



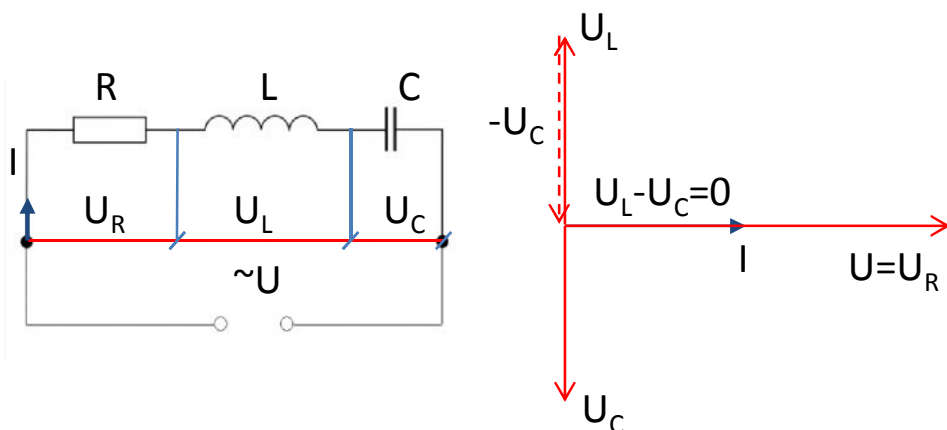
STŘÍDAVÝ ELEKTRICKÝ PROUD

Rezonance

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY.



REZONANCE



Z fázorového diagramu je zřejmé, že úbytek napětí na cívce je v protifázi s napětím na kondenzátoru. Jestliže se indukční reaktance rovná kapacitní reaktanci, rovná se impedance obvodu činnému odporu. Tento stav se nazývá **sériová rezonance**.

Pak platí $X_C = X_L$. Potom $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2} = R$. Při sériové rezonanci prochází obvodem největší proud $I_r = U/R$, který je ve fázi se svorkovým napětím.

Z podmínky $\omega L = 1/\omega C$ vyplývají 3 reálné možnosti, jak rezonanci vyvolat:

1) Rezonanční indukčnost

$$L_r = \frac{1}{\omega^2 C}$$

2) Rezonanční kapacita

$$C_r = \frac{1}{\omega^2 L}$$

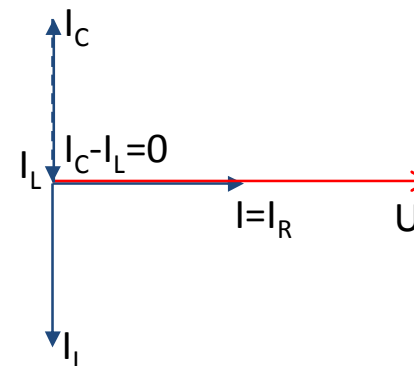
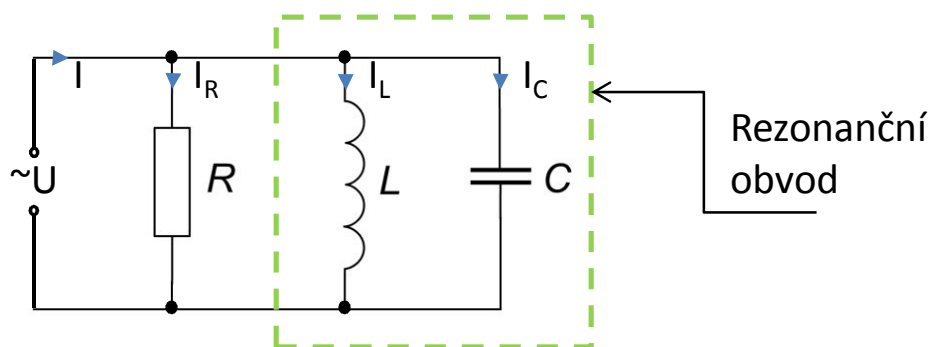
3) *Rezonanční frekvence*

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}; \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}; \Rightarrow 2\pi f_r = \sqrt{\frac{1}{\omega C}};$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Při použití v rozhlasové a televizní technice prochází obvodem maximální proud při naladění frekvence zvoleného vysílání.

REZONANCE



V paralelním obvodu nastane rezonance při $I_C = I_L$, proto jí také říkáme proudová rezonance. Ze zdroje odebíráme nejmenší proud a $\cos \varphi$ se rovná 1. Napětí a proud jsou ve fázi.

Při **paralelní rezonanci** může proud v obvodu **cívka – kondenzátor = rezonanční obvod**, dosáhnout nebezpečné velikosti, i když přívody od zdroje prochází malý (třeba i nulový) proud. Obvod se chová, jako by jeho impedance byla nekonečně velká.

K uvedené skutečnosti dojde při rezonanční frekvenci f_r

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

nebo např. při nesprávné kompenzaci účinníku – viz výuka dále.

V „ideálním“ rezonančním obvodu probíhá stále vzájemná výměna energie mezi magnetickým polem cívky a elektrickým polem kondenzátoru.

Shrnutí:

Vyskytují-li se v obvodech sinusového střídavého proudu indukčnosti a kapacity společně, může nastat případ, že výsledná reaktance obvodu je při určitém kritickém kmitočtu rovna nule, účinky indukčností a kapacit se navzájem ruší. Uvedený kritický kmitočet $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ je tzv.

vlastní kmitočet obvodu. Bude-li obvod připojen ke zdroji s kmitočtem (frekvencí) rovným vlastnímu kmitočtu obvodu nastane **rezonance**.

Příklady:

- 1) a) Kdy nastane rezonance obvodu RLC v sérii, budeme-li měnit kmitočet f ? Indukčnost $L = 0,036 \text{ H}$ a kapacita $C = 40 \text{ }\mu\text{F}$.

Rezonanční frekvence při stálém L a C je
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,036 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}} = 133 \text{ Hz}$$

- b) Jaký bude proud při rezonanci obvodu, jak velké budou úbytky napětí na indukčnosti a kapacitě, je-li činný odpor obvodu $R = 5 \text{ }\Omega$ a svorkové napětí obvodu $U = 100 \text{ V}$?

$$I = U/R = 100/5 = 20 \text{ A.}$$

$$U_L = X_L \cdot I = \omega L \cdot I = 2\pi f L \cdot I = 2\pi \cdot 133 \cdot 0,036 \cdot 20 = 600 \text{ V.}$$

Podle podmínky vzniku sériové rezonance bude úbytek na kapacitní reaktanci stejně veliký:

$$U_C = X_C \cdot I = (1/\omega C) \cdot I = (1/(2\pi f C)) \cdot I = (1/(2\pi \cdot 133 \cdot 40 \cdot 10^{-6})) \cdot 20 = 600 \text{ V.}$$

Všimněme si, že napětí na indukčnosti a kapacitě je podstatně větší než na svorkách obvodu.

2) V obvodu je paralelně zapojený kondenzátor s kapacitou $0,4 \mu\text{F}$ a cívka s indukčností 4 mH . Určete rezonanční frekvenci.

Řešení:
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,004 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}}} = 3,98 \text{ kHz}$$

3) V obvodu s RLC v sérii platí, že při frekvenci 50 Hz je $X_L = 2 \cdot X_C$. Jak se musí změnit frekvence, aby nastala rezonance?

Řešení: Platí tedy $\omega L = 1/2 \omega C \Rightarrow 2\pi f L = 1/2 \cdot 2\pi f C \Rightarrow$

$$f_r = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 4\pi^2 LC}} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2}} f = \frac{50}{\sqrt{2}} = 35,35 \text{ Hz}$$

Frekvence musí mít hodnotu $35,35 \text{ Hz}$, tedy musí se zmenšit o $14,65 \text{ Hz}$.

S použitím:

- L. Javorský, A. Bobek, R. Musil. *Základy elektrotechniky*. 5. upravené vydání. Praha 1970: SNTL. od str. 307.
- L. Voženílek. *Kurs elektrotechniky. 2. přepracované vydání*. Praha 1988: SNTL. od str. 130.
- Zdeněk Opava. *Elektřina kolem nás*. 2. opravené a doplněné vydání. Praha 1985: Albatros. od str. 0266
- J. Kubrycht, R. Musil, L. Voženílek. *Elektrotechnika. Praha 1969: SNTL*.
- Kolektiv AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY. *DVD Elektřina a magnetismus*. 2007.

vypracoval: Ing. Milan Maťátko