέων

$$V = Z_{EB}I + T_{EM}u \quad F = T_{ME}I + Z_{MO}u$$

Ευαισθησία μετατροπέων

$$\text{Για δέκτες } S_1 = \frac{V}{F}, I=0 \quad \text{ή} \quad S_1 = \frac{T_{ME}}{Z_{MO}}$$

Στάθμη ευαισθησίας μετατροπέα

$$S.L. = 20 \log_{10} \frac{S}{S_{ref}}, S_{ref} = 1$$

Ηλεκτροδυναμικοί μετατροπείς (πηγίου)

$$Z_{EB} = R_0 + j\omega L_0, \quad \text{όπου } R_0, L_0 \text{ παράμετροι αδρανούς πηγίου}$$

$$Z_{MO} = R_M + j(\omega m - \frac{k}{\omega}), \quad \text{όπου } k, m, R_M (=C) \text{ μηχανικές παράμετροι}$$

$$T^2 = -T_{ME}T_{EM} \quad C_{EM} = \frac{m}{T^2} \quad R_{EM} = \frac{T^2}{R_m} \quad L_{EM} = \frac{T^2}{k}$$

Συντελεστής Η/Μ μετατροπής $T = Bl$, όπου B (T): πυκνότητα μαγνητικού πεδίου, l (m): μήκος πηγίου

Μικρόφωνα

Ευαισθησία μικροφώνων $S = \left(\frac{V}{P} \right)_{l=0}$

Ηλεκτροδυναμικά μικρόφωνα

$$S = \frac{ABl}{Z_{m0}}, \text{ όπου } A \text{ (m}^2\text{): επιφάνεια, } B \text{ (T): πυκνότητα μαγνητικού πεδίου, } l \text{ (m): μήκος πηνίου}$$

Ηλεκτροστατικά μικρόφωνα

$$S \cong \frac{V_0}{x_0} \frac{R^2}{8F_T} \quad C_0 = \frac{27,8R^2}{x_0}, \quad R \text{ (m): ακτίνα διαφράγματος, } F_T \text{ (N): μηχανική τάση, } x_0 \text{ (m): στατική απόσταση}$$

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (παντοκατευθυντικά):

$$|H(\theta)|=1$$

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (μονοκατευθυντικά «καρδιοειδή»):

$$|H(\theta)| = \frac{1}{2}(1 + \cos\theta)$$

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (μονοκατευθυντικά «σχήματος 8»):

$$|H(\theta)| = \cos^2(\theta)$$

Μεγάφωνα

Ηλεκτρική αντίσταση πηνίου

$$Z_{EB} = R_0 + j\omega L_0$$

Μηχανική αντίσταση κώνου (διαφράγματος)

$$Z_{MO} = R_m + j\left(\omega m - \frac{k}{\omega}\right)$$

Συνολική μηχανική αντίσταση

$$Z_{MI} = Z_{ME} + Z_{MO}$$

Συνολική ηλεκτρική αντίσταση

$$Z_{EI} = Z_{EB} + T^2/Z_{MI}$$

(Z_{ME} = αντίσταση ακουστικής εκπομπής διαφράγματος)

Απόδοση μεγαφώνου

$$n \cong \frac{T^2 R_{ME}}{R_0 |Z_{MI}|^2}$$

Ισχύς εκπομπής μεγαφώνου : $W_{ME} = U^2 R_{ME}$, όπου U ταχύτητα όγκου, R_{ME} αντίσταση εκπομπής (πραγματικό μέρος)

Ταχύτητα όγκου:

$$U = Su, \text{ όπου } S \text{ (m}^2\text{) η επιφάνεια κώνου}$$

Ευαισθησία μεγαφώνου:

$$S_W = P / W \text{ (πίεση / ισχύ)}$$

Στάθμη ευαισθησίας μεγαφώνου

$$S.W. = 20 \log_{10} S_w / S_{ref} \text{ (dB/W/m), όπου } S_{ref} = 1$$

Ταχύτητα κίνησης κώνου

$$u = \frac{(Bl)I}{|Z_{MI}|} \text{ (m/s)}$$

Μετρήσεις Θορύβου

Ισοδύναμη ηχοστάθμη: $L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$, όπου L_i η i -οστή μέτρηση ηχοστάθμης

Ακουστική Χώρων

Χρόνος αντήχησης (s): $RT = \frac{0.16V}{A}$, όπου $A = S_1a_1 + S_2a_2 + \dots + S_n a_n$ (m²)

Σταθερά δωματίου: $R = \frac{\bar{S}\bar{a}}{1-\bar{a}}$

Συνολική στάθμη ακουστικής πίεσης σε χώρο με αντήχηση (Hopkins-Stryker):

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \text{ (dB)}$$

Λόγος στάθμης απευθείας προς ανακλώμενο: $L_p \left(\frac{P_d}{P_r} \right) = 10 \log \left(\frac{QR}{16\pi r^2} \right) \text{ (dB)}$

Ποσοστό απώλειας κατανόησης φθόγγων: $\% AL_{CONS} = \frac{200r^2 RT^2}{VQ}$

Ηχητικές εγκαταστάσεις

Κατευθυντικότητα ηχείου σε σχέση με οριζόντια και κάθετη γωνία κάλυψης

$$Q = \frac{180^\circ}{\arcsin \left(\sin \frac{\theta_{op}}{2} \sin \frac{\theta_{καθ}}{2} \right)}$$

Παραγόμενη ηχοστάθμη από ηχείο σε κλειστό χώρο

$$L_{p(r,\theta)} = SW + 10 \log W_{HL} + 10 \log \left(\frac{Q(\theta)}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) - 10 \log \left(\frac{Q(\theta)}{4\pi} + \frac{4}{R} \right) \text{ (dB)}$$

Απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς (εκπομπή σε ανοικτό χώρο):

$$L_p = SW + 10 \log WHL - 20 \log r - b(\theta)$$

$$W_{HL} = 10^{\frac{L_p + (20 \log r + b(\theta)) - SW}{10}} \text{ (W)}$$