

# Úkol 4 – Sériový RLC obvod

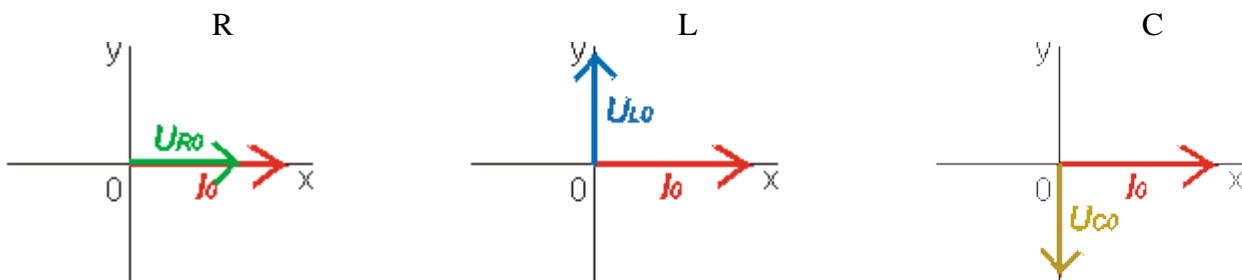
## 1. Zadání

- Ověřte základní vlastnosti sériového RLC obvodu.
- Použijte rezonanční obvod jako pásmový filtr (propust a zadrž).

## 2. Teoretický úvod

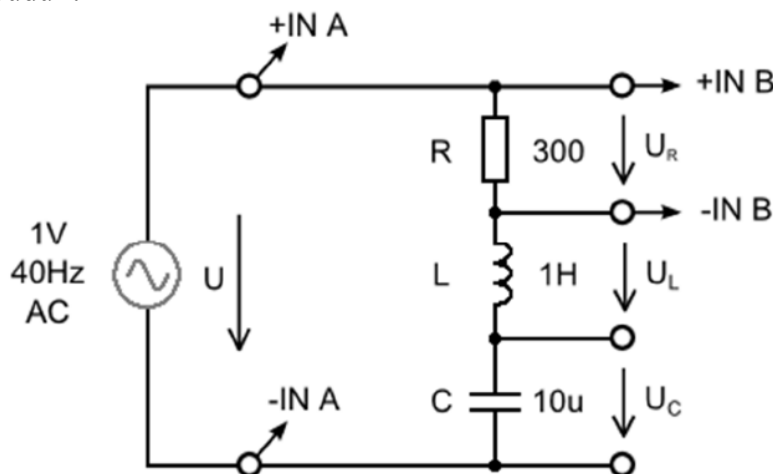
Jednoduchý obvod střídavého proudu složený z rezistoru  $R$ , cívky  $L$  a kondenzátoru  $C$  je určitou fyzikální abstrakcí, poněvadž součástky používané v praxi mají buď více parametrů, nebo se vytvářejí složené obvody střídavého proudu s více součástkami o různých parametrech. Např. každá skutečná cívka má vedle indukčnosti  $L$  také odpor  $R$  a můžeme si ji představit jako obvod tvořený prvky s  $R$  a  $L$  spojenými v sérii. U těchto složených obvodů je výsledný fázový posun napětí a proudu menší než u jednoduchého obvodu. Základní vlastností složeného obvodu střídavého proudu je veličina impedance  $Z$ , která zahrnuje rezistanci, induktanci i kapacitanci celého obvodu. Jednotkou impedance je opět ohm  $\Omega$ .

Fyzikální veličiny v obvodech střídavého proudu (napětí a proudy) lze vyjádřit pomocí tzv. fázorů. Fázor je vlastně vektor mající svůj počáteční bod v počátku soustavy souřadnic. Jeho velikost představuje velikost příslušné fyzikální veličiny, argument  $\varphi$  pak charakterizuje fázový posun. Ke geometrickému znázornění fázorů se pak používá tzv. fázorových diagramů. Příklady fázorových diagramů jednoduchých obvodů střídavého proudu jsou uvedeny v následujícím přehledu.



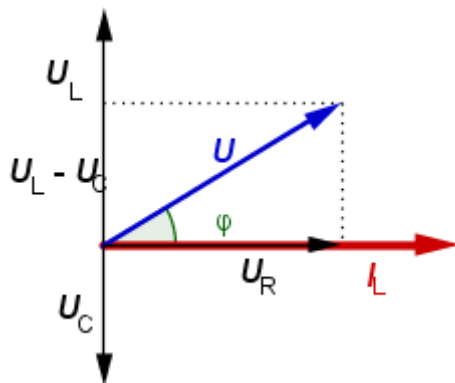
Obr. 1: Fázorový diagram  $R$ ,  $L$ ,  $C$  součástky

Obvod RLC je analogový oscilační elektrický obvod složený z rezistoru  $R$ , cívky  $L$  a kondenzátoru  $C$  spojených paralelně, nebo sériově. Energie v obvodu se přeměňuje na napětí kapacity a proud indukce podle časové konstanty obvodu. Jelikož jsou všechny tři prvky zapojeny za sebou v jedné větvi, protéká všemi v daném čase stejný okamžitý proud, a stejná bude též velikost efektivního proudu v celém obvodu. Různé však budou efektivní hodnoty svorkových napětí  $U_R$ ,  $U_L$  a  $U_C$  na těchto třech prvcích a různá budou i jejich fázová posunutí vůči proudu  $I$ .



Obr. 2: Sériový RLC obvod

Sériová kombinace představuje vždy napěťový dělič, ale pro celkové napětí  $U$  na kombinaci nebude v tomto případě platit prostý součet tak, jak tomu bylo například v obvodech proudu stejnosměrného, kde byly zapojeny jen různě velké odpory. Sestrojíme fázorový diagram efektivních hodnot napětí a proudu tohoto typu zapojení střídavého obvodu. Za základ bereme efektivní proud  $I$  a vzhledem k němu pak vynášíme jednotlivé fázory napětí s ohledem na známá fázová posunutí těchto veličin právě vůči proudu.



Obr. 3: Fázorový diagram RLC obvodu

Pro jednotlivá napětí platí:

$$\begin{aligned}
 U_0 &= Z \cdot I_0 \\
 U_{R0} &= R \cdot I_0 \\
 U_{L0} &= X_L \cdot I_0 = \omega \cdot L \cdot I_0 \\
 U_{C0} &= X_C \cdot I_0 = I_0 / \omega \cdot C
 \end{aligned}$$

Celková impedance v sériovém zapojení:

$$\begin{aligned}
 U_0 &= \sqrt{U_{R0}^2 + (U_{L0} - U_{C0})^2} \\
 ZI_0 &= \sqrt{R^2 I_0^2 + \left(\omega L I_0 - \frac{1}{\omega C} I_0\right)^2} \\
 ZI_0 &= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} I_0 \\
 Z &= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}
 \end{aligned}$$

Celkový proud a fázový posun v sériovém zapojení:

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \\
 \operatorname{tg} \varphi &= \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}
 \end{aligned}$$

Rezonanční kruhová frekvenci  $\omega_0$  ... maximální proud, minimální impedance:

$$\begin{aligned}
 \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} &= 0 \\
 \omega_0 L &= \frac{1}{\omega_0 C} \\
 \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{LC}}
 \end{aligned}$$

Rezonanční frekvence (Thompsonův vztah):

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

### 3. Postup měření

- a) Zapojte obvod podle schématu (**obr. 2**) a zapněte modul RC 2000.
  - Použijte modul FUNCTION GENERATOR a připojte vstupní kanály modulu k PC INTERFACE
- b) Nastavte parametry programu RC 2000 v režimu osciloskop podle Tab. 1.
- c) Nastavte parametry modulu FUNCTION GENERATOR podle Tab. 2.

RC 2000 - Osciloskop			
Display	XY		
Axis	BIP		
Gain	CH. A	0,5 V/div	
	CH. B	0,5 V/div	
Time	10 ms/div		
Trigger	CH. A	0 V	↑

Tab. 1: Parametry RC modulu

FUNCTION GENERATOR	
Freq	40 Hz
Ampl	1.00 V
Offs	0.00 V
Wave	~

Tab. 2: Parametry generátoru

- d) Vypočítejte celkovou impedanci  $Z$  a rezonanční frekvenci  $f_0$
- e) Nakreslete fázorový diagram sériového RLC obvodu s číselným vyjádřením
- f) Cycle:
  - Měřením určete co nejpřesněji rezonanční frekvenci RLC obvodu.
  - Zvyšujte frekvenci generátoru až do stavu, kdy napětí  $U_R$  a vstupní napětí  $U$  budou ve fázi.
  - Přesnost odečtení fáze lze zvýšit nastavením většího zesílení kanálu A (CHA) a B (CHB) na 250 mV/div.
- g) Sequence:
  - Zobrazte průběhy napětí na  $R$ ,  $L$  a  $C$  pro rezonanční frekvenci obvodu ( $f = f_0$ ) do jednoho měření pomocí módu **Sequence**.
  - Osciloskop mějte v módu **Phasor**.
  - Výsledkem bude **graf 1** s průběhy pro jednotlivé součástky.
    1. Měření na odporu  $R$ .
    2. Měření na cívce  $L$ .
    3. Měření na kondenzátoru  $C$ .
- h) Zobrazte průběhy napětí na  $R$ ,  $L$  a  $C$  pro frekvenci  $f = 40 \text{ Hz}$ , tedy  $f < f_0$ .
- i) Zobrazte průběhy napětí na  $R$ ,  $L$  a  $C$  pro frekvenci  $f = 60 \text{ Hz}$ , tedy  $f > f_0$ .

### 4. Závěr

- Porovnejte změřené a vypočtené hodnoty mezi sebou.
- Popište vlastními slovy, kdy v obvodu nastala rezonance.

### 5. Otázky

- Jaké součástky se ukrývají pod označením  $R$ ,  $L$ ,  $C$  a v jakých jsou jednotkách?
- Jak se vypočítá rezonanční frekvence RLC modulu a celková impedance?
- K čemu slouží fázorový diagram?