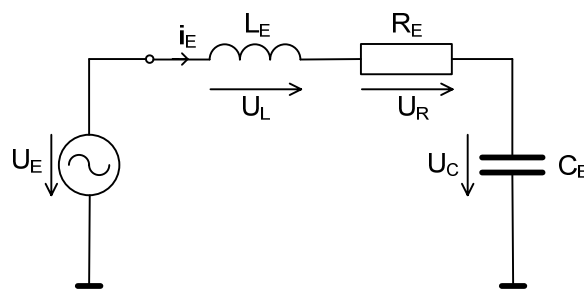


Jednoduché elektrické rezonančné obvody

Ak uvažujeme obvod, tvorený pasívnym dvojpólom RLC a zdrojom napätia, alebo prúdu, pri určitých hodnotách ω , L a C sa dvojpól chová ako obyčajný odpor, t.j. napätie na jeho svorkách je vo fáze s prúdom a zdroj dodáva do dvojpólu iba činný výkon. Tento pracovný režim dvojpólu nazývame rezonanciou a obvod, v ktorom k rezonancii dochádza, rezonančným obvodom. Rezonanciu obvodu dosahujeme nastavovaním (ladením) jedného z prvkov L a C , alebo frekvencie zdroja.

Sériový rezonančný obvod



Obr. 1 Sériový rezonančný obvod

Jednoduchý sériový rezonančný obvod je pasívny dvojpól, tvorený sériovým zapojením odporu R a reaktančných prvkov L a C (obr. 1). Jeho komplexná impedancia je:

$$\mathbf{Z} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (1)$$

Pri rezonancii je

$$\text{Im}[\mathbf{Z}] = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \quad (2)$$

a impedancia dvojpólu je:

$$\mathbf{Z} = R$$

Túto podmienku možno dosiahnuť buď vyladením veľkosti jedného z reaktančných prvkov, alebo nastavením frekvencie zdroja. V oboch prípadoch však rezonancia nastane pri rezonančnej frekvencii, ktorú dostaneme z podmienky (2) (tzv. Thomsonov vzťah):

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

Vlastnosti rezonančného obvodu detailnejšie opisujú amplitúdové a frekvenčné charakteristiky napätí a prúdov v obvode (tzv. rezonančné krivky obvodu).

Ak predpokladáme na vstupe obvodu striedavý zdroj konštantného napätia U_0 , obvodom preteká prúd

$$\mathbf{I} = \frac{U_0}{\mathbf{Z}} = \frac{U_0}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = I(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} \quad (4)$$

kde

$$I(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0}{R} \frac{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} = I_0 \frac{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} \quad (5)$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \operatorname{arctg} \frac{(\Omega^2 - 1)}{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)}$$

sú amplitúdová a fázová charakteristika prúdu v sériovom rezonančnom obvode (obr.2) a

$$\Omega = \frac{\omega}{\omega_r}$$

je normovaná frekvencia.

Činiteľ akosti (kvality) možno u sériového rezonančného obvodu vyjadriť ako pomer rezonančného napätia na cievke (resp. na kondenzátore) k rezonančnému napätiu dvojpoľu:

$$Q = \frac{U_L(\omega_r)}{U_r} = \frac{\omega_r L}{R} = \frac{U_C(\omega_r)}{U_r} = \frac{1}{\omega_r RC} \quad (8)$$

Vzťah (8) možno upraviť do tvaru:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\rho}{R} \quad (9)$$

kde

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

je tzv. **charakteristický odpor** rezonančného obvodu.

Napätie na prvkoch rezonančného obvodu:

$$U_L(\omega) = R \cdot I(\omega) = U_0 \frac{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} \quad (10a)$$

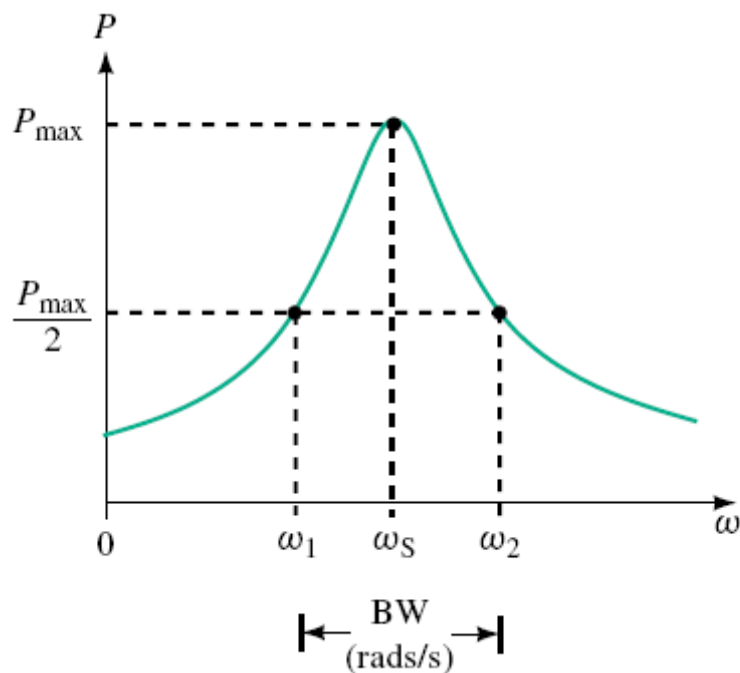
$$U_C(\omega) = \omega L \cdot I(\omega) = U_0 \frac{\Omega^2}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} \quad (10b)$$

$$U_c(\omega) = \frac{1}{\omega C} I(\omega) = U_0 \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} \quad (10c)$$

Výkon spotrebovaný sériovým rezonančným obvodom je:

$$P = I(\omega)^2 \cdot R = \left[\frac{U_0}{R} \frac{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}} \right]^2 \cdot R = \frac{U_0^2}{R} \frac{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2}{\left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2 + (\Omega^2 - 1)^2}$$

Výkonová frekvenčná charakteristika rezonančného obvodu je tzv. krivka selektivity (viď. Obr.).



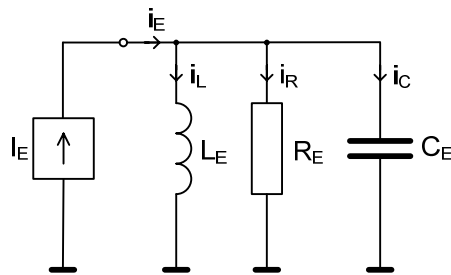
Obr. 2 Krivka selektivity rezonančného obvodu

Definujeme šírku pásma rezonančného (bandwidth, BW) obvodu ako rozdiel medzi frekvenciami, pri ktorých je na rezonančnom obvode polovičný výkon. Platí:

$$BW = \omega_2 - \omega_1 = \frac{\omega_r}{Q} \quad [\text{rad/sek}]$$

$$BW = f_2 - f_1 = \frac{f_r}{Q} \quad [\text{Hz}]$$

Paralelný rezonančný obvod



Obr. 3 Paralelný rezonančný obvod

Vlastnosti paralelného RLC rezonančného obvodu (obr. 4) sú podobné vlastnostiam sériového RLC rezonančného obvodu, takže ich môžeme opísať stručnejšie. Zo vzťahu pre komplexnú admitanciu

$$Y = \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

a z podmienky rezonancie $\text{Im}[Y] = 0$ dostaneme pre rezonančný kmitočet opäť Thompsonov vzťah (3).

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

$$Q = \frac{I_L(\omega_r)}{I_r} = \frac{R}{\omega_r L} = \frac{I_C(\omega_r)}{I_r} = \omega_r RC = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Úloha

Analyzujte sériový rezonančný obvod v programe AkAbak:

1. Napíšte skript s nasledujúcou povinnou hlavičkou skriptu

```
Script of 2
*****
| **** Elektroakustika - cvicenie 2. tyzden *****
| **** Jednoduché rezonančné obvody *****
| **** Meno Priezvisko, 3. skupina *****
| ****
*****

System 's1'

Resistor 'R1' Node=1=2 R=1ohm
```

2. Zvoľte hodnoty prvkov tak, aby ste dosiahli definovanú rezonančnú frekvenciu (100 Hz) a kvalitu rezonančného obvodu ($1/\sqrt{2}$)
3. Vykonať simuláciu obvodu – napätia, prúdy, výkony v obvode
4. Zamerajte sa na preskúmanie:
 - o vplyvu jednotlivých prvkov (R,L,C) na chovanie obvodu (napätia, prúdy, výkony)
 - o rozdiel medzi lineárnymi a nelineárnymi škálami charakteristík