

Rezonance v obvodu RLC

Pomůcky: Systém ISES, moduly: voltmetr, ampérmetr, dva kondenzátory na destičkách (černý a stříbrný), dvě cívky na uzavřeném jádře s pohyblivým jhem, rezistor 100 Ω, 7 spojovacích vodičů, 2 krokosvorky, soubor: **rezonance.icfg**.

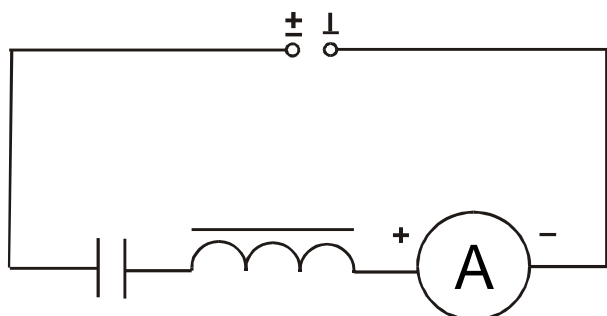
Úkoly:

- 1) Seznámit se s rozmítačem.
- 2) Prozkoumat, jak rezonanční frekvence závisí na kapacitě kondenzátoru.
- 3) Prozkoumat, jak rezonanční frekvence závisí na indukčnosti cívky.
- 4) Pozorovat, jak se při rezonanci mění velikost proudu a svorkového napětí a jejich fázový posun.
- 5) Proměřit veličiny pro sestrojení grafů: *Závislost impedance na frekvenci a Závislost proudu na frekvenci.*

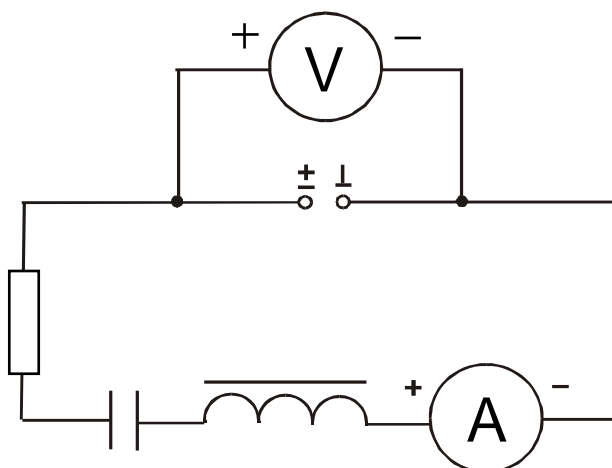
Teorie:

Měření provedeme podle následujících zapojení.

obr. 1

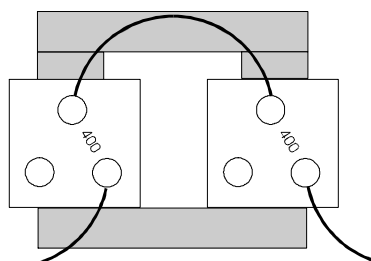


obr. 2



Pro rezonanční frekvenci platí $f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$

impedance $Z = \frac{U_m}{I_m}$



Cívka 2x400
závitů

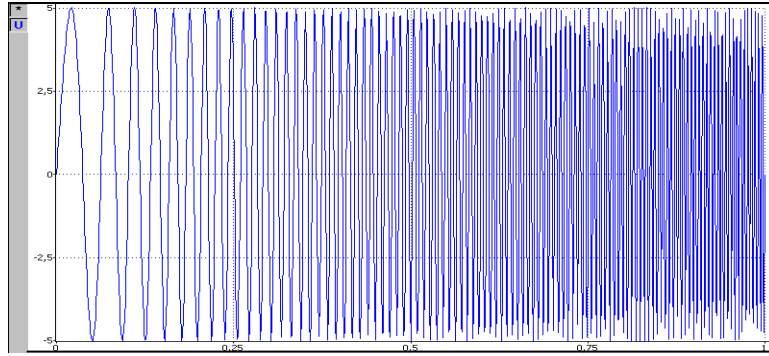
Provedení:

1. úkol: Seznámení s rozmítačem

Založíme nový experiment a načteme do konfigurace **J://ISES/rezonance.icfg** (čas 1 s, 20 000 Hz, start automatický, výstupní kanál E rozmítač (0 V, 5 V, 10 Hz, 400 Hz), panel č.1 výstupní napětí – kanál E).

Konfigurační soubor nastavil měření na 1 s, v okně „Výstupní kanály“ vidíme, že do kanálu E bude vyslán signál „E = rozmítač (0 V; 5 V; 10 Hz; 400 Hz)“. To znamená, že jde o výstupní střídavé napětí kolísající okolo 0 V s amplitudou 5 V, počáteční frekvencí 10 Hz a konečnou frekvencí 400 Hz. Někde v tomto frekvenčním rozsahu bude docházet k rezonanci.

Spustíme měření. Na obrazovce se objeví graf rozmítaného napětí v závislosti na čase.



Graf se směrem doprava „zahušťuje“, což odpovídá zvyšování frekvence střídavého napětí. Tak pracuje rozmítač.

Zvětšíme si lupou (*zvětšit graf*) levou část grafu těsně po nulovém času. Pomocí ikony *zpracování dat* a *odečet rozdílu* změříme první „půlperiodu“ $T_1/2$ a vypočteme počáteční frekvenci f_1 . Vrátime zpátky zvětšení (ikona *celý graf*), vybereme lupou střední část grafu (okolo 0,5 s) a určíme střední frekvenci f_2 . Postup ještě zopakujeme pro konečnou frekvenci f_3 (před časem 1 s).

2. úkol: Závislost rezonanční frekvence na kapacitě kondenzátoru

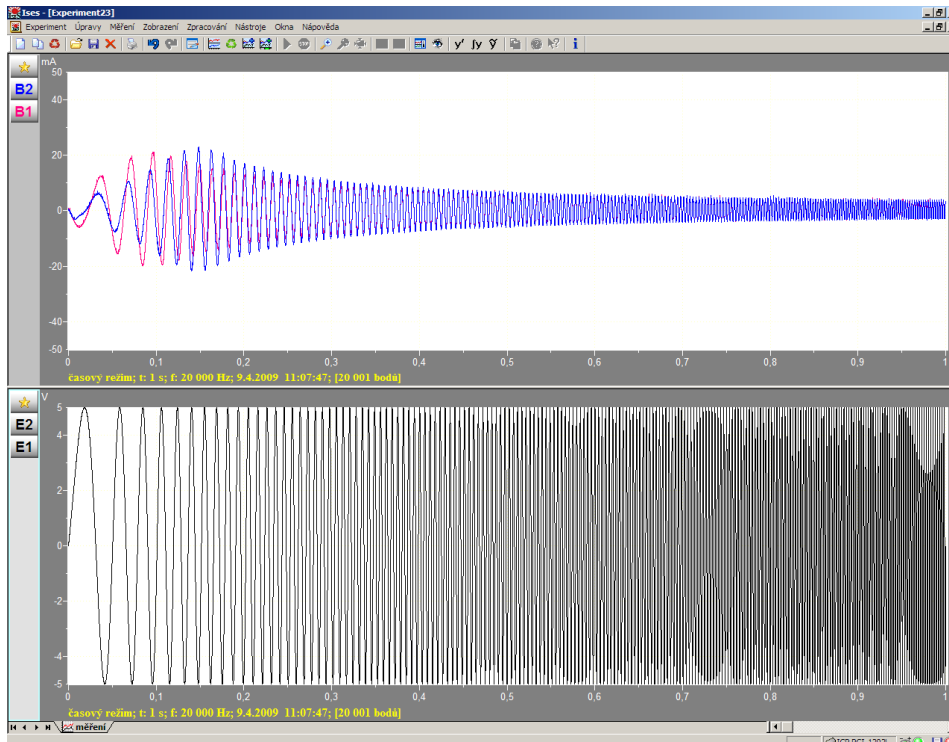
Na modulu **voltmetr** nastavíme rozsah **10 V** s nulou uprostřed $\leftarrow 0 \rightarrow$ a zasuneme do **kanálu A**. Na modulu **ampérmetr** nastavíme rozsah **0,1 A** s nulou uprostřed $\leftarrow 0 \rightarrow$ a zasuneme do **kanálu B**.

Zapojíme obvod podle obr. 1. Použijeme stříbrný kondenzátor, cívku 2x400 závitů a jako zdroj napětí výstupní kanál E. Červenými šipkami *nahradíme experiment* a upravíme konfiguraci. U vstupních kanálů zaškrtneme, že chceme zobrazovat proud B: ampérmetr.

Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení!

Spustíme měření. V dolním panelu je rozmítané napětí a v horním panelu vidíme, že při určité frekvenci tekl obvodem maximální proud. Určíme tuto rezonanční frekvenci f_4 .

Nahradíme stříbrný kondenzátor černým a do stejného panelu přidáme další graf stisknutím ikony *další měření*. Vidíme, že rezonance nastala při jiné frekvenci f_5 . Určíme ji, zapíšeme do protokolu a úvahou určíme, který kondenzátor má větší kapacitu.



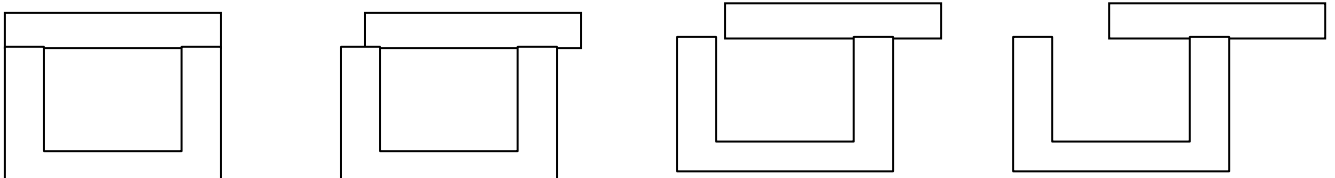
Kondenzátory zapojíme paralelně a zvolíme znovu *další měření*. Určíme rezonanční frekvenci f_6 . Ze znalosti paralelního řazení kondenzátorů zdůvodněte vztah k předchozím dvěma frekvencím.

Kondenzátory zapojíme do série a zvolíme znovu *další měření*. Určíme rezonanční frekvenci f_7 . Ze znalosti sériového řazení kondenzátorů zdůvodněte.

3. úkol: Závislost rezonanční frekvence na indukčnosti cívky

Do obvodu zapojíme pouze černý kondenzátor a budeme provádět změny v indukčnosti cívky. Červenými šipkami nahradíme *experiment* a provedeme měření s cívku 2x400 závitů. Změníme zapojení cívek na 200+400 závitů a provedeme *další měření*, pak zapojíme 200+200 závitů a ještě jednou *další měření*. Sledujeme, jak se mění rezonanční frekvence a z toho usuzujeme, jak indukčnost cívky závisí na počtu závitů. Frekvence není nutné vypočítávat, pouze kvalitativně posoudíme. Při přepojování cívek musí zůstat jho na stále stejném místě!

Zapojíme znovu cívku 2x400 závitů, nahradíme *experiment* a spustíme měření. Postupně vysouváme jho až leží už jen na jednom sloupku a pak je úplně odstraníme. Provádíme vždy *další měření* do téhož panelu a pozorujeme (bez měření a výpočtů) změny rezonanční frekvence. Do závěru zapište kvalitativní výsledky vašeho pozorování.

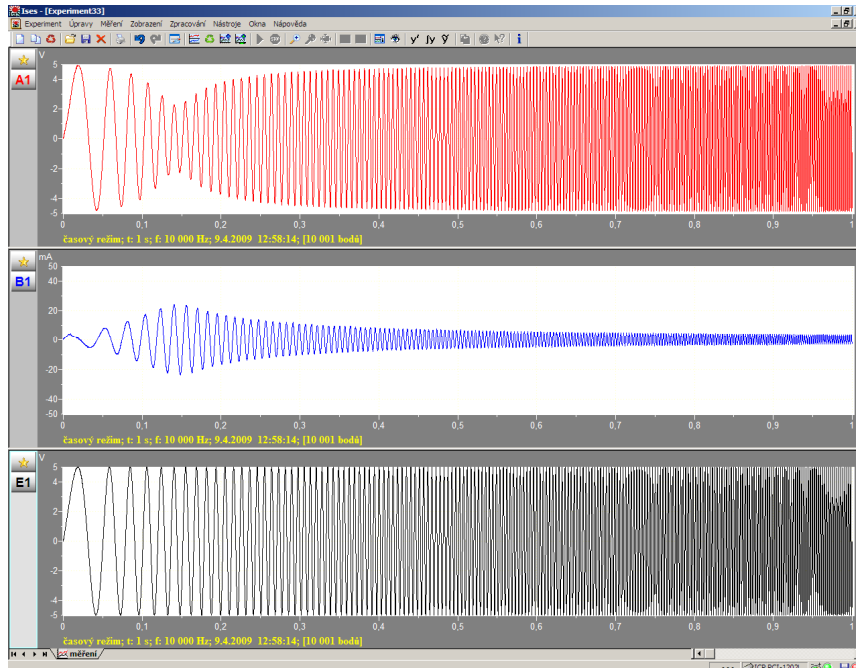


4. úkol: Pozorování posunutí mezi proudem a napětím

Cívku upravíme na 400+400 závitů, kondenzátor je černý a do obvodu doplníme voltmetr a rezistor 100 Ω podle obr. 2.

Nahradíme *experiment* a upravíme konfiguraci. U vstupních kanálů zaškrtneme, že chceme zobrazovat také napětí A: voltmetr.

Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení! Spustíme měření.



V horním panelu je zobrazen kanál A, tedy svorkového napětí, v prostředním panelu kanál B, tedy proud a v dolním panelu napětí generované rozmlítačem – kanál E.

Je vidět, že při rezonanci je maximální proud v obvodu a tím nejvíce poklesne svorkové napětí.

Vybereme kliknutím prostřední panel, umístíme šipku kurzoru dolevo do okénka **B1** a přetáhneme prostřední graf do horního. Oba grafy se tím složí do jediného panelu.

Zvětšíme si lupou oblast rezonance a sledujeme fázový posun mezi proudem a napětím. Vrátime zpátky zvětšení a prohlédneme si lupou fázové posunutí vlevo od rezonance a pak i vpravo od rezonance. Kde předbíhá proud a kde napětí?

5. úkol: Grafy závislosti impedance a proudu na frekvenci

Nahradíme *experiment* a dvojklikem na výstupní kanál E upravíme, že se mají generovat *sinus pulzy* o frekvenci 20 Hz. Dobu měření nastavíme na 0,25 s.

Spustíme měření a z obrazovky pomocí ikony *odečet hodnot* přečteme amplitudu napětí (horní panel kanál A) a proudu (prostřední panel kanál B).

Hodnoty zapíšeme do tabulky, změníme frekvenci kanálu E na 30 Hz a postup opakujeme až do 150 Hz.

Protokol

Název: Rezonance v obvodu RLC

Pomůcky:

Teorie:

Vypracování:

- 1) Studium rozmítače: počáteční frekvence $f_1 = \dots$ Hz
 střední frekvence $f_2 = \dots$ Hz
 konečná frekvence $f_3 = \dots$ Hz
- 2) rezonance pro stříbrný kondenzátor o kapacitě C_1 : $f_4 = \dots$ Hz
 rezonance pro černý kondenzátor o kapacitě C_2 : $f_5 = \dots$ Hz
 rezonance pro paralelní spojení: $f_6 = \dots$ Hz
 rezonance pro sériové spojení: $f_6 = \dots$ Hz

Z rezonančních frekvencí lze o velikostech kapacit C_1 a C_2 usoudit:

Zapište úvahy o sériovém a paralelním zapojení a příslušných rezonančních frekvencích.

- 3) Zapište co jste pozorovali při změnách počtu závitů cívky a posouvání jha.
- 4) Zapište jak jsou posunuté proud a napětí před rezonancí, v rezonanci a po rezonanci.
- 5) *Tabulka č. 1: Závislost proudu a svorkového napětí na frekvenci, impedance.*

$\frac{f}{\text{Hz}}$	20	30	40	50	60	70	80
$\frac{I_m}{\text{mA}}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\frac{U_m}{\text{V}}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\frac{Z}{\text{k}\Omega}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

$\frac{f}{\text{Hz}}$	90	100	110	120	130	140	150
$\frac{I_m}{\text{mA}}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\frac{U_m}{\text{V}}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\frac{Z}{\text{k}\Omega}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Grafy: *Závislost proudu na frekvenci, Závislost impedance sériového RLC na frekvenci.*

Závěr: Shrnout pozorované a naměřené výsledky, diskutovat průběh grafů.

