

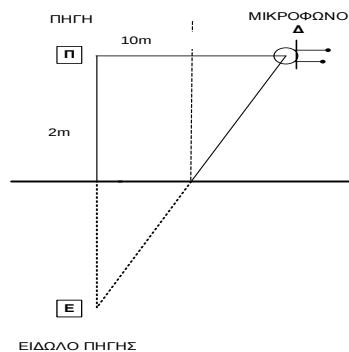
Άσκηση με καταγραφή πηγής και ανάκλασης από μικρόφωνο

ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1, 2

Παντοκατευθυντική πηγή παράγει σήμα λευκού θορύβου στάθμης 80 dB SPL/1m και βρίσκεται τοποθετημένη σε ύψος 2m από ανακλαστικό έδαφος. Στο ίδιο ύψος από το δάπεδο και σε απόσταση 10m από την πηγή βρίσκεται κατευθυντικό μικρόφωνο με συνάρτηση (λόγο) κατευθυντικότητας $H(\theta) = \frac{1}{2}(1 + \cos\theta)$, όπου θ είναι η γωνία πρόσπτωσης του ήχου (είναι ίδια και στα 2 επίπεδα). Το ανακλαστικό δάπεδο απορροφά το μισό της πίεσης του ήχου και ανακλά το υπόλοιπο χωρίς καμία άλλη παραμόρφωση. Να υπολογισθεί:

(α) η συνολική πίεση του ήχου που συλλέγεται από το μικρόφωνο

(β) η διαφορά σε dB στο φάσμα πλάτους του συνολικού σήματος στη θέση του μικροφώνου στις συχνότητες 1000 Hz και 1200 Hz



ΛΥΣΗ

(α)

$$L_p = 10 \log \frac{p_\pi^2}{p_{ref}^2} \rightarrow \frac{L_p}{10} = \log \frac{p_\pi^2}{p_{ref}^2} = 80 \quad \text{και} \quad \frac{p_\pi^2}{p_{ref}^2} = 10^{\frac{L_p}{10}} \rightarrow p_\pi = p_{ref} \sqrt{10^{\frac{L_p}{10}}}$$

Άρα η πίεση που παράγεται στο 1m είναι:

$p_\pi = 20 \times 10^{-5} \sqrt{10^8} = 0,2 \text{ (Pa ή N/m}^2\text{)}$ και συνεπώς η πηγή παράγει ακουστική ισχύ που υπολογίζεται για $r=1\text{m}$, $\rho=1,2 \text{ Kg/m}^3$ και $c=343\text{m/s}$, ως:

$$\frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p_\pi^2}{\rho c} \Rightarrow W = 1,21 \times 10^{-3} \text{ Watt}$$

Όμοια, σε απόσταση αντικατάσταση δεδομένων, στο σημείο Δ, σε απόσταση $r=10\text{m}$, ο ήχος από απευθείας διάδοση θα είναι :

$$\frac{1,21 \times 10^{-3}}{4\pi 10^2} = \frac{p_{\Pi\Delta}^2}{\rho c} \Rightarrow p_{\Pi\Delta} = 0,02 \text{ (Pa ή N/m}^2\text{)}$$

Η ανάκλαση αναπαρίσταται με ισοδύναμη πηγή, ίσης ισχύος, τοποθετημένης στη θέση του ειδώλου Ε, άρα που παράγει ίση ηχητική πίεση στο 1m, άρα $p_\pi = p_E = 0,2 \text{ (N/m}^2\text{)}$.

Η απόσταση $\Delta E = \sqrt{PE^2 + P\Delta^2} = 10,77 \text{ m}$ και $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{PE}{P\Delta}\right) \Rightarrow \theta = 21,8^\circ$

Συνεπώς, η πίεση που θα φθάσει στο σημείο Δ, λόγω της απόστασης, όμοια θα είναι:

$\frac{1,21 \times 10^{-3}}{4\pi 10,77^2} = \frac{p_{\Delta E}^2}{\rho c} \Rightarrow p_{\Delta E} = 0,018 \text{ (N/m}^2\text{)}$. Επίσης η διαδρομή αυτή προκύπτει από ανάκλαση, η οποία μειώνει την πίεση στο μισό, δηλαδή:

$p'_{\Delta E} = 0,018 \times 0,5 = 9,28 \times 10^{-3} \text{ (N/m}^2\text{)}$. Η πίεση αυτή θα φτάσει στο μικρόφωνο στη θέση Δ, αλλά θα μειωθεί επιπλέον λόγω της κατευθυντικότητας, αφού θα φθάσει υπό γωνία $\theta = 21,8^\circ$. Ο λόγος κατευθυντικότητας θα είναι ίσος με:

$H(\theta) = \frac{1}{2}(1 + \cos(21,8)) = 0,96$ και συνεπώς η πίεση που θα συλλεχθεί στο μικρόφωνο από την ανάκλαση (εικονική πηγή Ε), θα είναι:

$$p''_{\Delta E} = p'_{\Delta E} \times 0,96 = 9 \times 10^{-3} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Η συνολική πίεση που συλλέγεται από το μικρόφωνο θα είναι η άθροιση των πιέσεων από την οδό ΠΔ και ΕΔ, άρα:

$$p_{\Delta, tot} = \sqrt{p_{\Pi\Delta}^2 + (p''_{\Delta E})^2} = 0,022 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$L_{p\Delta, tot} = 20 \log \frac{p_{\Delta, tot}}{p_{ref}} = 20 \log \frac{0,002}{2 \times 10^{-5}} = 60,5 \text{ (dB)}$$

(β)

Η κρουστική απόκριση του συνολικού ακουστικού συστήματος, είναι:

$$h(t) = \delta(t) + 0,5\delta(t - t_{E\Delta-\Pi\Delta}) \quad \text{όπου} \quad t_{E\Delta-\Pi\Delta} = \frac{E\Delta-\Pi\Delta}{c} = \frac{10,77-10}{343} = 2,24 \times 10^{-3} \text{ (sec)}$$

Η απόκριση συχνότητας είναι ο μετασχηματισμός Fourier της κρουστικής απόκρισης, δηλ.

$$H(\omega) = F(h(t)) = 1 + 0,5e^{-j\omega \times 2,24 \times 10^{-3}} = 1 + 0,5 \cos(\omega \times 2,24 \times 10^{-3}) - j0,5 \sin(\omega \times 2,24 \times 10^{-3})$$

και

$$|H(\omega)| = \sqrt{1 + (0,5 \cos(\omega \times 2,24 \times 10^{-3}))^2 + (0,5 \sin(\omega \times 2,24 \times 10^{-3}))^2}$$

Για $\omega_1 = 2\pi \times 1000$, $|H(\omega_1)| = 1,49$ και για $\omega_2 = 2\pi \times 1200$, $|H(\omega_2)| = 1,46$ και άρα η διαφορά θα είναι:

$$20 \log \frac{1,49}{1,46} = 0,177 \text{ (dB)}$$