

Műszaki akusztika zh

2019. április 2. 14.15-15.45

A levegő anyagjellemzői: $c = 340$ m/s, $\rho = 1.2$ kg/m³

1. Feladat.

a) Add meg a $p(t) = P \cdot \cos(\omega t)$ hangnyomásjel szintjét decibelben, ha $P = 0,1$ Pa és $\omega = 2\pi \cdot 20$ rad/s!

A hangnyomásjel szintje:

$$L_P = 20 \log_{10} \frac{0.1/\sqrt{2} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} = 80 \text{ dB} \quad (1)$$

b) Becsüld meg a fenti hangnyomásjel A-súlyozott szintjét dBA-ban, ha frekvenciája $\omega = 2\pi \cdot 1000$ rad/s!

Mivel az A-szűrő 1 kHz-en hozzávetőlegesen 0 dB átvitelű, a becült szint 80 dBA.

2. Feladat.

Üzemünk nagy mechanikai impedanciájú földemjén 80 dB szintű, 50 Hz frekvenciájú rezgésebbesség uralkodik. A földemre egy érzékeny, 100 kg tömegű műszert telepítünk. A műszert négy sarka alatt rugalmasan támasztjuk alá, hogy elszigeteljük a földem rezgéseitől. Célunk, hogy a műszeren mérhető rezgésebbesség-szint 30 dB alá kerüljön.

a) Vázold fel a rugalmasan alátámasztott műszer mechanikai helyettesítőképét. A műszert helyettesítsd koncentrált tömeggel, a négy sarok alatti alátámasztást helyettesítsd egyetlen rugalmas elemmel. A rendszer bemenete legyen a padló sebességgerjesztése, kimenete pedig a tömeg rezgésebbessége.

b) Írd fel a rendszer átviteli függvényét. Vázold fel az átviteli függvény Bode-diagramjának amplitúdómenetét!

Az átviteli függvény:

$$\frac{v_m}{v_0} = \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2}, \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{mc}} \quad (2)$$

c) Válaszd meg a rugalmas alátámasztás sajátfrekvenciáját a fenti feltételnek megfelelően! A méretezésnél hagyj figyelmen kívül az alátámasztás mechanikai csillapítását.

Mivel a rendszernek 50 dB-t kell csillapítania, és a sajátfrekvencia fölött az átvitel -12 dB / oktáv meredekséggel csökken, az 50 Hz-nek hozzávetőlegesen 4.2 oktávval kell a sajátfrekvencia fölött lennie. Ebből a sajátfrekvencia kifejezése

$$f_0 = f/2^{4.2} = 2.78 \text{ Hz}, \quad \omega_0 = 17.5 \text{ rad/s}. \quad (3)$$

d) A sajátfrekvencia alapján határozd meg egyetlen rugalmas elem rugómerevségét.

$$k = 1/c = \omega_0^2 \cdot m = 3 \cdot 10^4 \text{ N/m} \quad (4)$$

egy elem merevsége ennek negyede.

3. Feladat.

Egy $A = 10 \text{ cm}^2$ keresztmetszeti felületű, hullámimpedanciával lezárt cső bemenetére merev, $m = 10 \text{ g}$ tömegű dugattyút illesztünk. A dugattyút $F = 2 \text{ N}$ amplitúdójú, $\omega = 2\pi \cdot 100 \text{ rad/s}$ frekvenciájú harmonikus erővel gerjesztjük. Mekkora a csőben ébredő nyomás síkhullám amplitúdója?

A megoldást add meg két módon. Az első esetben hanyagold el a sugárzási impedancia dugattyúra gyakorolt terhelő hatását, a második esetben vedd figyelembe azt is!

A „végtelen” csőben mozgó dugattyú sugárzási impedanciája

$$r_s = Az_0 \quad (5)$$

A gerjesztő erő – dugattyú sebessége közti rendszer átviteli függvénye (mivel a tömeg és a sugárzási impedancia közös sebesség van)

$$\frac{v_d}{F} = \frac{1}{sm + r_s} \quad (6)$$

ahonnan a dugattyú sebessége

$$v_d = \frac{F}{sm + r_s} \quad (7)$$

és a lesugárzott nyomás

$$p = v_d \cdot z_0 = \frac{Fz_0}{sm + Az_0} \quad (8)$$

ennek amplitúdója $s = i2\pi \cdot 100 \text{ rad/s}$ értéken 1.3 Pa .

Ha a sugárzási impedanciától eltekintünk, akkor a keresett kifejezés

$$p = v_d \cdot z_0 = \frac{Fz_0}{sm} \quad (9)$$

ami szintén 1.3 Pa értéknek adódik. Ez azért van, mert a sugárzási impedancia elhanyagolható a tömeghez képest.

4. Feladat.

Egy merev falba ágyazott, $r = 20 \text{ cm}$ sugarú, kör alakú merev dugattyú normális irányú rezgést végez, és a végtelen féltérbe sugároz. Mely határfrekvenciáig igaz, hogy az iránykarakterisztikájában nem jelennek meg oldalnyalábok?

Segítség: A $J_1(\gamma)$ Bessel-függvény első pár zérushelye $\gamma = 3.83, 7.02, 10.17, \dots$

Az iránykarakterisztikát a $2J_1(kr)/J_1(kr)$ függvény határozza meg, ahonnan a feltétel, hogy $kr < 3.83$, ahonnan $f < 3.83c/2\pi/r = 1.03 \text{ kHz}$.

5. Feladat.

Egy nagy kiterjedésű sík lemezben transzverzális (hajlító) síkhullám terjed. A hajlító hullám frekvenciafüggő terjedési sebessége $c(\omega) = 60 \text{ m}/\sqrt{s} \cdot \sqrt{\omega}$.

a) Add meg a levegőbe sugárzó lemez koincidenciafrekvenciáját!

koincidenciafrekvencia: ahol a lemezben terjedő rezgés sebessége megegyezik a hangsebességgel. Ez jelen esetben 5 Hz .

b) Add meg a lesugárzott nyomás síkhullám normálissal bezárt szögét $\omega = 200\pi \text{ rad/s}$ frekvencián!

A lesugárzott síkhullám szöge $\sin \theta = c_0/c(\omega) = \frac{340}{60 \cdot \sqrt{200\pi}}$, ahonnan $\theta = 13^\circ$