

# Fázové posunutí napětí a proudu na cívce

Pavel Böhm

**Výstup RVP:** žák měří vybrané veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření

**Klíčová slova:** RLC obvody, střídavý proud, indukance, impedance, cívka, fázové posunutí

**Laboratorní práce**

Doba na přípravu:

**10 min**

Doba na provedení:

**45 min**

Obtížnost:

**vysoká**

- Úkol**
- 1) Sestavte obvod, který umožní změřit průběh napětí a proudu na cívce při různých frekvencích střídavého proudu.
  - 2) Změřte průběh napětí a proudu na cívce při frekvenci 5 Hz, 50 Hz a 500 Hz.
  - 3) Určete v každém ze tří případů maximální proud a napětí, impedanci a fázové posunutí (ve stupních).
  - 4) Odhadněte na základě experimentu elektrický odpor cívky a její indukčnost.
  - 5) Proveďte odhad impedance pro jiné frekvence (například 200 Hz, 1 000 Hz) a ověřte experimentem.

**Pomůcky** Generátor střídavého napětí s nastavitelnou frekvencí, voltmetr Vernier (rozsah 6 V), ampérmetr Vernier (rozsah 0,6 A), LabQuest, počítač s programem Logger Pro, cívka, spojovací vodiče

**Teoretický úvod** Pro impedanci cívky platí

$$Z = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

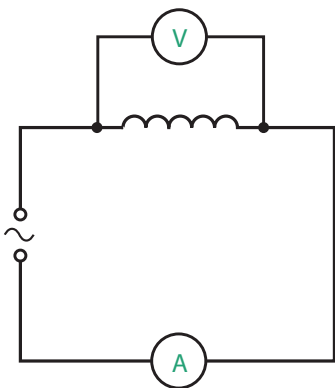
kde  $Z$  je impedance,  $U_{\max}$  maximální napětí,  $I_{\max}$  maximální proud,  $R$  elektrický odpor cívky a  $X_L$  indukance cívky.

Pro induktanci dále platí

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$


kde  $f$  je frekvence střídavého proudu a  $L$  je indukčnost cívky.


**Vypracování** Schéma obvodu:




Doporučení k nastavení softwaru při měření:

Nastavte dobu měření na 0,1 s a vzorkovací frekvenci na 10 000 vzorků za sekundu (**Experiment** → **Sběr dat**).

Před zahájením měření kliknutím na ikonku  je vhodné vynulovat senzory. Spojte (zkratujte) oba vývody voltmetru a odpojte ampérmetr od zdroje napětí, následně

klikněte na ikonku .

## Fázové posunutí napětí a proudu na cívce

Pokud je (při vyšších frekvencích střídavého proudu) potřeba v grafu přiblížit určitou část pro lepší odečítání hodnot, stačí daný úsek označit tažením myši a kliknout na ikonku . Pozor na to, že je potřeba začít myší táhnout v levém horním rohu a skončit v pravém dolním. Do takto vyznačeného okna je třeba uzavřít celý úsek pro přiblížení.

Hodnoty lze z grafu odečítat po kliknutí na ikonku .

	5 Hz	50 Hz	500 Hz
Maximální proud (A)			
Maximální napětí (V)			
Impedance ( $\Omega$ )			
Induktance ( $\Omega$ )			
Fázové posunutí U a I (stupně)			

Elektrický odpor cívky ( $\Omega$ )	
Indukčnost cívky (H)	

frekvence (Hz)	odhad impedance ( $\Omega$ )	odhad fázového posunutí U a I (ve stupních)	změřená impedance ( $\Omega$ )	změřené fázové posunutí U a I (ve stupních)
200				
1 000				

# Fázové posunutí napětí a proudu na cívce

Pavel Böhm

**Zpracování** Aktivitu lze nechat provádět žáky ve skupinkách v rámci laboratorních prací nebo ji může učitel zařadit do běžné hodiny jako aktivitu demonstrační.

Slabším žákům lze v návodu ponechat schéma obvodu, ti zdatnější by měli být schopni si obvod sestavit samostatně (doporučuji důsledně vést žáky k tomu, aby před zapojením ke zdroji napětí nechali učitele obvod zkontrolovat).

Lze ji provést též badatelským způsobem, kdy žáky necháme vztah mezi frekvencí a impedancí/indukčností objevit.

Nechte žáky, aby sami vymysleli, s jakou frekvencí je vhodné měření provádět. Abychom i při frekvenci 500 Hz zobrazili jednu periodu aspoň pomocí 20 bodů, je třeba frekvence 10 kHz.

Jednoduchý a dostatečně přesný postup pro určení elektrického odporu a indukčnosti cívky je tento: uvědomíme si, že při malé frekvenci prakticky indukčnost nehraje roli, veškerá impedance při 5 Hz je tedy v podstatě určena odporem cívky. Když známe odpor cívky, můžeme naopak z nejvyšší hodnoty při 500 Hz dopočítat indukčnost.

Pokud máme čas, můžeme nechat žáky experimentálně ověřit, že jejich odhad impedance a fázového posunutí pro jiné frekvence je ve shodě s experimentem.

Můžeme také žákům ukázat, jak lze využít nástroj **Řešitel**.

Dalším rozšířením aktivity může být zkoumání indukčnosti cívky v závislosti na přítomnosti jádra, na počtu závitů cívky, na procházejícím proudu a podobně.

**Ukázky  
výsledků**

	5 Hz	50 Hz	500 Hz
Maximální proud (A)	0,31	0,31	0,19
Maximální napětí (V)	2,0	2,1	4,5
Impedance ( $\Omega$ )	6,3	6,7	23
Induktance ( $\Omega$ )	0,23	2,3	23
Fázové posunutí U a I (stupně)	2	20	74

Elektrický odpor cívky ( $\Omega$ )	6,3
Indukčnost cívky (H)	0,0072

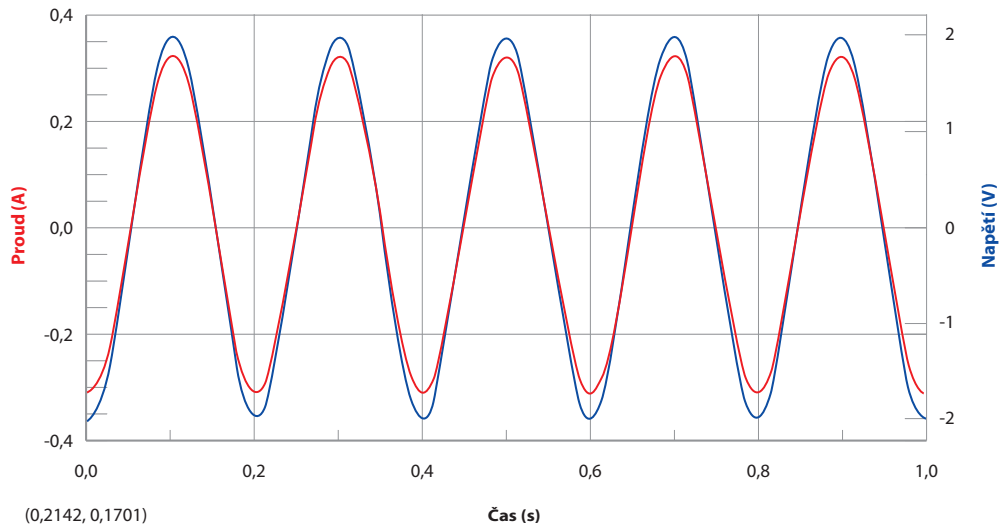
## Fázové posunutí napětí a proudu na cívce

frekvence (Hz)	odhad impedance ( $\Omega$ )	odhad fázového posunutí U a I (ve stupních)
50	6,7	20
100	7,8	36
150	9,3	47
200	11	55
250	13	61
300	15	65
350	17	68
400	19	71
450	21	73
500	23	74
550	26	76
600	28	77
650	30	78
700	32	79
750	34	79
800	37	80
850	39	81
900	41	81
950	43	82
1000	46	82
1050	48	82
1100	50	83
1150	52	83
1200	55	83
1250	57	84
1300	59	84
1350	61	84
1400	64	84
1450	66	85
1500	68	85

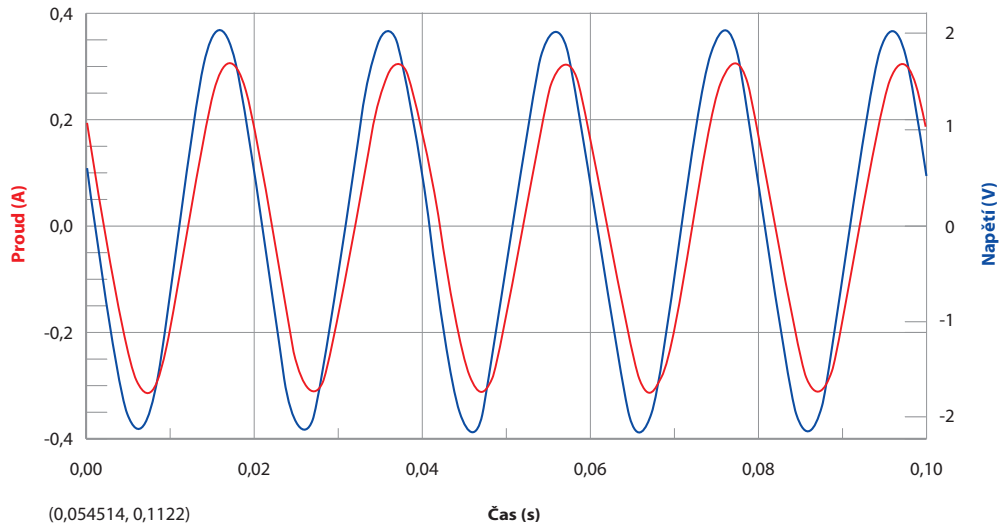
**Fázové posunutí napětí a proudu na cívce**

Na obrázcích jsou typické průběhy proudu a napětí.

**5 Hz**



**50 Hz**



**500 Hz**

