

Měření rezonanční křivky paralelního a sériového RLC obvodu

Teorie

Měření rezonanční křivky a rezonanční frekvence v paralelním RLC obvodu statickou metodou

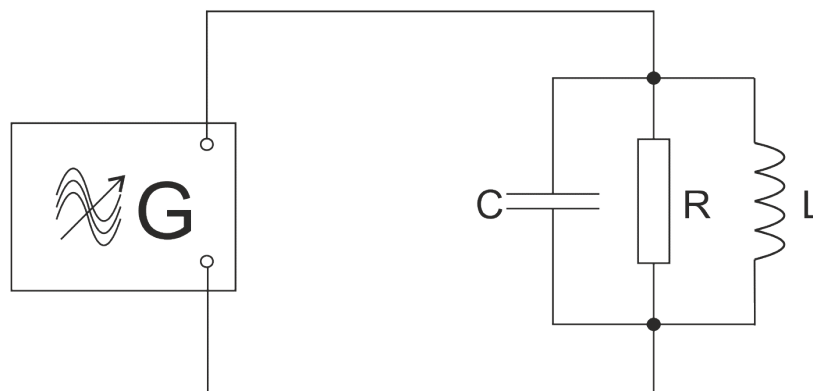
Vyskytují-li se v obvodu sinusového střídavého proudu indukčnosti a kapacity společně, může nastat případ, že výsledná reaktance obvodu je při určitém kmitočtu rovna nule, jde o tzv. vlastní kmitočet obvodu. Bude-li obvod o jistém vlastním kmitočtu připojen ke zdroji střídavého napětí o shodném frekvenci nastane rezonance.

Podle způsobu zapojení prvků R , L a C v obvodu rozdělujeme obvody na paralelní a sériové. Rezonance v paralelních obvodech nastane, když se jalové složky proudů ve všech paralelních větvích navzájem rovnají tj. $\sum I_L = \sum I_C$.

Schéma paralelního rezonančního obvodu je na obr. 1. Celková impedance Z a fázový posuv φ jsou dány vztahem:

$$\frac{1}{Z} = \frac{I}{U} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}, \quad \operatorname{tg} \phi = -R\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right), \quad (1)$$

kde I je proud protékající obvodem, U je napětí na paralelním obvodu a ω je úhlová rychlost pro níž platí: $\omega = 2\pi f$, kde f je frekvence.



Obr.1. Schéma paralelního RLC obvodu

V obvodu nastane rezonance pokud je velikost fázového posunutí $\varphi = 0$ a paralelní obvod se chová jako obvod, ve kterém je zapojen jen činný odpor R . Rezananční frekvence obvodu je pak dána vztahem:

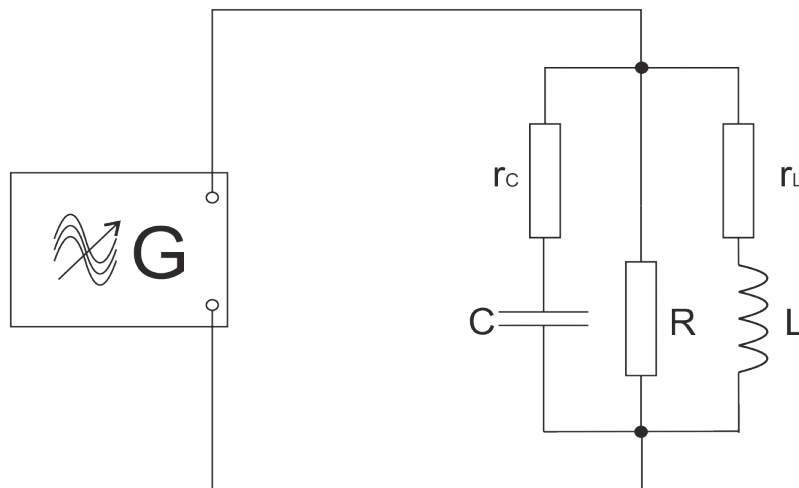
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (2)$$

Předešlý vztah (2) platí pouze při úvaze, že v obvodu je zapojen ideální kondenzátor a ideální cívka. Při vytvoření obvodu z reálných součástek, viz obr. 2., budou cívka i kondenzátor mít oproti zapojení s ideálními prvky vnitřní činný odpor r_L a r_C . Odpor r_L a r_C charakterizují činné ztráty v jednotlivých prvcích obvodu. Při praktické realizaci lze zanedbat činné ztráty způsobené kondenzátorem r_C . Za předpokladu, že se činný odpor $R \rightarrow \infty$, lze obvod nahradit zapojením, viz obr. 3. Celková impedance obvodu je pak dána:

$$Z = \frac{Z_C Z_L}{Z_C + Z_L} = \frac{\frac{1}{\omega C}(r_L + \omega L)}{\frac{1}{\omega C} + r_L + \omega L}, \quad (3)$$

kde Z_C je celková impedance kondenzátoru a Z_L celková impedance cívky. Po upravení vztahu (3) dostaneme zjednodušený vztah pro celkovou impedanci v obvodu:

$$Z = \frac{L}{Cr_L} \cdot \frac{1 - \frac{r_L}{\omega L}}{1 + \left(\frac{\omega L}{r_L} - \frac{1}{\omega Cr_L}\right)}. \quad (4)$$



Obr.2. Schéma paralelního RLC obvodu s reálnými součástkami

Dojde-li v obvodu k rezonanci, je napětí na obvodu a celkový proud v obvodu ve fázi, tzn. výraz pro impedanci je reálný. Proto budou imaginární části komplexního čitatele a komplexního jmenovatele ve zlomku výsledného vztahu impedanci stejné:

$$\frac{-r_L}{\omega L} = \frac{1}{\omega L r_L} - \frac{1}{\omega C r_L}, \quad (5)$$

odkud pro rezonanční frekvenci f_r reálných součástí platí:

$$f_r = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{r_L^2}{L^2}}}{2\pi}. \quad (6)$$

Měření rezonanční křivky a rezonanční frekvence v sériovém RLC obvodu

Doposud jsme se zabývali paralelní rezonancí. Rezonanci lze pozorovat, ale i u sériového zapojení RLC prvků. Rezonance v sériovém obvodu nastane tehdy, když je fázový posun mezi proudem a napětím roven nule, obvod se chová tak, jakoby byl připojen jen činný odpor R . Stejně jako v případě paralelní rezonance platí pro sériový obvod vztah (2).

Okamžitá hodnota proudu I procházející sériovým rezonančním obvodem je dán vztahem:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}, \quad (7)$$

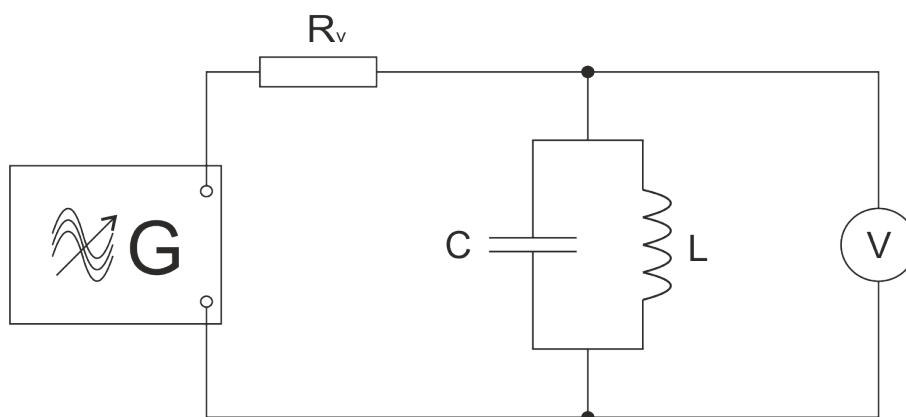
kde U je napětí v obvodu, R činný odpor, L indukce, C kapacita a ω úhlová rychlost.

Pokud v sériovém obvodu nastane rezonance platí, že

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0, \quad (8)$$

rezonanční frekvence je rovna:

$$f_r = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC}}}{2\pi}. \quad (9)$$



Obr.3. Schema zapojení pro měření rezonanční křivky paralelního RLC obvodu

Úkol

- Změřte rezonanční křivky dvou paralelních LC obvodů, porovnejte vypočtené hodnoty rezonanční frekvence s naměřenými. K měření použijte zapojení, viz obr. 3.
- Změřte rezonanční křivku u dvou sériových RLC obvodů, porovnejte vypočtené hodnoty rezonanční frekvence s naměřenými. K měření použijte zapojení, viz obr. 4.

a) Změřte rezonanční křivky dvou paralelních LC obvodů

Seznam použitých pomůcek

Frekvenční generátor, předřadný odpor, cívky, kondenzátory, digitální voltmetr, ohmmetr, vodiče, tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

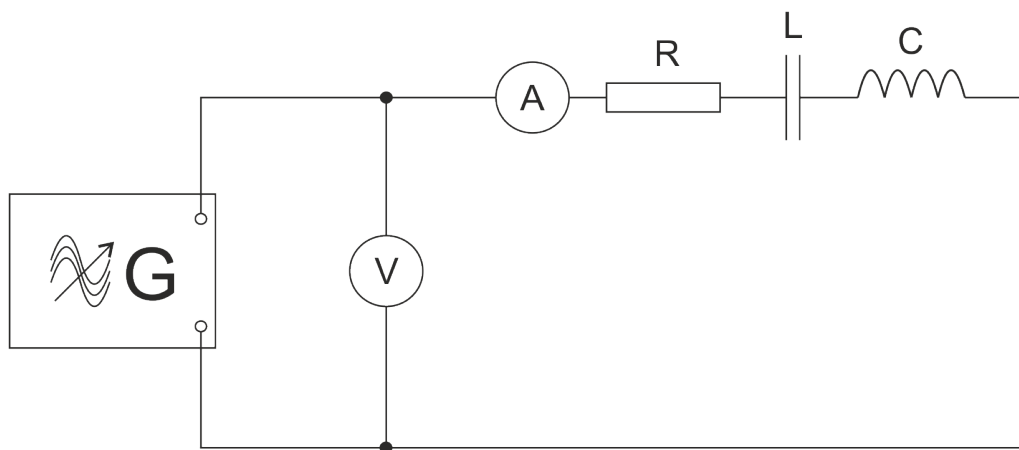
Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 3. Do tabulky zaznamenejte minimálně 15 hodnot zvolené frekvence a odpovídajícího napětí. Frekvenci postupně zvyšujte od cca 50 Hz, až se dostanete do rezonance. Po dosažení rezonance opět zvyšujte frekvenci až do hodnoty, při které je velikost napětí srovnatelná s napětím naměřeným při frekvenci cca 50Hz.
- 2) Ohmetrem změřte vnitřní odpor cívky R_L a přímou metodou změřte její vlastní indukčnost, viz úloha měření indukčnosti přímou metodou. Použijte k výpočtu vztah $L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z^2 - R_L^2}$, kde $Z = \frac{U_{AC}}{I_{AC}}$ je impedance reálné cívky.
- 3) Sestrojte graf závislosti napětí na frekvenci a odečtěte z něho hodnotu rezonanční frekvence. Ze vztahu (6) vypočtěte rezonanční frekvenci a porovnejte s naměřenými údaji.
- 4) Opakujte bod 1) až 3) pro obvod s jinou cívkou a kondenzátorem.

b) Změřte rezonanční křivku u dvou sériových RLC obvodů.

Seznam použitých pomůcek

Frekvenční generátor, předřadný odpor, cívka, kondenzátory, digitální multimetr, vodiče, tabulka pro zapisování naměřených hodnot.



Obr.4. Schéma zapojení pro měření rezonanční křivky sériového RLC obvodu

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 4. Do tabulky zaznamenejte minimálně 15 hodnot zvolené frekvence a odpovídajícího proudu. Frekvenci postupně zvyšujte od cca 50 Hz, až se dostanete do rezonance. Po

dosažení rezonance opět zvyšujte frekvenci až do hodnoty, při které je velikost proudu srovnatelná s proudem naměřeným při frekvenci cca 50Hz.

- 2) Sestrojte graf závislosti proudu na frekvenci a odečtěte z něho hodnotu rezonanční frekvence. Ze vztahu (9) vypočtěte rezonanční frekvenci a porovnejte s naměřenými údaji.
- 3) Opakujte bod 1) a 2) pro obvod s jinou cívkou a kondenzátorem.
- 4) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data, výpočty a grafy. Na závěr shrňte výsledky svého snažení.

Tabulka 1: Tabulka pro zápis naměřených hodnot

Číslo měření	Paralelní LC obvod				Sériový RLC obvod			
	$C = 3,3 \mu F,$ $L1(N = 600 \text{ závitů})$		$C = 10 \mu F,$ $L2(N = 1200 \text{ závitů})$		$C = 3,3 \mu F,$ $L1(N = 600 \text{ závitů})$		$C = 10 \mu F,$ $L2(N = 1200 \text{ závitů})$	
	f (Hz)	U (V)	f (Hz)	U (V)	f (Hz)	I (mA)	f (Hz)	I (mA)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

