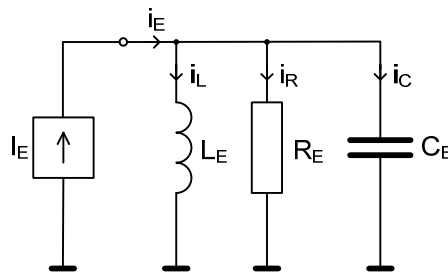


Paralelný elektrický a akustický rezonančný obvod

Akustický obvod s ideálnym dvojčinným mechanicko-akustickým meničom

Elektrický paralelný rezonančný obvod

Jednoduchý paralelný rezonančný obvod je pasívny dvojpól, tvorený paralelným zapojením odporu R_E a reaktančných prvkov L_E a C_E . Je znázornený na obr. 1.



Obr. 1 Paralelný rezonančný obvod

Vlastnosti paralelného RLC rezonančného obvodu sú podobné vlastnostiam sériového RLC rezonančného obvodu, takže ich môžeme opísať stručnejšie.

Komplexná admitancia paralelného rezonančného obvodu je:

$$Y_E = \frac{1}{R_E} + j\omega C_E + \frac{1}{j\omega L_E} = \frac{1}{R_E} + j\left(\omega C_E - \frac{1}{\omega L_E}\right) \quad (1)$$

Pri rezonancii je

$$\text{Im}[Y_E] = \omega_r C_E - \frac{1}{\omega_r L_E} = 0 \quad (2)$$

a admitancia dvojpólu je:

$$Y_E = \frac{1}{R_E}$$

Rezonancia nastane pri **rezonančnej frekvencii**, ktorú dostaneme z podmienky (2) (tzv. Thomsonov vzťah):

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L_E C_E}} \text{ [rad/sec]} \quad \text{resp.} \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_E C_E}} \text{ [Hz]} \quad (3)$$

Ak predpokladáme na vstupe obvodu striedavý prúdový zdroj $I_E(\omega) = I_0 e^{j\omega t}$, jednotlivými prvkami obvodu budú tiecť prúdy:

$$I_C(\omega) = I_E(\omega) \frac{R_E \cdot j\omega L_E}{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E} + R_E \cdot j\omega L_E + \frac{1}{j\omega C_E} \cdot j\omega L_E} \quad (4a)$$

$$I_L(\omega) = I_E(\omega) \frac{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E}}{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E} + R_E \cdot j\omega L_E + \frac{1}{j\omega C_E} \cdot j\omega L_E} \quad (4b)$$

$$I_R(\omega) = I_E(\omega) \frac{j\omega L_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E}}{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E} + R_E \cdot j\omega L_E + \frac{1}{j\omega C_E} \cdot j\omega L_E} \quad (4c)$$

Napätie na prvkoch rezonančného obvodu:

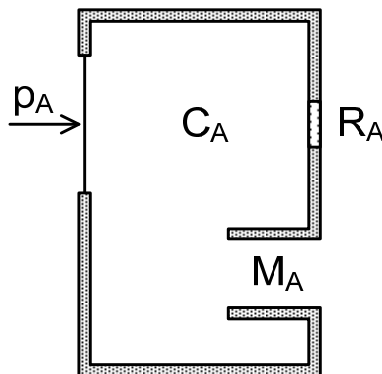
$$U_R = I_R(\omega) \cdot R_E = U_L = I_L(\omega) \cdot j\omega L_E = U_C = I_C(\omega) \cdot \frac{1}{j\omega C_E} = I_E(\omega) \frac{R_E \cdot j\omega L_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E}}{R_E \cdot \frac{1}{j\omega C_E} + R_E \cdot j\omega L_E + \frac{1}{j\omega C_E} \cdot j\omega L_E} \quad (5)$$

Činiteľ akosti u paralelného RLC obvodu určíme ako pomer rezonančného prúdu, prechádzajúceho cievkou (resp. kondenzátorom) k rezonančnému prúdu dvoj pólu:

$$Q_E = \frac{I_L(\omega_r)}{I_R(\omega_r)} = \frac{R_E}{\omega_r L_E} = \frac{I_C(\omega_r)}{I_R(\omega_r)} = \omega_r R_E C_E = R_E \sqrt{\frac{C_E}{L_E}} \quad (6)$$

Akustický paralelný rezonančný obvod

Jednou zo základných **akustických** štruktúr, s ktorými sa možno stretnúť v elektroakustike, je tzv. **Helmholtzov rezonátor**, tvorený dutinou a akustickou trubicou. Jedna z verzií Helmholtzovho rezonátora je na obr. 3. Ide o skrinku, do ktorej akustická vlna vstupuje cez kruhový otvor plochy S a postupuje ďalej (do priestoru) cez dutinu, akustickú trubicu a (možné) netesnosti, reprezentované na obr. 3 naznačenou štrbinou. Dutina skrinky tvorí akustickú poddajnosť, trubica tvorí akustickú hmotnosť a štrbina v stene skrinky je reprezentovaná akustickým odporom. Vychádzajúc z delenia akustickej objemovej rýchlosti, vstupujúcej do sústavy na objemovú rýchlosť „vstrebanú“ dutinou a objemové rýchlosti „vytekajúce“ akustickou trubicou a štrbinou, sú prvky sústavy zapojené v analogickej schéme paralelne.



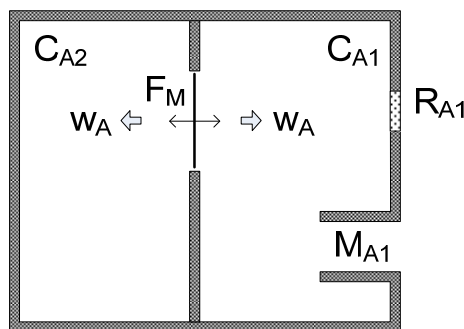
Obr. 3 Helmholtzov rezonátor ako akustický paralelný rezonančný obvod

Úloha

- Do zošita si nakreslite analogickú schému obvodu.
- Na základe analógie medzi elektrickým a akustickým obvodom rovnakého typu napíšte vzťahy pre:
 - celkovú akustickú impedanciu akustického obvodu,
 - rezonančnú frekvenciu akustického obvodu
 - činiteľ kvality akustického obvodu.
- vypočítajte hodnoty prvkov akustického obvodu (M_A , C_A , R_A) tak, aby bol akustický rezonátor naladený na frekvenciu 100 Hz, aby činiteľ kvality akustického obvodu bol $Q_A=7$ a aby akustická poddajnosť zodpovedala objemu V_{AS} (viď dátový list reproduktora);
- napíšte skript na simuláciu obvodu v programe AkAbak
 - ako hodnoty prvkov použite hodnoty vypočítané v predchádzajúcom kroku
 - zdroj košťantnej objemovej rýchlosti vytvorte pomocou prvku „gyrator“ s prevodovou konštantou $Bl=1Tm$
- zobrazte si priebehy (frekvenčné charakteristiky) vstupnej akustickej impedancie a akustických objemových rýchlostí na prvkoch sústavy a konfrontujte očakávané hodnoty rezonančnej frekvencie a činiteľa kvality s tvarom zobrazených charakteristík.

Mechanicko-akustický obvod s dvojitým mechanicko-akustickým meničom

Uvažujte mechanicko - akustickú sústavu podľa obr. 4. Skladá sa z ideálneho (nehmotného, dokonale tuhého) piesta, kmitajúceho vo vnútornej stene skrinky, rozdeľujúcej skrinku na dve časti. Kmitajúci piest tak vysiela akustickú vlnu do dvoch, oddelených akustických obvodov ($V_1=V_2=80L$, $Q_A=1$, $D_T=8cm^1$, $L_T=20cm^2$, $S=300cm^2$). Predpokladáme ďalej, že piest je rozkmitaný ideálnym zdrojom košťantnej sily.



Obr. 4 Akustická sústava s ideálnym mechanicko-akustickým meničom

Úloha

- Do vlastných poznámok si nakreslite "mechanicko – akustickú analogickú" schému sústavy.
- Napíšte skript na simuláciu sústavy v programe AkAbak. Ako ideálny mechanicko-akustický menič použite prvok "coupler".
- Hodnoty akustických prvkov vypočítajte z objemov skrinky, rozmerov akustickej trubice a činiteľa akosti akustického rezonančného obvodu.
- Zobrazte:
 - vstupnú mechanickú impedanciu
 - akustické objemové rýchlosti v prednej časti skrinky (v dB)
 - akustické tlaky v oboch častiach skrinky (v dB)

¹ Priemer akustickej trubice kruhového prierezu

² Dĺžka akustickej trubice