

STŘÍDAVÝ PROUD

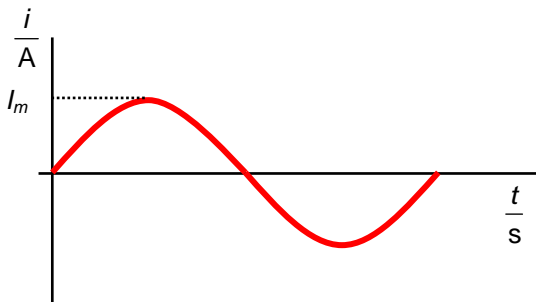
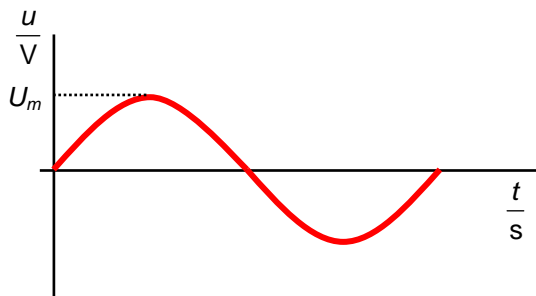
1. Střídavý proud a jeho efektivní hodnoty

stejnsměrný proud (d. c.) – proud teče pouze v jednom směru

střídavý proud (a. c.) – elektrický proud, jehož časovým průběhem je „sinusoida“

$$u = U_m \sin(\omega \cdot t) \quad \text{čas} \quad U_m = NBS\omega \quad \omega = 2\pi f$$

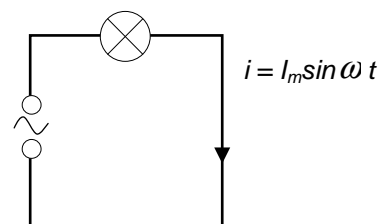
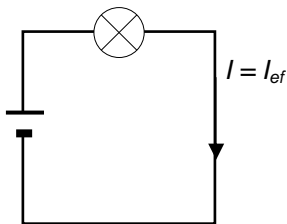
okamžitá hodnota amplituda (max. hodnota) úhlová rychlost magnetu otáčejícího se uvnitř cívky o N závitů



problém: která hodnota měnícího se napětí/proudu dokáže popsat jeho účinky?
 průměrná - ne (= 0)
 maximální (amplituda) – ne, jenom jednou/dvakrát za periodu
efektivní hodnota střídavého napětí/proudu

Efektivní hodnoty

Stejně žárovky zapojíme do obvodů se střídavým a stejnosměrným proudem. Svítí-li žárovky stejně jasně, má protékající proud stejné účinky – spotřebuje se za stejný čas stejná energie. Říkáme, že hodnota stejnosměrného proudu v prvním obvodu představuje efektivní hodnotu střídavého proudu ve druhém obvodu.



přeměňující se energie = výkon x čas

přeměňující se energie = výkon x čas

stejně

$$P = UI = RI^2 = \bar{P}$$

$$P = RI_m^2 \sin^2 \omega t$$

obsah plochy pod grafem P-t odpovídá energii i, p

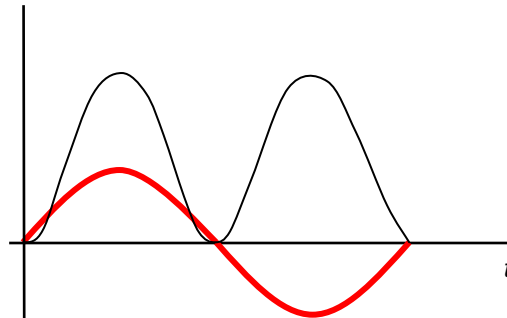
$$\bar{P} = \frac{1}{2} P_m$$

$$RI^2 = \frac{1}{2} RI_m^2$$

$$I^2 = \frac{I_m^2}{2}$$

$$I = \frac{\sqrt{2}}{2} I_m = I_{ef} \quad \dots \text{efektivní hodnota proudu}$$

$$U = \frac{\sqrt{2}}{2} U_m = U_{ef} \quad \dots \text{efektivní hodnota napětí}$$



Otázky:

1. V zásuvce je napětí 230 V, je to efektivní nebo maximální hodnota? Určete druhou.

2. Obvody se střídavým proudem

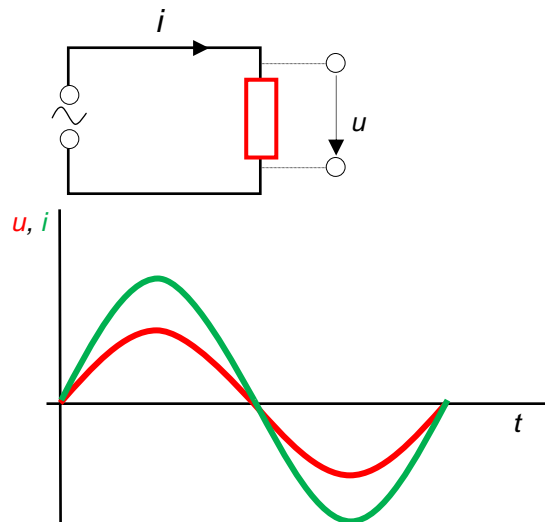
a) obvod s rezistorem

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

amplituda napětí
rezistance
amplituda střídavého proudu

u a i jsou VE FÁZI
(maximální a minimální hodnoty současně)



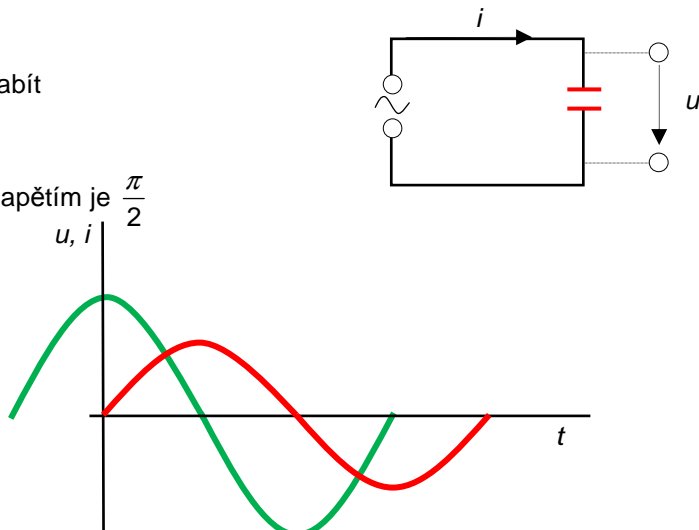
b) obvod s kondenzátorem

kondenzátor musíme nejprve nabít
potom na něm vznikne napětí

fázový rozdíl mezi proudem a napětím je $\frac{\pi}{2}$

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \cos \omega t$$



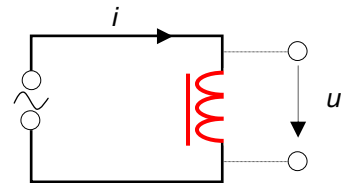
**odpor kondenzátoru ve střídavém obvodu
= kapacitance X_C**

$$X_C = \frac{U_m}{I_m} \quad [X_C] = \Omega$$

$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ kondenzátor je proudů větší „překážkou“, má-li malou kapacitu = snadno se nabije, nebo je-li frekvence malá ($\omega = 2\pi f$)

c) cívka v obvodu se střídavým proudem

cívka vytváří napětí proti měnícímu se proudu
proud se proto za napětím zpožďuje



zpoždění je $\frac{\pi}{2}$

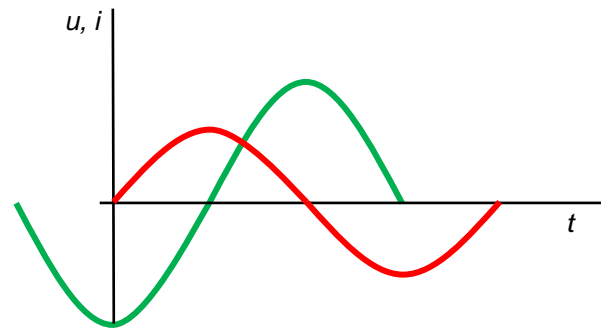
$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = I_m \cos \omega t$$

**odpor cívky v obvodu se střídavým proudem
= indukčnost X_L**

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} \quad [X_L] = \Omega$$

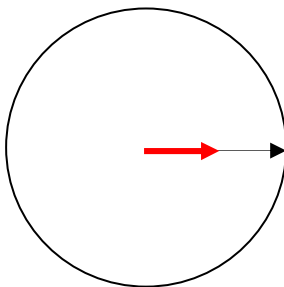
$X_L = \omega \cdot L$ cívka je větší „překážkou“ pro proud, když má velkou indukčnost nebo když se proud rychle mění



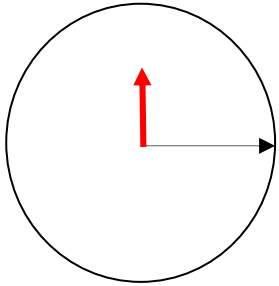
Fázorové diagramy

fázor = vektor, který má velikost U_m nebo I_m a který rotuje úhlovou rychlostí $\omega = 2\pi f$ a jeho průmět do svislé osy představuje okamžitou hodnotu napětí nebo proudu

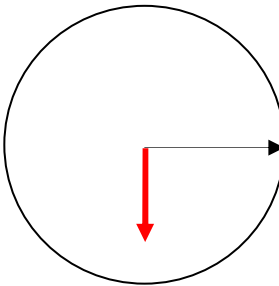
obvod s rezistorem



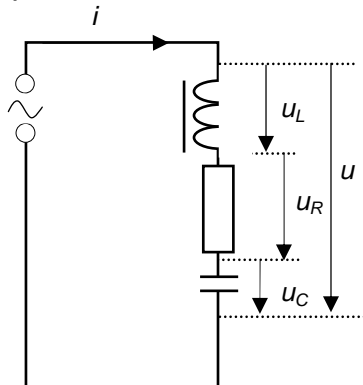
obvod s kondenzátorem



obvod s cívkou



d) obvod RLC v sérii

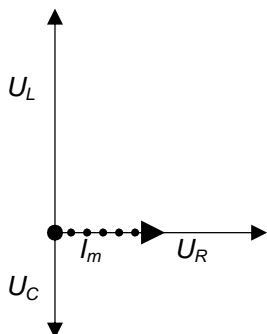


stejný proud – ve fázi

napětí je různé (amplituda, fáze)

úkol – najděte mezi nimi souvislost

• fázorový diagram



$$U_m^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$Z^2 I_m^2 = R^2 I_m^2 + (X_L - X_C)^2 I_m^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \dots$$

impedance = odpor R, L a C v sérii ve střídavém obvodu

$$[Z] = \Omega$$

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

rezonance

Když $X_L = X_C$, napětí na kondenzátoru i cívce je stejné a vzájemně se ruší (opačná fáze), obvod se chová, jako by byl zapojen pouze rezistor – teče maximální proud.

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots \quad \text{rezonanční frekvence}$$

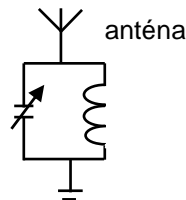
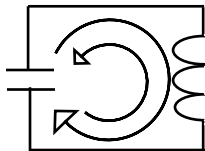
Otázky:

- Kondenzátor s kapacitou 1 mF a žárovka 2,5 V, 0,3 A jsou připojeny sériově ke zdroji o frekvenci 50 Hz. Určete efektivní hodnotu napětí zdroje, aby byla žárovka optimálně zapojena, určete efektivní hodnoty napětí na cívce a žárovce.
- Cívka s indukčností 2 H a odporem 80Ω je spojena do série s rezistorem 420Ω ke zdroji 240 V, 50 Hz. Určete proud v obvodu a fázový úhel mezi proudem a napětím.
- Sériový obvod se skládá z cívky o indukčnosti 0,2 mH a odporu 10Ω a kondenzátoru s proměnlivou kapacitou. Efektivní napětí zdroje je 0,1 V a frekvence 1 MHz. Spočítejte kapacitu nutnou pro rezonanci a napětí na cívce a kondenzátoru při rezonanci.
- Načrtněte graf, který by vyjadřoval, jak se indukance, kapacitance a impedance mění v závislosti na frekvenci.

L5/319-321, 323-339, 341-355, 367-372

e) paralelní (R)LC obvod

se používá v ladících obvodech k výběru signálu určité frekvence (f_0)



• funkce :

Kondenzátor nabijeme („zvnějšku“ – nakreslete!) a potom odpojíme od zdroje. Kdyby nebyla zapojena cívka, pouze by se velmi rychle obrovským proudem vybil. Díky cívce proud nemůže růst rychle (vlastní indukce) a roste, dokud se kondenzátor nevybije. Dále už nedodává proud, ale ten nepřestane téci hned díky cívce. Kondenzátor se nabije v opačném směru a pak se opět vybíjí – vznikne elektrický oscilační obvod. Perioda vlastních kmitů (čas, za který se kondenzátor opět nabije se stejnou polaritou) záleží na kapacitě a indukčnosti.

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots \text{vlastní frekvence}$$

• rezonance:

Reálné elektrické kmity jsou tlumené (napětí a proud se postupně snižuje, frekvence se nemění). Abychom kmity udrželi, musíme dodávat energii zvnějšíku. Nejeftivnější je použít stejnou frekvenci vnějšího signálu, jako je vlastní frekvence obvodu – dojde k rezonanci. To se využívá u ladících obvodů. Můžeme měnit f_0 změnou kapacity, indukčnosti nebo u paralelního RLC obvodu rezistance.

L5/ 398-400,402-403, x404, 405

3. Výkon obvodu se střídavým proudem

• střídavý obvod bez indukčnosti nebo kapacity

Viz předchozí část o efektivních hodnotách, napětí a proud jsou ve fázi

$$p = Ri^2 = R I_m^2 \sin^2 \omega t = P_m^2 \sin^2 \omega t$$

$$P = \frac{1}{2} P_m$$

$$P = UI$$

výkon ve stř. obvodu pouze s rezistorem

efektivní napětí

efektivní proud

• střídavý obvod s cívkou a/nebo kondenzátorem

K užitečné přeměně energie (na teplo, světlo...) dochází pouze na rezistoru. Na kondenzátorech a cívkách se elektrická energie mění i na energii elektrického (na C) nebo magnetického (na L) pole. To znamená, že nejlepší účinnost je pro nulový fázový úhel. Čím větší je fázový úhel, tím menší je **činný výkon**.

$$P = UI \cos \varphi = P_s \cos \varphi$$

činný výkon účinník zdánlivý výkon (může být udáván i v jednotkách V·A - voltampér)

$$[P] = W$$

L5/374-379

Odpovědi:

1. 325 V
2. 2,7 V; 0,96 V; 2,5 V
3. 0,3 A; 52°
4. 0,13 nF; 13 V