

Fyzika – úloha č. 17



Autor: Miroslav Jílek

Kondenzátor v obvodu střídavého proudu

Cíle

Cílem úlohy je experimentálně ověřit teoretické časové závislosti napětí a proudu v obvodu střídavého proudu s kondenzátorem a osvojit si praktickou metodu určení kapacity kondenzátoru pomocí střídavého proudu. Dílčím cílem je potom prohloubit dovednost aproximace naměřených dat křivkou odpovídající požadované závislosti – tzv. fitování naměřených hodnot.

Zadání úlohy

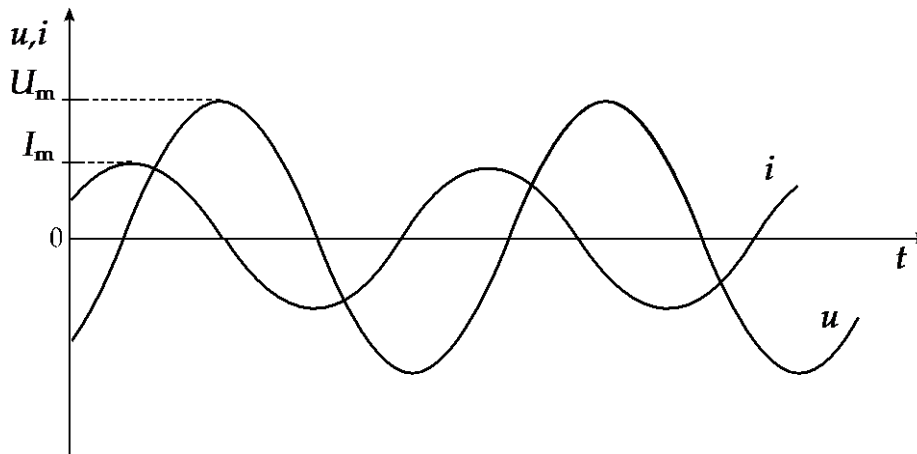
Určete kapacitu kondenzátoru pomocí střídavého proudu, ověřte teoretický průběh napětí a proudu v obvodu střídavého proudu s kapacitou.

Pomůcky

počítač s programem Logger Pro, měřicí rozhraní LabQuest s čidly – voltmetr a ampérmetr, zdroj střídavého napětí 3 V / 50 Hz, potenciometr, tři různé svitkové kondenzátory o kapacitách 10 μF - 500 μF , propojovací vodiče

Teoretický úvod

Připojíme-li kondenzátor ke zdroji střídavého napětí o frekvenci f , začne obvodem procházet elektrický proud, který je dán střídavým nabíjením a vybíjením kondenzátoru se stejnou frekvencí. Tento proud bude mít stejně jako přiložené střídavé napětí **harmonický časový průběh**, oba průběhy jsou znázorněny na obrázku 1.



Obr. 1: Závislost proudu a napětí na čase u kondenzátoru v obvodu střídavého proudu

Obě závislosti okamžitého napětí u a okamžitého proudu i na čase t můžeme popsat rovnicemi

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u), \quad (1)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i), \quad (2)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kde U_m a I_m jsou maximální hodnoty napětí a proudu, φ_u a φ_i jsou počáteční fáze napětí a proudu a ω je úhlová frekvence, kterou lze vyjádřit pomocí frekvence f daného střídavého napětí a proudu vztahem

$$\omega = 2\pi f. \quad (3)$$

Poměr maximálního napětí a maximálního proudu v obvodu střídavého proudu s ideálním kondenzátorem (bez uvažování jeho odporu) se nazývá **kapacitance** a závisí na kapacitě kondenzátoru a úhlové frekvenci střídavého proudu vztahem

$$X_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}. \quad (4)$$

Odtud můžeme vyjádřit kapacitu kondenzátoru jako

$$C = \frac{I_m}{\omega U_m}. \quad (5)$$

Na obr. 1 je vidět, že průběh proudu je fázově posunut před napětím. Velikost tohoto posunu můžeme vyjádřit jako rozdíl počátečních fází proudu a napětí

$$\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_u. \quad (6)$$

Pro ideální kondenzátor v obvodu střídavého proudu je velikost tohoto fázového rozdílu rovna $\pi/2$ rad.

Naměřené závislosti napětí a proudu na čase můžeme pomocí takzvaného fitování proložit obecnou harmonickou funkcí ve tvaru

$$y = A \sin(Bx + C) + D, \quad (7)$$

kde proměnná y odpovídá okamžité hodnotě napětí, nebo proudu a proměnná x představuje čas t .

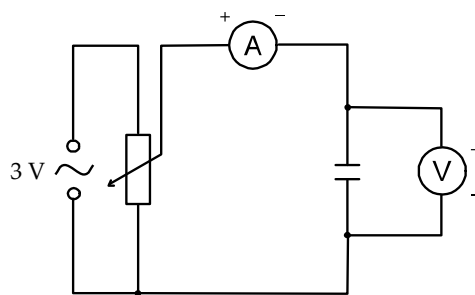
Srovnáním vztahu (7) s rovnicemi (1) a (2) dále zjistíme, že konstanta A představuje maximální hodnotu napětí, nebo proudu, konstanta B představuje úhlovou frekvenci a konstanta C odpovídá počáteční fázi napětí, respektive proudu. Poslední konstanta D vyjadřuje posun funkce sinus ve směru osy a nemá tedy pro nás bezprostřední význam (v případě správně kalibrovaných měřidel by měla dosahovat přibližně nulové hodnoty).

Bezpečnost práce

Při práci je třeba dbát všech pravidel pro bezpečné zacházení s elektrickými spotřebiči a dodržovat laboratorní řád.

Příprava úlohy (praktická příprava)

Podle obrázku 2 zapojíme elektrický obvod se zdrojem střídavého napětí a kondenzátorem. Zapojený potenciometr slouží jako dělič napětí k regulaci napětí přiváděného na kondenzátor. Čidla napětí a proudu připojíme k měřicímu rozhraní a rozhraní propojíme s počítačem.



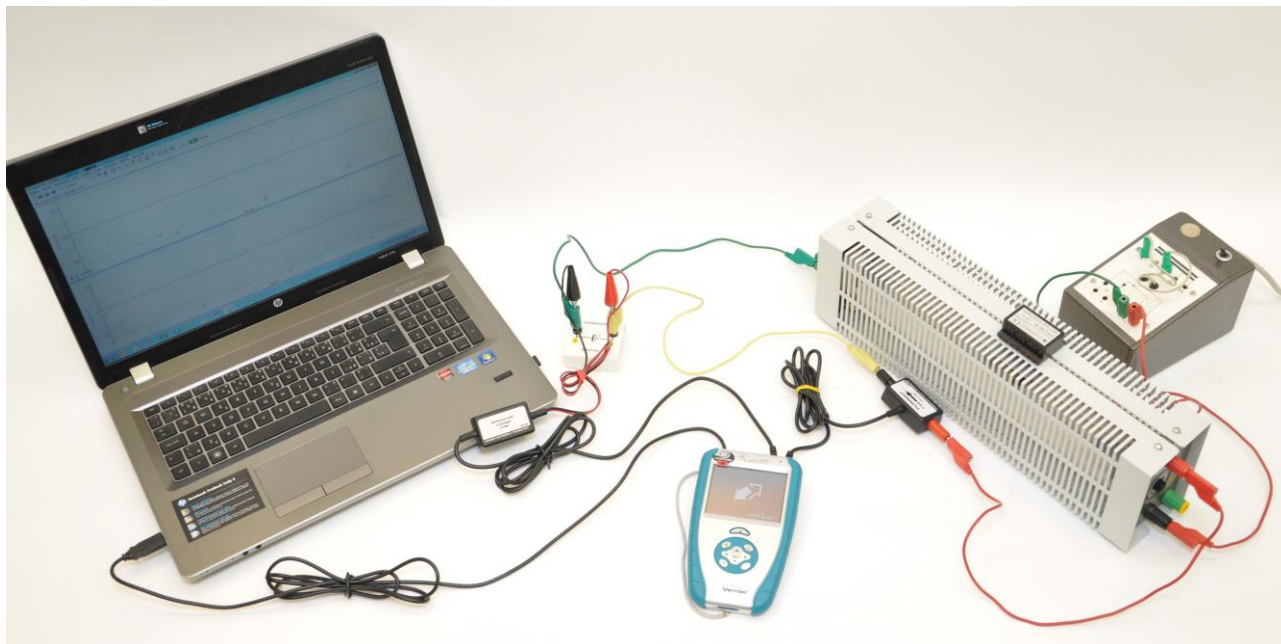
Obr. 2: Schéma zapojení elektrického obvodu

Postup práce

Nastavení HW a SW

Spustíme program Logger Pro, v menu *Experiment* vybereme *Sběr dat...* a v otevřeném okně provedeme základní nastavení. V okénku *Délka*: nastavíme celkovou dobu měření na 0,1 sekundy a v okénku *Vzorkovací frekvence* nastavíme 2000 vzorků za sekundu. Nastavení potvrdíme stiskem tlačítka *Hotovo*.

Vlastní měření (záznam dat)



Obr. 3: Sestavený elektrický obvod s měřicími čidly

Pomocí potenciometru nastavíme napětí mezi 0 V a 3 V a v programu Logger Pro spustíme záznam dat zeleným tlačítkem s šipkou v horním ikonovém menu. Po analýze naměřených dat opakujeme měření pro další čtyři jiné hodnoty napětí nastavené potenciometrem. Celý postup potom opakujeme pro ostatní dva kondenzátory.

Analýza naměřených dat

Zobrazené křivky závislosti napětí a proudu na čase aproximujeme harmonickou funkcí sinus.

Nejdříve klikneme myší do grafu závislosti napětí na čase. V ikonovém menu programu vybereme tlačítko *Proložit křivku*, z nabízených rovnic vybereme rovnici *Sinusovka*, odpovídající vztahu (7) a klikneme na tlačítko *Aproximovat*. V grafu napětí se zobrazí příslušná funkce sinus, odpovídající nejlépe naměřeným hodnotám, spolu s uvedenými hodnotami konstant A , B , C , D v rámečku. Do připravené tabulky zapíšeme hodnoty maximálního napětí, úhlové frekvence a počáteční fáze napětí, odpovídající po řadě konstantám A , B , C .

Dále klikneme myší do grafu závislosti naměřeného proudu na čase a opakujeme proložení dat funkcí sinus. V tomto případě už opisujeme do tabulky pouze konstanty A a C , odpovídající maximálnímu proudu a počáteční fázi proudu.

Při opakovaném měření s jinými hodnotami napětí a jinými zapojenými kondenzátory už zůstává funkce *Proložení křivkou* aktivována a nemusíme ji znovu nastavovat, u naměřených dat se hned zobrazí i proložená závislost s příslušnými konstantami.

Z naměřených hodnot spočítáme pomocí vztahu (5) kapacitu kondenzátorů a u každého kondenzátoru pak určíme aritmetický průměr kapacit z měření při pěti různých napětích. Dále vypočítáme u jednotlivých měření fázový rozdíl mezi proudem a napětím pomocí vztahu (6) – pokud vyjde v některých případech záporná hodnota, přičteme k ní hodnotu jedné periody, tj. 2π rad, abychom získali fázový posun v jednotném kladném formátu.