

ΑΣΚΗΣΗ

Για συγκεκριμένο μεγάφωνο που λειτουργεί σε άπειρη επιφάνεια (μπάφλα), δίνονται:

Ακτίνα $a = 0,1 \text{ m}$, $B = 1 \text{ T}$, $l = 7,5 \text{ m}$, $R_0 = 10 \text{ } \Omega$, $L_0 = 0,0005 \text{ H}$, $k = 2000 \text{ N/m}$, $R_m = 1 \text{ Ns/m}$, $m = 0,01 \text{ kg}$, $R_{ME} = 2 \text{ Ns/m}$, $X_{ME} = 2 \text{ Ns/m}$

(α) να υπολογισθεί η συχνότητα μηχανικού συντονισμού του μεγαφώνου

(β) για ημιτονοειδές σήμα οδήγησης $f=200\text{Hz}$ και ρεύμα 2A , να υπολογισθεί η ισχύς ακουστικής εκπομπής και η ηχοστάθμη που παράγεται σε απόσταση 10m (Θεωρώντας σφαιρική εκπομπή).

(γ) αν το παραπάνω μεγάφωνο τοποθετηθεί σε κλειστό ηχείο εσωτερικού όγκου $V_{tb} = 0.1 \text{ m}^3$ και για το σήμα οδήγησης που δίνονται στο (β), να υπολογισθεί η νέα συχνότητα μηχανικο-ακουστικού συντονισμού του συστήματος καθώς και η ισχύς ακουστικής εκπομπής. Υπολογίσετε την % μεταβολή στην ισχύ εκπομπής μεταξύ της εκπομπής του μεγαφώνου όπως αυτό λειτουργεί στη συνθήκη (β) και του μεγαφώνου τοποθετημένο στο κλειστό ηχείο.

Δίνονται:

$$k_A = (\pi a^2)^2 \frac{\rho c^2}{V_{tb}}$$

$$u = \frac{T \cdot I}{|Z_{ME} + Z_{MO}|} = \frac{Bl \cdot I}{|Z_{MI}|}$$

ΛΥΣΗ

(α)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,159 \cdot \sqrt{\frac{2000}{0,01}} = 0,159 \cdot 447,21 \cong 71,1 \text{ Hz}$$

(β)

$$f = 200 \text{ (Hz)} \quad \text{άρα} \quad \omega = 1256 \quad \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

Χρησιμοποιούμε τη σχέση: $W_{AC} = R_{ME} \cdot U^2 = R_{ME} \cdot S^2 \cdot u^2$

$$R_{ME} = 2 \quad S = \pi a^2 = 3,14 \cdot 0,1^2 = 0,0314 \quad (\text{m}^2)$$

$$Z_{MI} = Z_{ME} + Z_{MO} = R_{ME} + j\omega X_{ME} + R_m + j\left(\omega m - \frac{k}{\omega}\right) \xrightarrow{X_{ME}=2} Z_{MI} = R_{ME} + R_m + j\left(X_{ME} + \omega m - \frac{k}{\omega}\right) \rightarrow Z_{MI} = (2 + 1) + \left(2 + 0,01\omega - \frac{2000}{\omega}\right) = 3 + 12,97j$$

$$|Z_{MI}| = 13,31 \text{ } (\Omega)$$

άρα

$$u^2 = \left(\frac{Bl \cdot I}{|Z_{MI}|} \right)^2 = \frac{(7,5 \cdot 2)^2}{13,31^2} = 1,27 \text{ (m/s)}^2$$

$$W_{AC} = 2 \cdot 0,0314^2 \cdot 1,27 \cong 0,0025 \text{ (Watt)}$$

Για $r = 10\text{m}$, χρησιμοποιούμε:

$$\frac{W_{AC}}{4\pi r^2} = \frac{p_{rms}^2}{\rho c}$$

και αφού $\rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3$ και $c = 343\text{m/s}$, υπολογίζεται:

$$p_{rms} = 0,0288 \text{ (Pa ή N/m}^2\text{)}$$

$$L_p = 20 \log \frac{p_{rms}}{p_{ref}} = 20 \log \frac{0,0288}{2 \times 10^{-5}} = 63,16 \text{ (dB)}$$

(γ)

Αντικαθιστούμε τα δεδομένα της εκφώνησης στη σχέση για τη σκληρότητα του ακουστικού ελατηρίου λόγω του όγκου στο κλειστό κουτί (ηχείο):

$$k_A = (\pi a^2)^2 \frac{\rho c^2}{V_{tb}} = 1413 \text{ (N/m)}$$

Άρα όταν το μεγάφωνο τοποθετηθεί στο κλειστό κουτί, η συνολική δράση του ελατηρίου θα προκύψει από τη μηχανική και την ακουστική λειτουργία, δηλαδή:

$$k' = k + k_A = 2000 + 1413 = 3413 \text{ (N/m)}$$

Και η νέα συχνότητα συντονισμού του συστήματος μεγάφωνο-ηχείο θα είναι:

$$f_0' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k'}{m}} = 0,159 \cdot \sqrt{\frac{3413}{0,01}} = 92,98 \text{ (Hz)}$$

Όπως και παραπάνω στο (β), υπολογίζεται η $|Z''_{MI}| = 12,2 \text{ (}\Omega\text{)}$ (και αν και δεν ζητείται, και η $|Z''_{EI}| = 11,77 \text{ (}\Omega\text{)}$) και για ρεύμα 2 (A), η νέα ακουστική ισχύς εκπομπής υπολογίζεται ως:

$$W'_{AC} = 0,0030 \text{ (Watt)}$$

Με δεδομένο ότι στο (β) η ακουστική εκπομπή είχε υπολογιστεί σαν $W_{AC} = 0,0025 \text{ (Watt)}$, η αύξηση αντιστοιχεί σε:

$$\frac{0,0030 - 0,0025}{0,0025} \times 100 = 20\%$$

Παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση του μεγαφώνου στο ηχείο, αυξάνεται η εκπεμπόμενη ισχύς ακόμη και στη συχνότητα των 200 Hz που βρίσκεται πάνω από την αρχική ή και τη νέα συχνότητα συντονισμού του συστήματος.