ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Για συγκεκριμένο μεγάφωνο που λειτουργεί σε άπειρη επιφάνεια (μπάφλα), δίνονται:
Ακτίνα α = 0,1 m, B = 1 T, l = 7,5 m, R_0 *=10 Ω,* L_0 *= 0,0005 H, k= 2000 N/m,* R_m *= 1 Ns/m, m = 0.01 kg,* R_{ME} *= 2 Ns/m,* X_{ME} *= 2 Ns/m*

(α) να υπολογισθεί η συχνότητα μηχανικού συντονισμού του μεγαφώνου

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

(γ) για τη συχνότητα μηχανικού συντονισμού και ημιτονοειδές σήμα με τάση 20V, να υπολογισθεί η ισχύς ακουστικής εκπομπής και η rms απομάκρυνση του κώνου

(δ) αν το παραπάνω μεγάφωνο τοποθετηθεί σε κλειστό ηχείο εσωτερικού όγκου V_{tb} = 0.1 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)

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

(β)

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

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

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

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

$|Z_{MI}| = 13{,}31$ (Ω)

άρα

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

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

Για r = 10m, χρησιμοποιούμε:

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

και αφού ρ=1,2 Kg/m^3 και c = 343m/s, υπολογίζεται:

$p_{rms} = 0{,}0288$ (Pa ή N/m^2)

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

(γ)

$V_{in} = I\cdot Z_{EI}$ και $I = \frac{V_{in}}{Z_{EI}}$ οπότε πρέπει να υπολογιστεί η Z_{EI}

$$Z_{EI} = R_0 + j\omega L_0 + R_m + \frac{(Bl)^2}{Z_{MI}} = 10{,}95 + 3{,}48j \rightarrow |Z_{EI}| = 11{,}49 \quad (\Omega)$$

$I = \frac{20}{11{,}49} = 1{,}7$ (A)

και όπως παραπάνω υπολογίζεται

$W_{AC} = 0{,}0018$ (Watt)

Προαιρετικά μπορείτε επίσης να υπολογίσετε ότι αυτό αντιστοιχεί σε $L_p = 61{,}75$ (dB)

Επειδή έχουμε σαν είσοδο ημιτονοειδές σήμα, η απομάκρυνση x και η ταχύτητα κίνησης, σχετίζονται ως:

$u = 2\pi f x$ και επίσης $u = \frac{Bl\cdot I}{|Z_{MI}|}$

Εδώ πρέπει να υπολογισθεί ξανά η $|Z_{MI}|$ και η $|Z_{EI}|$ αφού σε αντίθεση με το ερώτημα (β) η συχνότητα πλέον δεν είναι τα 200Hz, αλλά είναι η συχνότητα του μηχανικού συντονισμού (υπολογίστηκε στο (α))

Άρα για

$f = 71{,}1\ (Hz)$ αντιστοιχεί $\omega = 447 \left(\frac{rad}{s}\right)$, υπολογίζεται η $|Z_{MI}|$ όπως παραπάνω και δίνει:

$Z'_{MI} = 3 + 2j$ και άρα $|Z'_{MI}| = 3{,}6$ (Ω)

Όμοια υπολογίζεται και $Z'_{EI} = 22{,}98 + 8{,}43j$ και άρα $|Z'_{EI}| = 24{,}47$ (Ω)

Συνεπώς και

$I = \frac{20}{24{,}47} = 0{,}81$ (A) και αντικαθιστώντας στις παραπάνω σχέσεις για ταχύτητα και απομάκρυνση, για $f = 71{,}1\ (Hz)$ έχουμε:

$u = 2\pi f x = \frac{Bl \cdot I}{|Z'_{MI}|} = \frac{7{,}5 \times 0{,}81}{3{,}6}$ και $x = 0{,}0038$ (m)

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

$k_A = (\pi a^2)^2 \frac{\rho c^2}{V_{tb}} = 1413$ (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:

$k' = k + k_A = 2000 + 1413 = 3413$ (N/m)

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

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

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

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

Με δεδομένο ότι στο (β) η ακουστική εκπομπή είχε υπολογιστεί σαν $W_{AC} = 0{,}0025$ (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.