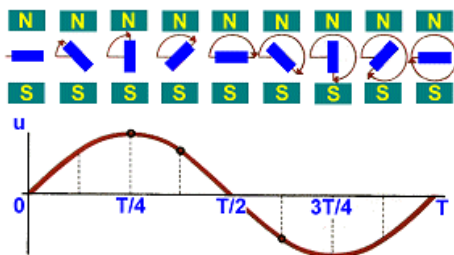
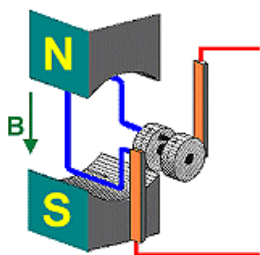


## 20. Obvody střídavého proudu

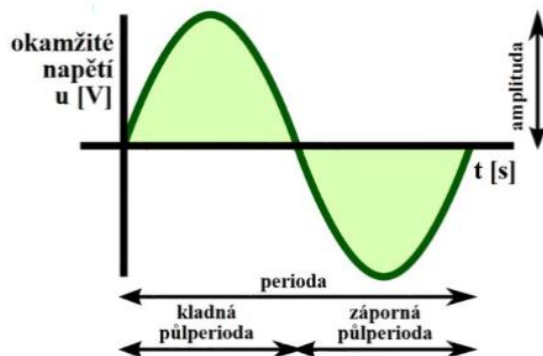


**Střídavý proud** protéká obvodem, který je připojen ke zdroji střídavého napětí.

**Zdrojem střídavého napětí** může být např. cívka otáčející se v magnetickém poli, která dodává do obvodu napětí harmonického průběhu.

Střídavé napětí (proud) je charakterizováno následujícími fyzikálními veličinami:

- Perioda  $T$  – doba trvání jednoho periodického děje, doba jedné otáčky cívky.
- Frekvence  $f$  – počet opakování periodického děje za jednotku času, počet otáček cívky za jednotku času
- Úhlová frekvence  $\omega$
- Okamžitá hodnota  $u, i$
- Amplituda  $U_M, I_M$  – maximální hodnota střídavého napětí, proudu
- Efektivní hodnota  $U_{ef}$  nebo jen  $U, I_{ef}$  nebo jen  $I$   
Efektivní hodnota střídavého proudu (napětí) o amplitudě  $I_M (U_M)$  je hodnota proudu (napětí) stejnosměrného, který by měl na spotřebič stejné tepelné účinky.



### Vztahy mezi uvedenými veličinami:

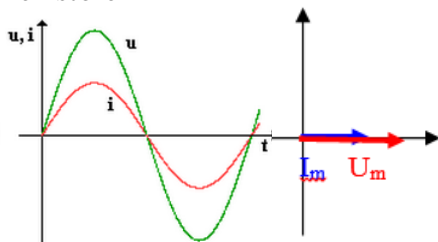
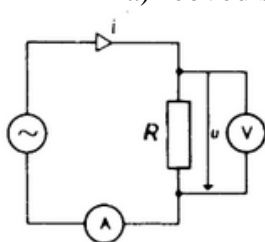
- $T = \frac{1}{f}, f = \frac{1}{T}, [T] = s, [f] = \text{Hz}$
- $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f, [\omega] = \text{s}^{-1}$
- $u = U_M \cdot \sin(\omega \cdot t), u = U_M \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) [u] = \text{V}$
- $i = I_M \cdot \sin(\omega \cdot t), i = I_M \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) [i] = \text{A}$
- $U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

### Obvody střídavého proudu rozdělujeme na:

- Jednoduché - do obvodu vložen jeden prvek s jediným z prvků R, L, C.
- Složené – obsahují alespoň dva z prvků R, L, C.

#### Jednoduché obvody střídavého proudu

a) obvod s rezistorem

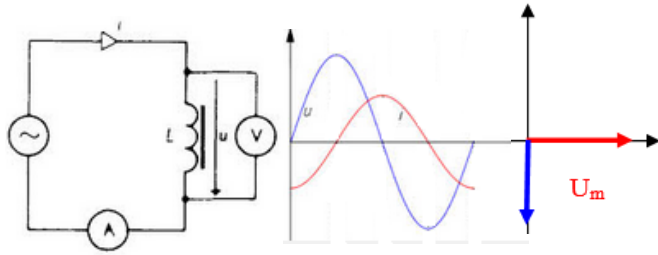


$u = U_M \cdot \sin(\omega \cdot t), i = I_M \cdot \sin(\omega \cdot t),$   
Proud má stejnou fázi jako napětí.

Rezistor je charakterizován

rezistancí:  $R = \frac{U_M}{I_M} = \frac{U}{I}, [R] = \Omega$

b) obvod s ideální cívkou ( $R = 0\Omega$ )



$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$I = I_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) = -I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

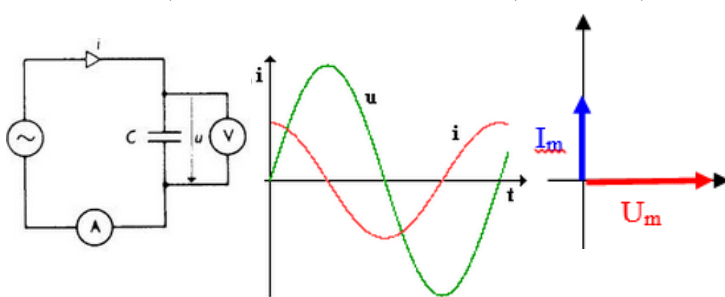
Proud se zpožďuje za napětím o  $\frac{\pi}{2}$

vlivem vlastní indukce. Cívka je v obvodu charakterizována svou induktancí  $X_L$ , což je

veličina, která má vlastnost zdánlivého odporu.  $X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$   $[X_L] = \Omega$

Poznámka: Cívka může mít i nezanedbatelný ohmický odpor R. Pokud tomu tak je, musíme obvod považovat za složený, obsahující R, L v sérii.

c) obvod s kondenzátorem ( $R \rightarrow \infty\Omega$ )



$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

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

Proud předbíhá před napětím o  $\frac{\pi}{2}$ .

Kondenzátor se periodicky nabíjí a vybíjí. Nabíjecí proud je maximální, když je napětí mezi

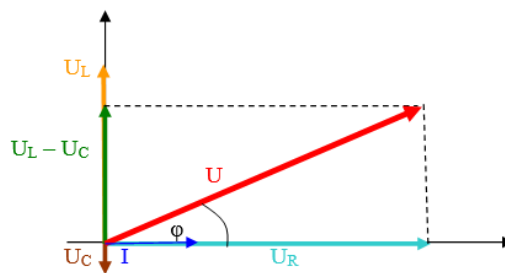
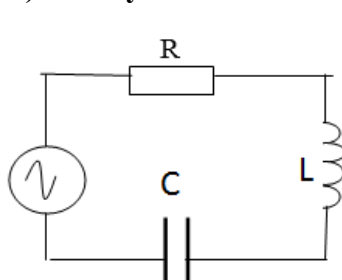
deskami nulové. Kondenzátor je v obvodu charakterizován svou kapacitancí  $X_C$ , která má

vlastnost zdánlivého odporu.  $X_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$   $[X_C] = \Omega$

Poznámka: Dielektrikem mezi deskami kondenzátoru proud neprochází, mění se jen intenzita elektrického pole a dielektrikum se polarizuje.

## Složené obvody střídavého proudu

### 1) sériový obvod RLC



Skutečnost, zda bude proud předbíhat napětí nebo naopak napětí proud je dána konkrétními hodnotami veličin R, L, C.

Užitím fázorového diagramu lze odvodit následující vztahy:

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 \quad \text{tg}\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega}}{R} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega}\right)^2}$$

Z je impedance a její jednotkou je  $\Omega$ .

Z fázorového diagramu plyne:

- 1)  $U_L > U_C \rightarrow \varphi \in (0; \frac{\pi}{2})$  - vlastnosti obvodu jsou podobné jako u obvodu jen s R, L.
- 2)  $U_L < U_C \rightarrow \varphi \in (-\frac{\pi}{2}; 0)$  - vlastnosti obvodu jsou podobné jako u obvodu jen s R, C.
- 3)  $U_L = U_C \rightarrow$  dochází k **rezonanci**  $\rightarrow \varphi = 0 \rightarrow L \cdot \omega = \frac{1}{\omega \cdot C} \rightarrow f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \dots$

Z je minimální, frekvence proudu je rovna frekvenci vlastních kmitů obvodu, amplituda proudu dosahuje největší hodnoty (omezené jen rezistencí obvodu).

**2) paralelní obvod RLC ...** postup při odvození vztahu pro impedanci je analogický jako v sériovém obvodu, ale učivo přesahuje již rámec požadavků k maturitě.

### Výkon střídavého proudu:

Pro výkon v obvodu se stejnosměrným proudem platí:  $P = U \cdot I = R \cdot I^2$

V obvodu se střídavým proudem je situace složitější, protože stejně jako se mění okamžité hodnoty proudu a napětí se mění také okamžitá hodnota výkonu střídavého proudu. Okamžitá hodnota výkonu je ovlivněna také fázovým posunem proudu a napětí.

Pro okamžitý výkon obecně platí vztah:  $p = u \cdot i$

Větší praktický význam má hodnota průměrného výkonu, pro který lze odvodit obecný vztah:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

U, I jsou efektivní hodnoty střídavého napětí a proudu,  $\varphi$  je fázový posun mezi proudem a napětím, součin  $U \cdot I$  se nazývá **zdánlivý výkon**,  $\cos \varphi$  je **účinnost** a výkon P se nazývá **činný výkon**.

Poznámka 1: Zdánlivý výkon tvoří tu část zdánlivého výkonu, která se přemění v teplo nebo se využije k užitečné práci.

Poznámka 2: Pokud vynásobíme účinnost 100%, získáme číslo, které udává kolik procent zdánlivého výkonu tvoří výkon činný.

Poznámka 3: V obvodu s rezistorem je  $\varphi = 0$  a  $\cos \varphi = 1$  a činný výkon je roven výkonu zdánlivému.