

Obvody R, L, C

V této kapitole se budeme zabývat průchodem střídavého proudu rezistorem, kondenzátorem nebo cívkou. Pro každou ze součástí budeme hledat vztah mezi napětím na součástce a proudem, který jí teče. Závislost proudu na čase je dána vztahem (12.10)

$$i = i_0 \sin \omega t. \quad (13.1)$$

Budeme hledat napětí, které je na součástce, kterou protéká uvedený proud.

Rezistor (R) v obvodu střídavého proudu

Pro vztah mezi napětím a proudem rezistorem platí Ohmův zákon (9.2). Okamžité napětí na rezistoru je s proudem spojeno vztahem

$$u = Ri.$$

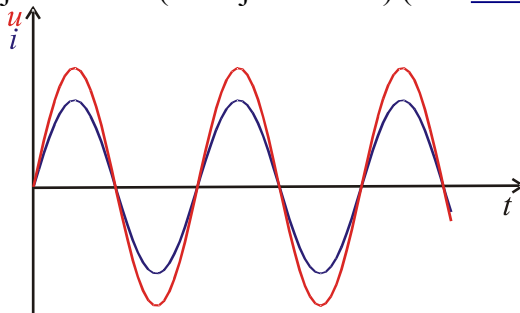
Dosadíme-li za proud (13.1), bude napětí na odporu

$$u = R i_0 \sin \omega t = u_0 \sin \omega t, \quad (13.2)$$

kde amplitudy případně efektivní hodnoty napětí a proudu jsou spojeny vztahem

$$u_0 = Ri_0, \quad u_{ef} = Ri_{ef}. \quad (13.3)$$

Napětí a proud rezistorem jsou ve fázi (kmitají současně) (obr. 13.1).



Obr. 13.1: Časová závislost napětí a proudu rezistorem

Cívka (L) v obvodu střídavého proudu

Připojíme-li cívku ke zdroji stejnosměrného napětí, začne cívkou téct proud, který podle (12.6) na cívce indukuje napětí, které se snaží průchodu proudu zabránit. Proud ale postupně roste a v ustáleném stavu se přítomnost cívky ve stejnosměrném obvodu nijak neprojevuje.

Teče-li cívkou časově proměnný proud, je napětí na cívce dáno Faradayovým zákonem elektromagnetické indukce (12.6). V tomto případě se na cívku díváme jako na zdroj napětí. Cívku můžeme také považovat za spotřebič a pak bereme napětí na cívce s opačným znaménkem

$$u = L \frac{di}{dt}.$$

za proud dosadíme (13.1) a derivujeme

$$u = L \frac{d(i_0 \sin \omega t)}{dt} = Li_0 \omega \cos \omega t = u_0 \cos \omega t, \quad (13.4)$$

kde amplitudy případně efektivní hodnoty napětí a proudu jsou spojeny vztahem

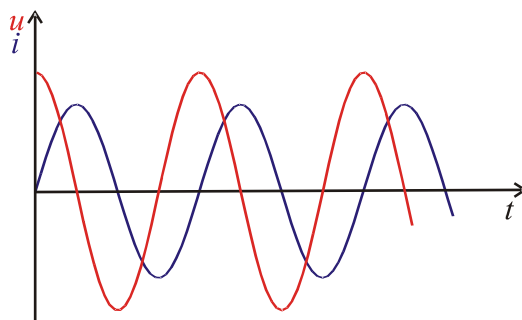
$$u_0 = \omega Li_0, \quad u_{ef} = \omega Li_{ef}. \quad (13.5)$$

$X_L = \omega L$ má fyzikální význam odporu ve (13.3) a nazývá se **induktivní reaktance** nebo také **induktance**. Napětí předbíhá proud o 90° (obr. 13.2).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 13.2: Časová závislost napětí a proudu cívkou

Kondenzátor (C) v obvodu střídavého proudu

Připojíme-li kondenzátor ke zdroji stejnosměrného napětí, začne se nabíjet – teče do něj proud. Po nabití kondenzátorem přestane téct proud a kondenzátor se v obvodu střídavého proudu chová jako nekonečně velký odpor.

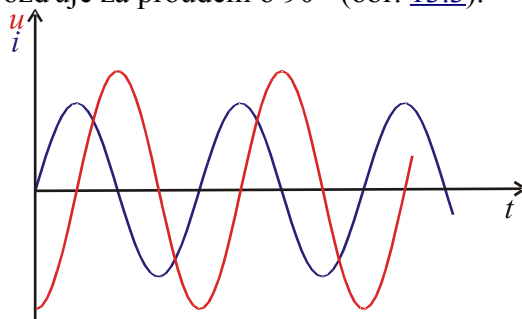
Teče-li kondenzátorem časově proměnný proud, je napětí na kondenzátoru dáno vztahem (8.5).

$$u = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \int idt = \frac{1}{C} \int i_0 \sin \omega t dt = -\frac{i_0}{\omega C} \cos \omega t, \quad (13.6)$$

kde amplitudy případně efektivní hodnoty napětí a proudu jsou spojeny vztahem

$$u_0 = \frac{i_0}{\omega C}, \quad u_{ef} = \frac{i_{ef}}{\omega C}. \quad (13.7)$$

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ má fyzikální význam odporu ve (13.3) a nazývá se **kapacitní reaktance** nebo také **kapacitance**. Napětí se opožďuje za proudem o 90° (obr. 13.3).



Obr. 13.3: Časová závislost napětí a proudu kondenzátorem

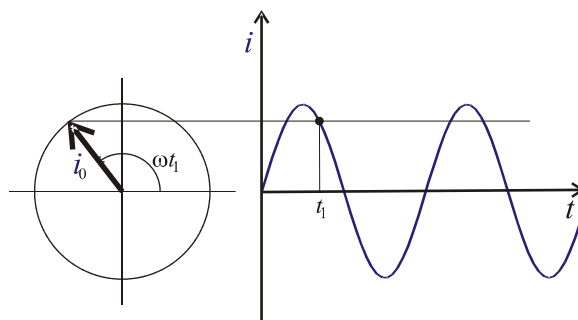
Vektorové (fázorové) vyjádření střídavého napětí a proudu

Viděli jsme, že proud a napětí mohou být v obvodu střídavého proudu fázově posunuté. Ke znázornění takových veličin používáme vektory rotující kolem počátku, které nazýváme **fázory** (obr. 13.4).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

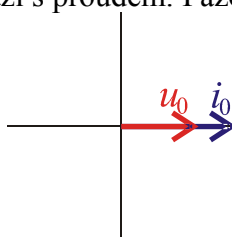


Obr. 13.4: Fázorové vyjádření střídavých veličin

Fázor je vektor, jehož délka je rovna amplitudě střídavé veličiny, který se otáčí kolem počátku s úhlovou rychlostí, která je rovna úhlové frekvenci střídavé veličiny. Průmět fázoru do svislého směru určuje okamžitou hodnotu střídavé veličiny (obr. 13.4).

Odpor R

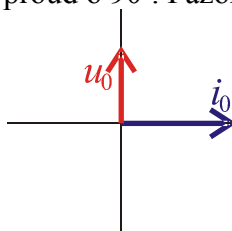
Podle (13.2) je napětí na odporu ve fázi s proudem. Fázorové vyjádření je na obr. 13.5.



Obr. 13.5: Fázorové vyjádření napětí a proudu odporem

Indukčnost L

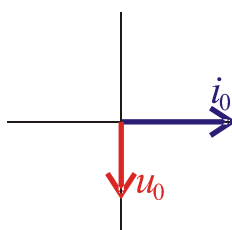
Podle (13.4) napětí na cívce předbíhá proud o 90° . Fázorové vyjádření je na obr. 13.6.



Obr. 13.6: Fázorové vyjádření napětí a proudu indukčností

Kapacita C

Podle (13.6) se napětí na kondenzátoru opoždí za proudem o 90° . Fázorové vyjádření je na obr. 13.7.



Obr. 13.7: Fázorové vyjádření napětí a proudu kapacitou

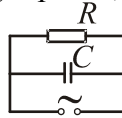
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zadání:

Ke zdroji střídavého napětí 25 V o frekvenci 50 Hz je paralelně připojen rezistor 10 Ω a kondenzátor 200 μF (obr. 13.8). Vypočítejte proud, který dodává zdroj do obvodu.



Obr. 13.8: Rezistor a kondenzátor paralelně připojené ke zdroji střídavého napětí

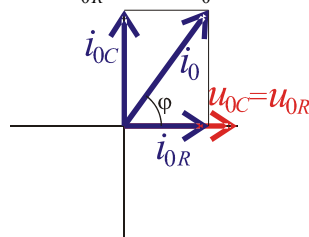
Řešení:

Není-li výslovně uvedeno jinak, předpokládáme, že napětí 25 V je efektivní. Součástky jsou spojeny paralelně, to znamená, že napětí na obou je stejné a proudy se vektorově sčítají. Příslušný fázorový diagram je na obr. 13.9. Fázorové diagramy pro R a C otočíme tak, aby napětí bylo společné. Celkový proud je vektorovým součtem proudů R a C. Velikost celkového proudu vypočítáme z Pythagorovy věty:

$$i_0 = \sqrt{i_{0R}^2 + i_{0C}^2} = \sqrt{\frac{u_0^2}{R^2} + \omega^2 C^2 u_0^2} = u_0 \sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2} . \quad (13.8)$$

Fázový posun mezi napětím a proudem φ lze spočítat opět z fázorového diagramu (obr. 13.9)

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{i_{0C}}{i_{0R}} = \frac{\frac{u_0}{R}}{\omega C u_0} = \frac{1}{\omega C R} . \quad (13.9)$$



Obr. 13.9: Fázorové vyjádření napětí a proudu v obvodu 13.8

Impedance

Impedance charakterizuje zdánlivý odpor části obvodu při průchodu harmonického střídavého elektrického proudu o nějaké frekvenci. Je analogií elektrického odporu, který charakterizuje chování části obvodu pro stejnosměrný proud. Impedance charakterizuje chování části obvodu pro střídavý proud.

Například kapacitní reaktance je totéž, co impedance kondenzátoru. Pro obvod z obrázku 13.9 je impedance

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2}} ,$$

jak je vidět ze vztahu 13.8.

Fázorová metoda je sice názorná, ale je vhodná pouze pro jednoduché obvody. Opravdoví odborníci vyjadřují vlastnosti střídavých obvodů komplexními čísly. Vodorovná osa ve fázorovém diagramu odpovídá reálné a svislá osa imaginární složce komplexního čísla. Například $X_L = j\omega L$, kde j je imaginární jednotka.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ