

Κυματική διάδοση 2023-2024

Λύση Άσκησης 4.1

Άσκηση 4.1

Σε ακουστική μετάδοση στη θάλασσα μετρήθηκε ακουστική πίεση σε απόσταση 50000 μέτρων από την πηγή μέτρου 0.00005 Pa.

1. Εάν η πηγή είχε ένταση 200 dB re 1μPa μετρούμενη σε απόσταση 1 μέτρο από το κέντρο της, πόση είναι η απώλεια διάδοσης στον εν λόγω κυματοδηγό .
2. Πόσο είναι το επίπεδο έντασης στο δέκτη (RL) μετρούμενη σε dB re 1μPa ;
3. Πόσο θα ήταν το επιπεδο έντασης στο δέκτη και η απώλεια διάδοσης εάν είχαμε διάδοση σε άπειρο χώρο από την ίδια πηγή ;
4. Ποιό είναι το πλάτος της σημειακής αρμονικής πηγής στην περίπτωση που εξετάζουμε ;

Λύση 4.1

1. Η απώλεια διάδοσης δίδεται από τη σχέση :

$$TL(r, z) = -20 \log \frac{|p(r, z)|}{|p_0|}$$

όπου $|p|(r, z)$ είναι το μέτρο της ακουστικής πίεσης στο σημείο (r, z) και $|p_0|$ είναι η πίεση αναφοράς όπως έχει οριστεί στο μάθημα (απόσταση 1 μέτρο από την πηγή σε άπειρο χωρίο).

Η ένταση της πηγής δίδεται από τη σχέση

$$SL = 20 \log \frac{|p_0|}{|p_{ref}|}$$

όπου $|p_{ref}| = 10^{-6} Pa$, πίεση αναφοράς συμβατικά για την υποβρύχια ακουστική

Συνεπώς

$$200 = 20 \log \frac{|p_0|}{|p_{ref}|} \Rightarrow 10 = \log \frac{|p_0|}{|p_{ref}|}$$

άρα

$$\frac{|p_0|}{|p_{ref}|} = 10^{10} \Rightarrow |p_0| = 10^{10} 10^{-6} = 10^4 Pa$$

Επομένως

$$TL(r, z) = -20 \log \frac{|p(r, z)|}{|p_0|} = -20 \log \frac{5 \times 10^{-5}}{10^4} = -20 \log (5 \times 10^{-9}) = 166 \text{ dB}$$

2. Το επίπεδο έντασης στο δέκτη RL ορίζεται ως

$$RL(r, z) = 20 \log \frac{|p(r, z)|}{|p_{ref}|}$$

Εδώ έχουμε

$$RL(r, z) = 20 \log \frac{5 \times 10^{-5}}{10^{-6}} = 20 \log 50 = 34 \text{ dB re } 10^{-6} \text{ Pa}$$

Επαλήθευση

$$RL = SL - TL = 200 - 166 = 34 \text{ dB}$$

3. Σε άπειρο χώρο (χωρίς σύνορα) θα έχουμε σφαιρική διάδοση. Για τη σφαιρική διάδοση γνωρίζουμε ότι η ακουστική πίεση σε απόσταση r από την πηγή μοναδιαίου πλάτους, δίδεται από τη σχέση

$$p'(r) = \frac{1}{4\pi r} e^{ikr},$$

όπου k ο αριθμός κύματος.

Συνεπώς

$$|p'(r)| = \frac{1}{4\pi r}$$

Από την παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι για πηγή μοναδιαίου πλάτους η πίεση αναφοράς για τον υπολογισμό της απώλειας διάδοσης (σε απόσταση 1 μέτρο από την πηγή) είναι

$$|p'_0| = \frac{1}{4\pi}$$

Επομένως:

$$TL(r) = -20 \log \frac{|p'(r)|}{|p'_0|} = -20 \log r^{-1} = 20 \log r = 20 \log 5 \times 10^4 = 94 \text{ dB}$$

Σημείωση : Η απώλεια διάδοσης σε άπειρο χωρίο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την απώλεια διάδοσης σε κυματοδηγό (Γιατί ;). Εδώ όμως αυτό δεν συμβαίνει αφού $94 < 166$. Η εξήγηση είναι ότι για πηγή έντασης 200 dB re 1μPa δεν δικαιολογείται η πολύ χαμηλή πίεση στο σημείο της λήψης που δίδεται στα δεδομένα της άσκησης !!

Συνεχίζοντας για την περίπτωση διάδοσης σε άπειρο χωρίο έχουμε

$$RL = SL - TL = 200 - 94 = 106 \text{ dB re } 10^{-6} \text{ Pa}$$

$$RL(r) = 20 \log \frac{|p(r)|}{|p_{ref}|} \Rightarrow \frac{|p(r)|}{|p_{ref}|} = 10^{RL/20} = 10^{106/20} = 10^{5.3}$$

$$|p(r)| = 10^{5.3} \times 10^{-6} = 10^{-0.7} = 0.19952 \text{ Pa.}$$

4. Εάν A είναι το πλάτος της ακουστικής πηγής τότε

$$|p_0| = \frac{A}{4\pi} = 10^4 \text{ Pa.}$$

Προσοχή! Την πίση αναφοράς σε απόσταση 1 μέτρο από την πηγή την υπολογίσαμε από τα δεδομένα μας στο πρώτο ερώτημα. Συνεπώς

$$A = 4\pi \times 10^4 = 125664$$