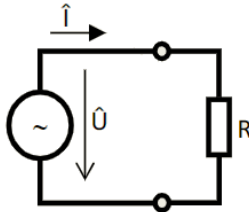


Téma č. 5 Jednoduché a složené obvody RLC se sinusovým stř. proudem

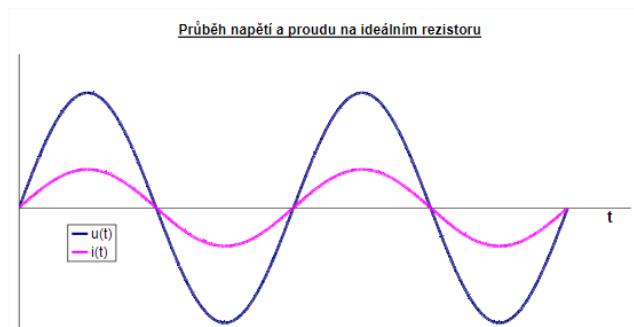
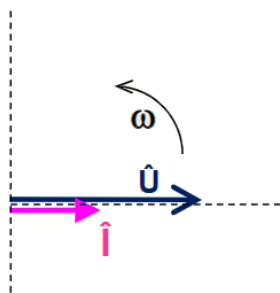
- ideální rezistor v obvodu stříd. proudu, schéma zapojení
- rovnice a výpočet okamžité hodnoty napětí a proudu podle Ohmova zákona
- časový průběh napětí a proudu, fázorový diagram

Ideální rezistor chápeme jako rezistor, který má jen elektrický odpor $R = \frac{\rho * l}{S}$



Harmonický průběh napětí na rezistoru $u(t) = U_{\max} * \sin \omega t$

Pro výpočet proudu lze použít Ohmův zákon $i(t) = \frac{U_{\max} * \sin \omega t}{R} = I_{\max} * \sin \omega t$



Na zdroj střídavého napětí je připojen rezistor $R = 200 \Omega$. Harmonický průběh napětí zdroje je $u(t) = 30 * \sin(1000 * t)$.

Určete harmonický průběh proudu a vypočítejte: efektivní hodnotu napětí, efektivní a maximální hodnotu proudu a okamžitou hodnotu proudu v čase 2ms.

1. Efektivní hodnota napětí

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 21,21V$$

2. Efektivní hodnota proudu

$$I = \frac{U}{R} = \frac{21,21}{200} = 106,07mA$$

3. Maximální hodnota proudu

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{30}{200} = 150mA$$

4. Harmonický průběh proudu

$$i(t) = \frac{u(t)}{R} = I_{\max} * \sin \omega t = 150 * \sin(1000 * t)$$

5. Okamžitá hodnota proudu v čase 2 ms

$$i(t_1) = I_{\max} * \sin \omega t_1$$

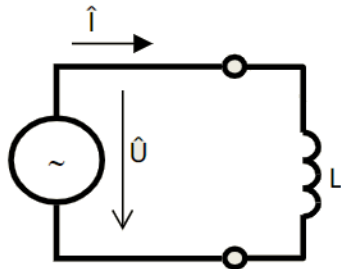
$$i(t_1 = 2 * 10^{-3}) = 150 * \sin(1000 * 2 * 10^{-3}) = 150 * 0,91 = 136,39mA$$

- ideální cívka v obvodu stříd. proudu, schéma zapojení
- rovnice okamžité hodnoty napětí a proudu

Ideální cívka má jen vlastní indukčnost a nemá žádný elektrický odpor ($R=0$)

Indukčnost ideální cívky lze vypočítat ze vztahu

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$



V obvodu ustáleného stejnosměrného proudu by měla ideální cívka nulový odpor.

Průchodem harmonického proudu

$$i(t) = I_{\max} * \sin \omega t$$

se na cívce indukuje napětí

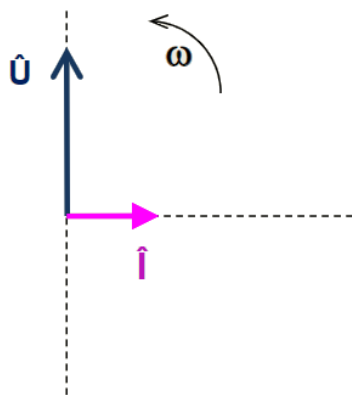
$$u_L(t) = N * \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$u = L * \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

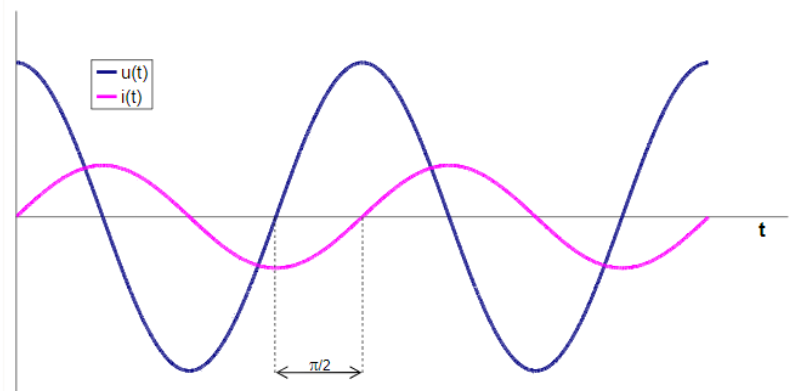
Pro okamžité hodnoty neplatí Ohmův zákon. Napětí na cívce předbíhá proud o $90^\circ (\pi/2)$

$$u = U_{\max} * \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

- časový průběh napětí a proudu, fázorový diagram



Průběh napětí a proudu na ideální cívce



- indukční reaktance a susceptance

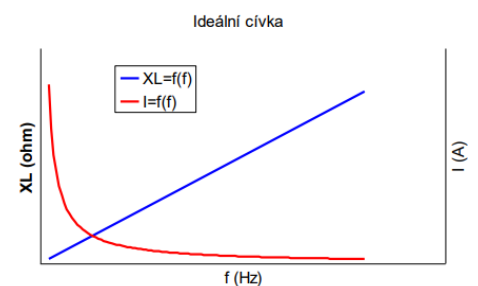
Zdánlivému odporu cívky se říká indukční reaktance $X_L [\Omega]$

$$X_L = \omega * L$$

Zdánlivá vodivost je indukční susceptance $B_L = 1/X_L [S]$

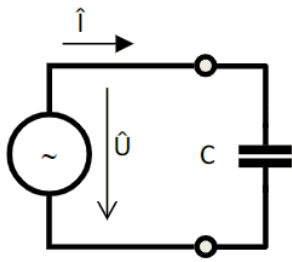
V obvodu s ideální cívkou je jalový výkon $Q(\text{Var})$, který přeměňuje elektrickou energii na energii magnetického pole cívky.

- grafické vyjádření závislosti indukční reaktance na frekvenci



- ideální kondenzátor v obvodu stříd. proudu, schéma zapojení

Ideální kondenzátor má jen kapacitu a má nekonečně velký elektrický odpor ($R \Rightarrow \infty$)



$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{S}{d}$$

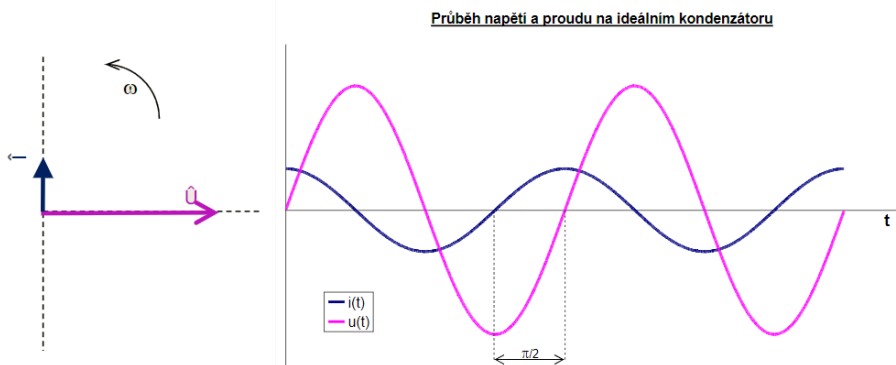
Ideální kondenzátor má v obvodu ustáleného proudu nekonečně velký odpor (rozpojený obvod).

Pro vytvoření elektrického pole musí být kondenzátor připojený na napětí.

$$u(t) = U_{\max} * \sin \omega t$$

Po připojení k harmonickému průběhu napětí začne kondenzátorem procházet proud, kterým se kondenzátor střídavě nabíjí a vybíjí.

- časový průběh napětí a proudu, fázorový diagram



- kapacitní reaktance a susceptance

Proud na ideálním kondenzátoru:

$$i_c(t) = \omega * C * U_{\max} * \cos \omega t = I_{\max} * \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Pro maximální hodnotu (amplitudu) platí: $I_{\max} = \omega * C * U_{\max}$

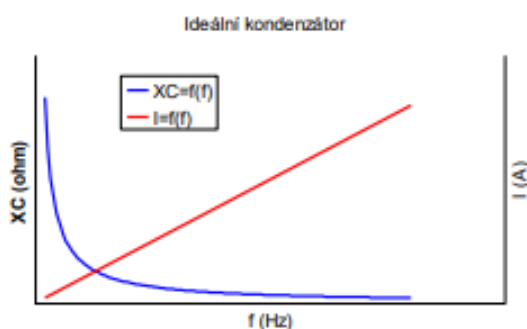
Po přepočtu maximální hodnoty na efektivní $I = C * \omega * U = \frac{U}{X_c}$

kde výraz $X_c = \frac{1}{\omega * C}$ se nazývá kapacitní reaktance a má jednotku Ω

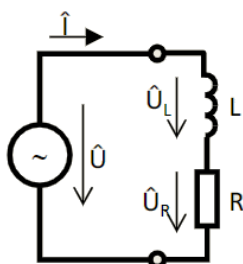
Zdánlivá vodivost je kapacitní susceptance $B_c = 1/X_c$ [S]

Vztah $U = X_c * I$ je analogií k Ohmovu zákonu ve stejnosměrném obvodu

- grafické vyjádření závislosti kapacitní reaktance na frekvenci



- sériové zapojení ideálního rezistoru a ideální cívky, schéma, obvodové veličiny



Příklad: Skutečná cívka má činný odpor 200Ω a indukčnost $2,5 \text{ H}$.
 Vypočítejte celkovou impedanci, $\cos \varphi$, proud a napětí na ideální cívce a činném odporu. Napětí zdroje je $100\text{V}/50\text{Hz}$. Nakreslete fázorový diagram.
 Výpočet indukční reaktance:

$$X_L = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 2,5 = 785,4\Omega$$

Výpočet impedance:

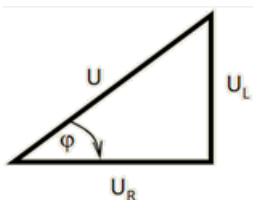
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{200^2 + 785,4^2} = 810,5\Omega$$

Výpočet celkového proudu: $I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{810,5} = 123,4\text{mA}$

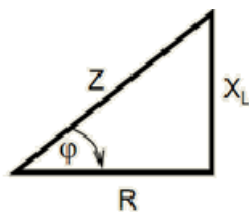
Výpočet dílčích napětí: $U_R = R * I = 200 * 0,123 = 24,6\text{V}$

$$U_L = X_L * I = 785,4 * 0,123 = 96,8\text{V}$$

- napěťový a impedanční trojúhelník



$$\cos \varphi = \frac{\overline{U_R}}{\overline{U}}$$



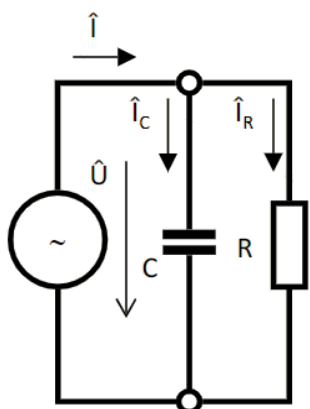
$$\cos \varphi = \frac{\overline{R}}{\overline{Z}}$$

- určení celkového napětí a impedance pomocí Pythagorovy věty

Určení celkového napětí a impedance pomocí Pythagorovy věty: $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

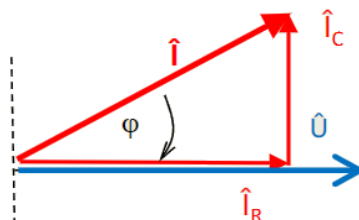
$$G = \frac{1}{R}$$

- paralelní zapojení ideálního rezistoru a ideálního kondenzátoru, schéma, obvodové veličiny



Oba prvky jsou zapojeny paralelně \Rightarrow mají stejné napětí.

Na rezistoru je napětí ve fázi s proudem, na kondenzátoru předbíhá proud o 90° .

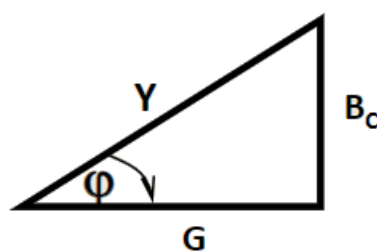
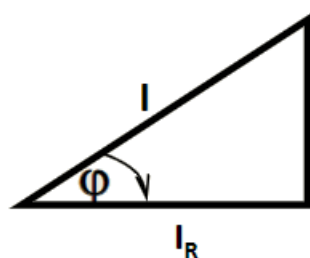


- Fázorový diagram kreslíme od napětí, které je pro oba prvky stejné
- Proud na rezistoru je ve fázi s napětím
- Proud na kondenzátoru předbíhá napětí o 90°
- Výsledný fázor proudu je součtem obou dílčích fázorů

$$\hat{I} = \hat{I}_R + \hat{I}_C$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} \quad B_C = 2\pi f C \quad G = \frac{1}{R}$$

- proudový a vodivostní trojúhelník



$$\cos \varphi = \frac{\bar{G}}{\bar{Y}}$$

- určení celkového proudu a admittance pomocí Pythagorovy věty
Určení celkového proudu a admittance pomocí Pythagorovy věty:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$Y = \sqrt{G^2 + B_C^2}$$

B_C je kapacitní vodivost (susceptance) [S]

Y je admittance obvodu [S]

S – siemens