

ELEKTROTECHNIKA

3+4. 1F STŘÍDAVÉ OBVODY

Doc. Ing. Stanislav Kocman, Ph.D.

2. 2. 2022, Ostrava

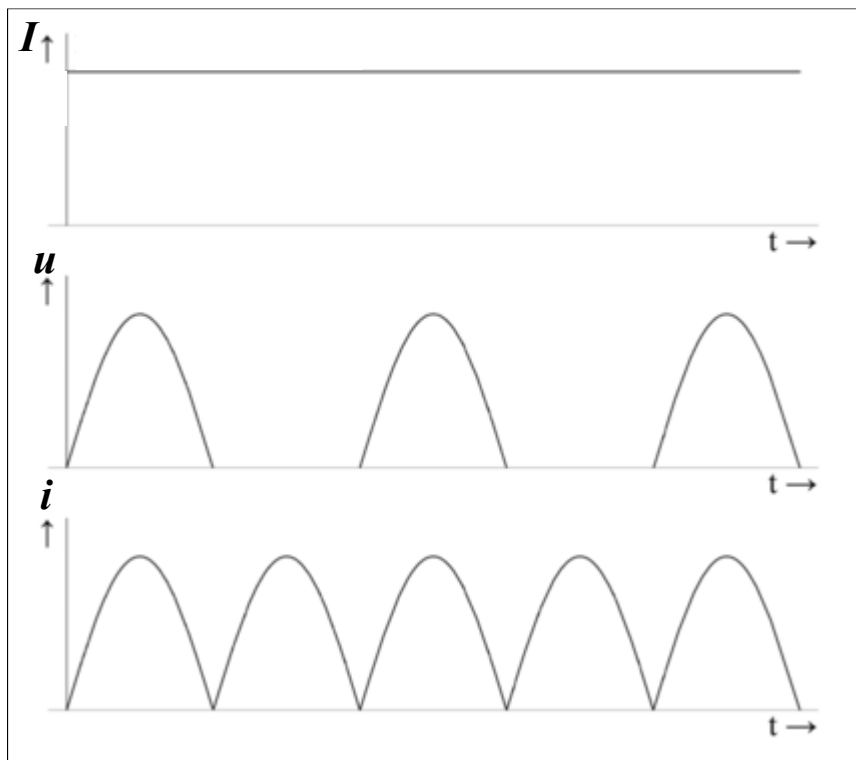
Osnova přednášky

- **Základní pojmy a veličiny**
- **Výkon střídavého proudu**
- **Pasivní prvky v obvodech harmonického proudu**
- **Jednoduché střídavé obvody**
- **Kompenzace účinníku**

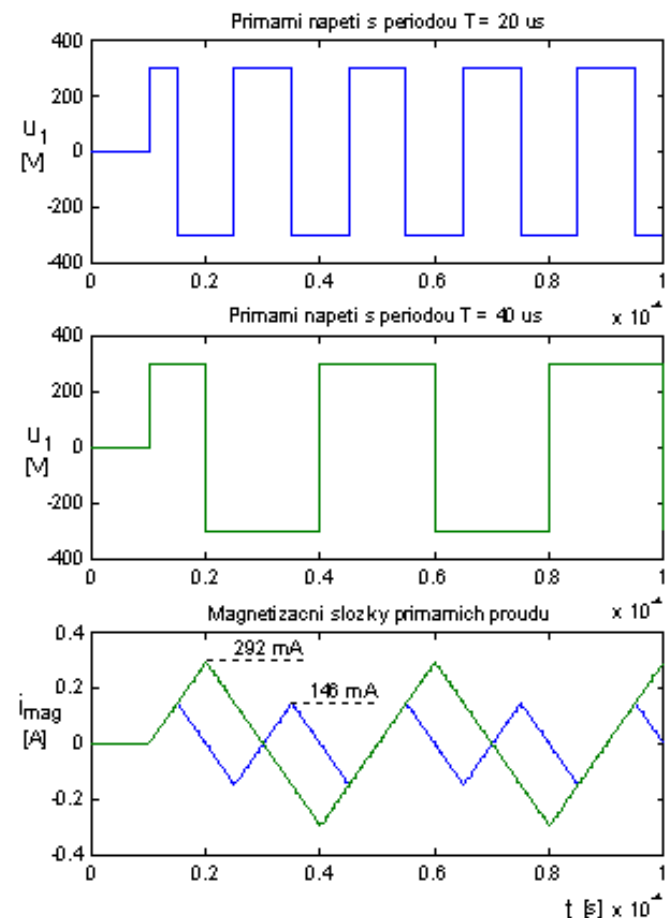
Základní pojmy a veličiny

- Časové průběhy

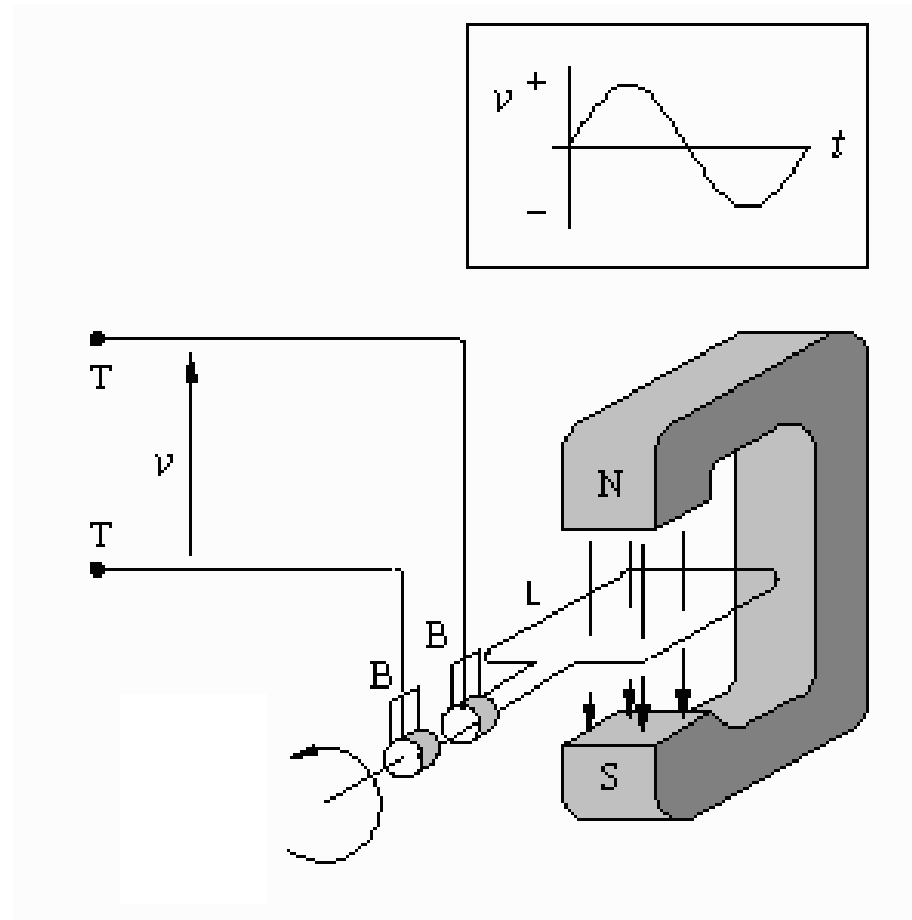
DC



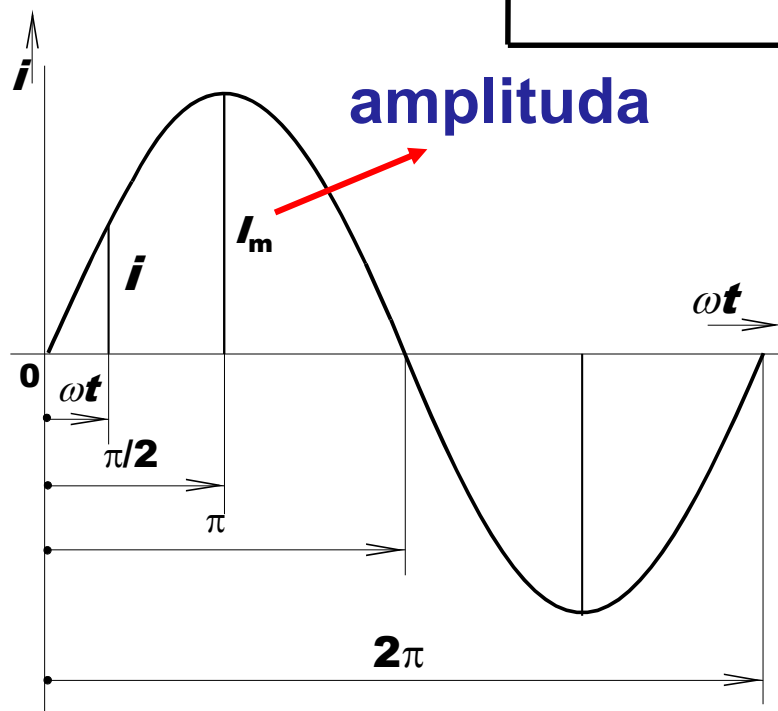
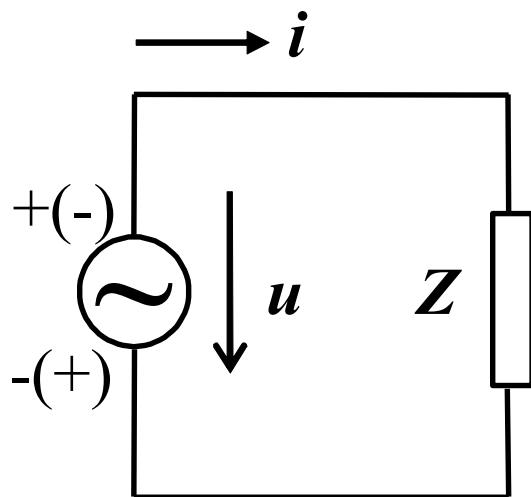
AC



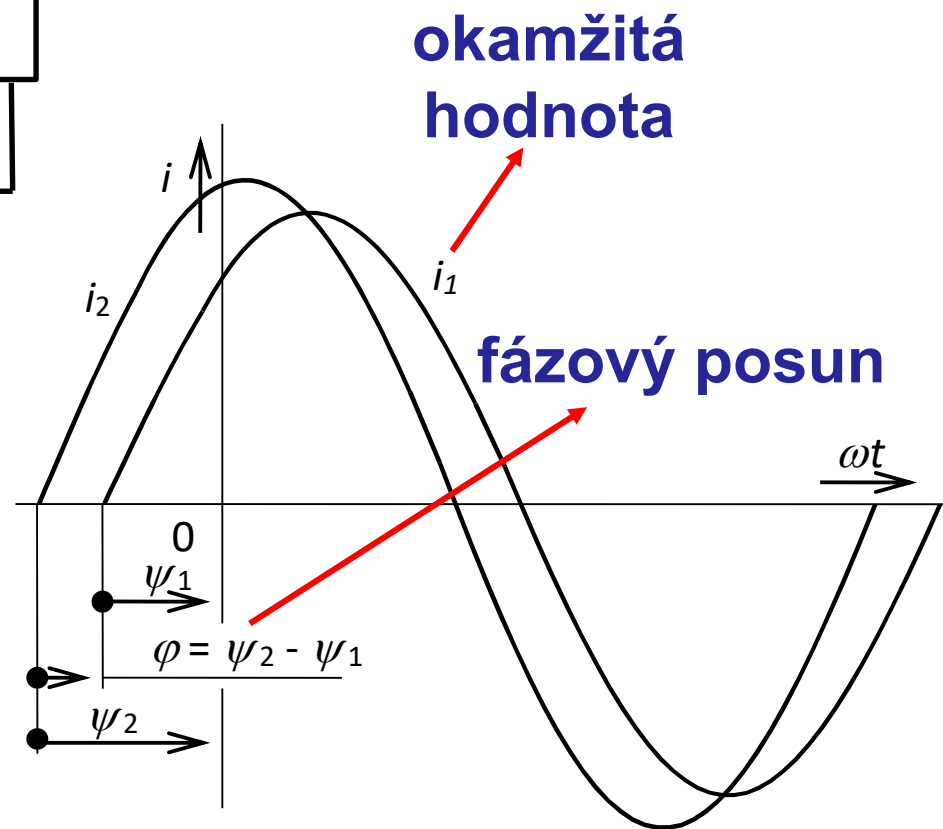
Vznik harmonického střídavého napětí



Harmonický střídavý proud



$$i = I_m \cdot \sin(\omega t) \quad \omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$$



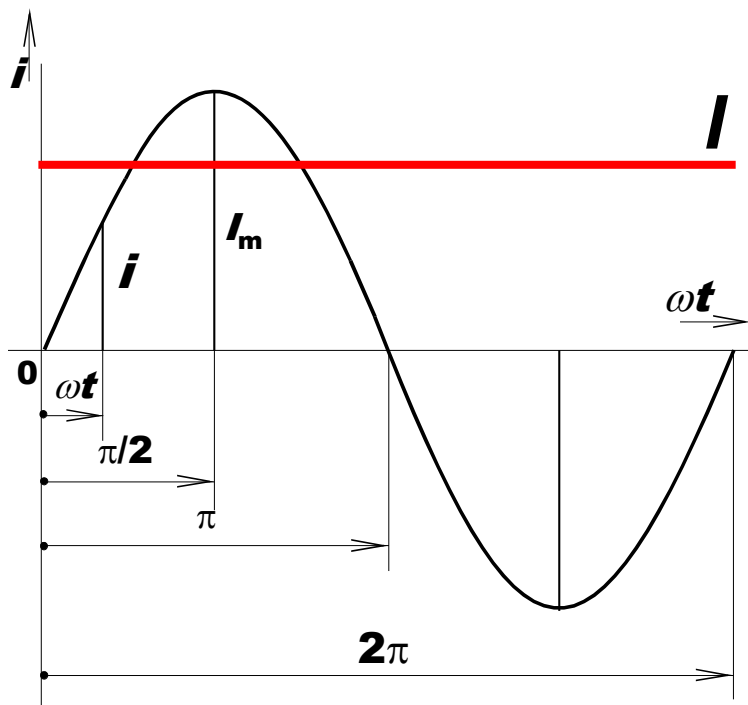
$$i = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi)$$

Označování proudů (napětí)

- Okamžitá hodnota i (u)
- Maximální (vrcholová) hodnota I_m (U_m)
- Střední hodnota I_{av} (U_{av})
- Efektivní hodnota I (U)

Efektivní hodnota harmonického střídavého proudu

Efektivní hodnota střídavého proudu je fyzikálně rovna ustálenému stejnosměrnému proudu, který v daném rezistoru vykoná stejně velkou práci jako uvažovaný střídavý proud.

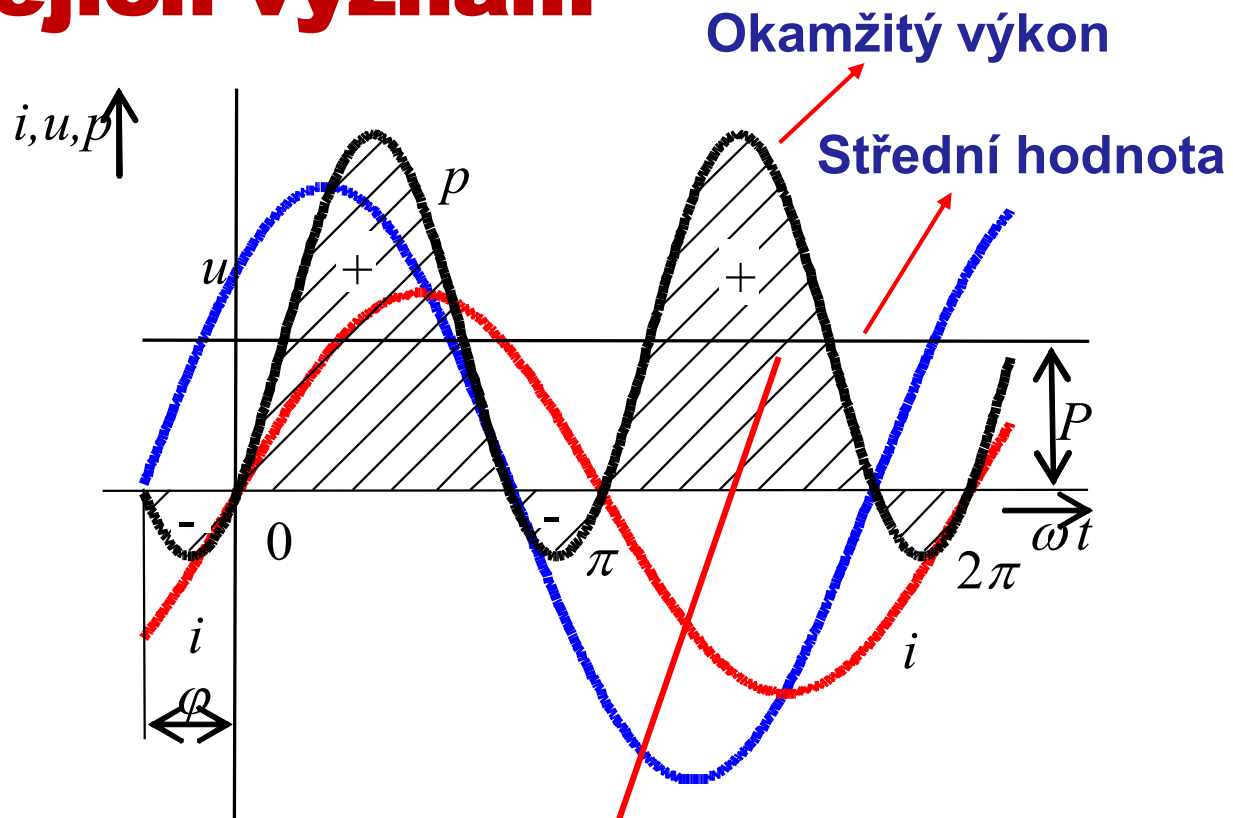
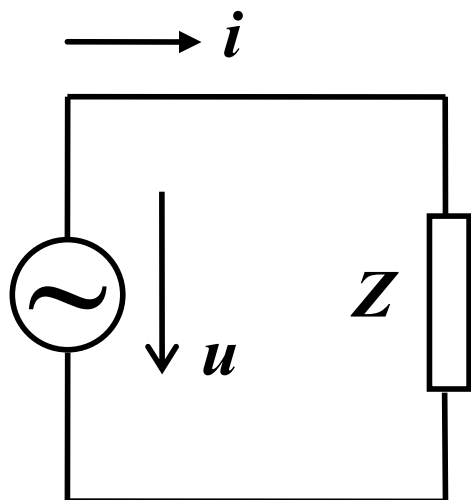


$$W = R \cdot I^2 \cdot T = \int_0^T R \cdot i^2 \cdot dt$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T i^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt}$$

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

Výkony ve střídavém obvodu a jejich význam



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

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$p = u \cdot i = \boxed{U \cdot I \cdot \cos \varphi} - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t + \varphi)$$

Druhy výkonu

Činný výkon (střední hodnota okamžitého výkonu)

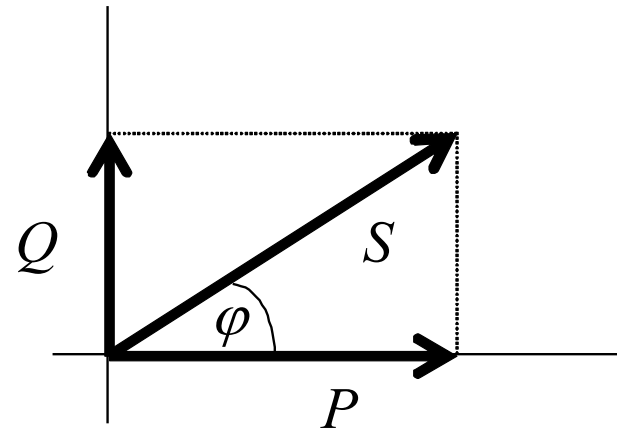
$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{W}), \quad \cos \varphi = \text{účinník}$$

Jalový výkon

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{var})$$

Zdánlivý výkon

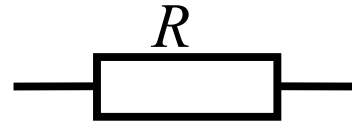
$$S = U \cdot I \quad (\text{V} \cdot \text{A})$$



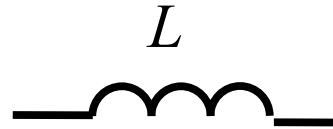
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Pasivní prvky v obvodech harmonického proudu

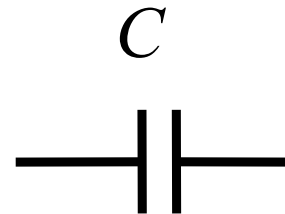
- Rezistor

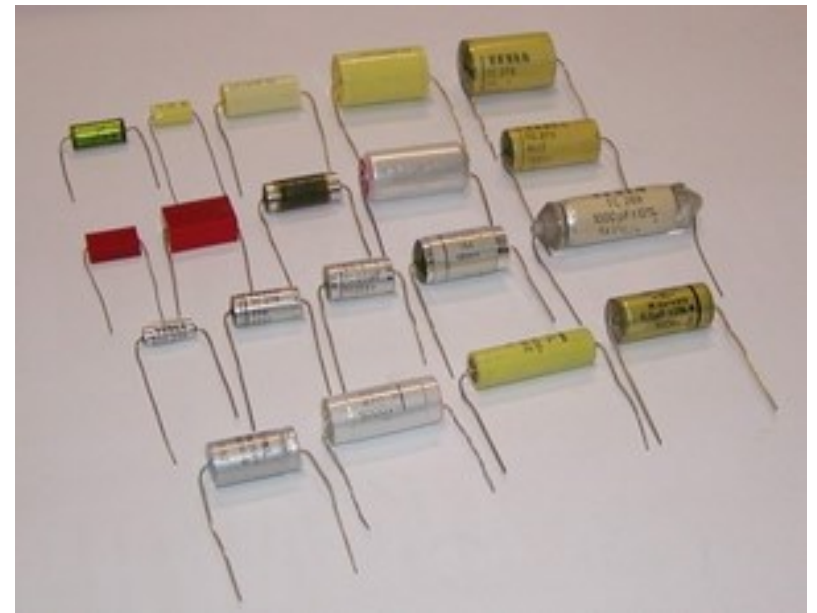
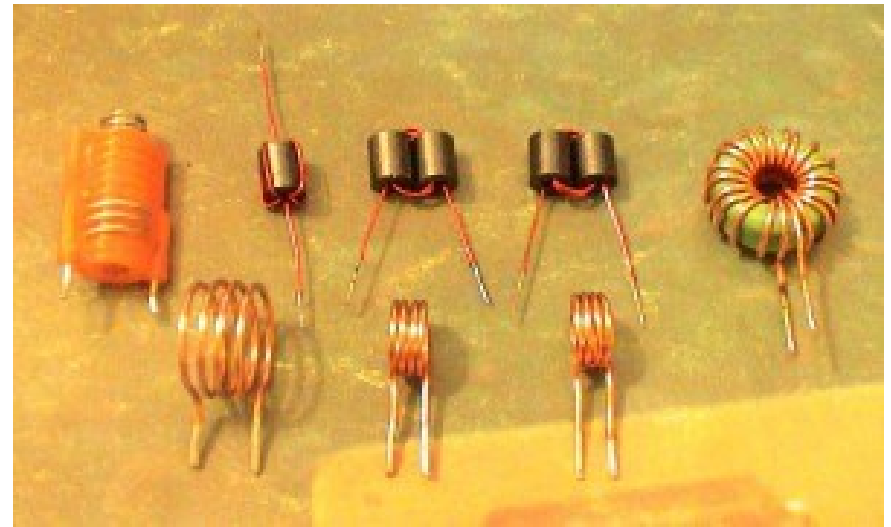
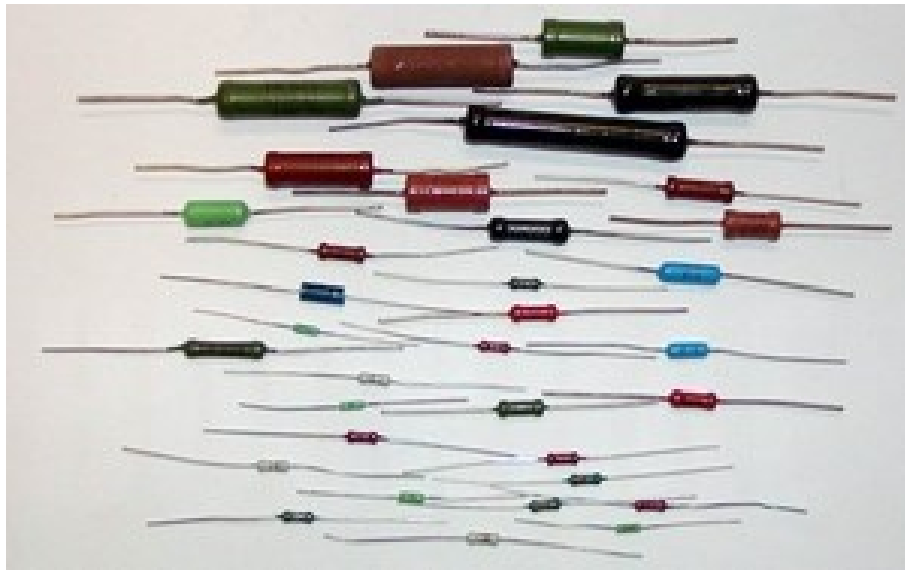


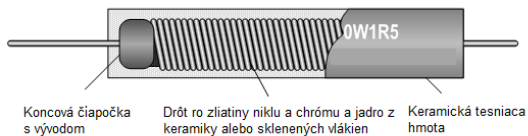
- Induktor



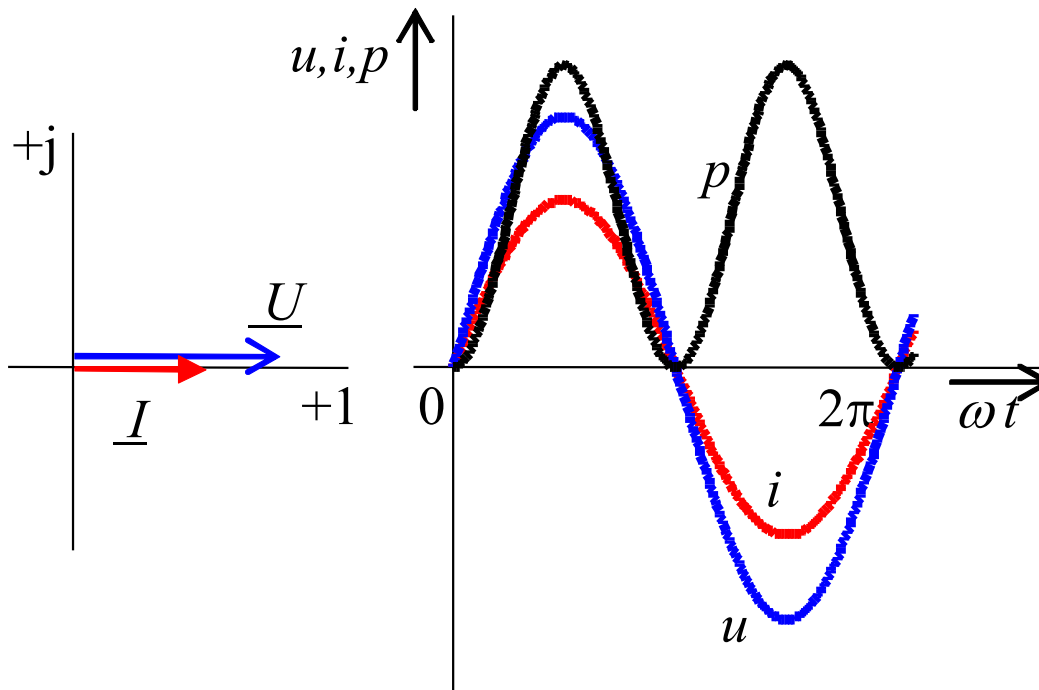
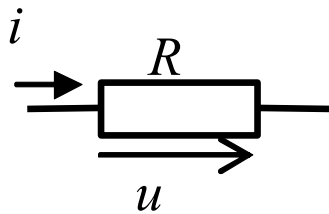
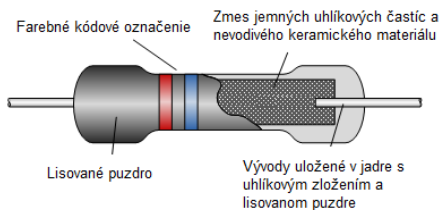
- Kondenzátor







Rezistor

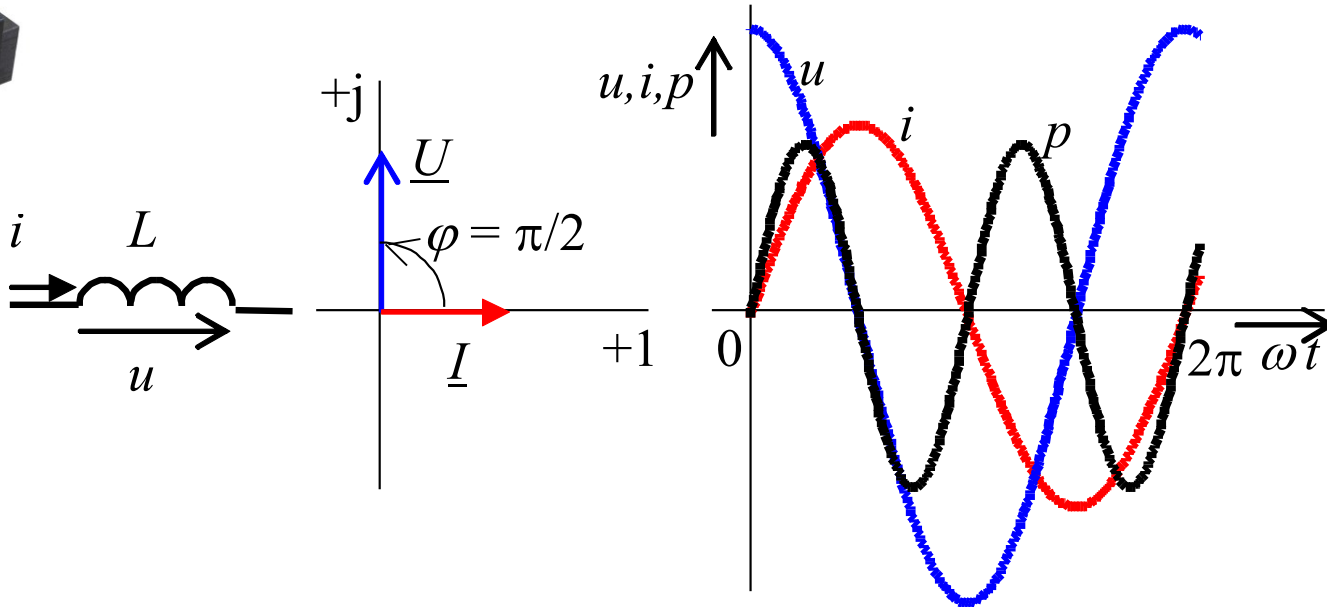


$$u = R \cdot i = R \cdot I_m \cdot \sin \omega t = U_m \cdot \sin \omega t \quad U_m = R \cdot I_m$$

$$R = \frac{u}{i} = \frac{U}{I} \rightarrow U = R \cdot I$$

$$\varphi = 0 \rightarrow \cos \varphi = 1 \rightarrow P = U \cdot I = R \cdot I^2$$

Induktor

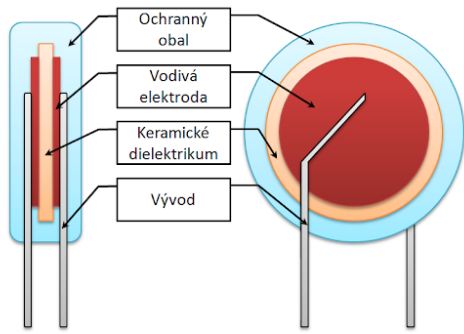


$$u = L \cdot \frac{di}{dt} = U_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

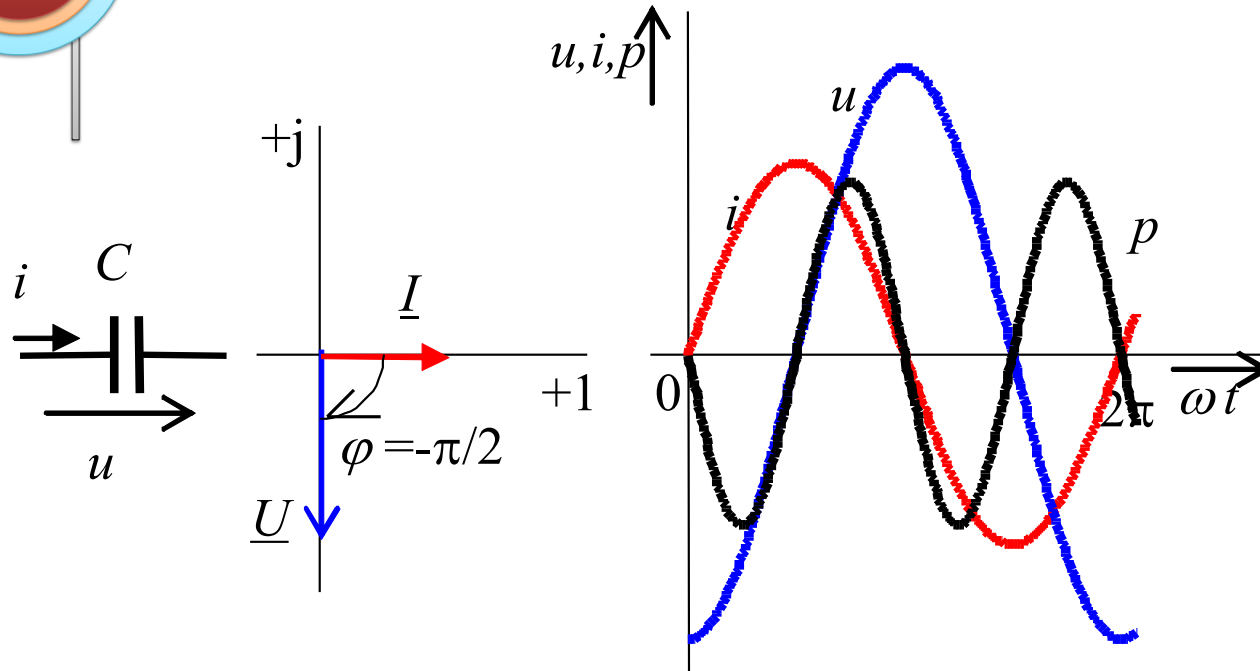
$$U_m = \omega \cdot L \cdot I_m = X_L \cdot I_m \rightarrow X_L = \omega \cdot L (\Omega)$$

$$U = X_L \cdot I$$

$$\varphi = 90^\circ \rightarrow \cos \varphi = 0 \rightarrow P = 0, \quad \sin \varphi = 1 \rightarrow Q = U \cdot I = X_L \cdot I^2$$



Kondenzátor



$$i = C \cdot \frac{du}{dt} \rightarrow u = \frac{1}{C} \int i \cdot dt = U_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

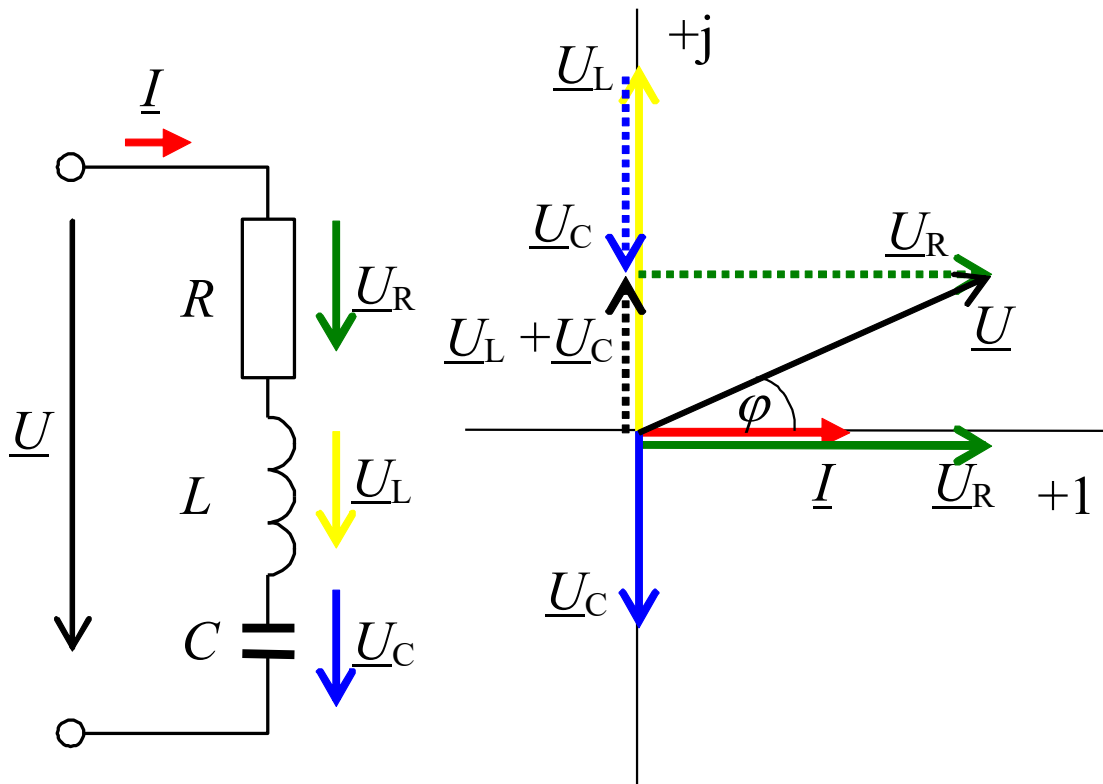
$$U_m = \frac{1}{\omega \cdot C} \cdot I_m = X_C \cdot I_m \rightarrow X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (\Omega)$$

$$U = X_C \cdot I$$

$$\varphi = 90^\circ \rightarrow \cos \varphi = 0 \rightarrow P = 0, \quad \sin \varphi = 1 \rightarrow Q = U \cdot I = X_C \cdot I^2$$

Jednoduché střídavé obvody

Sériový *RLC* obvod



Pythagorova věta

$$\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_L + \underline{U}_C$$

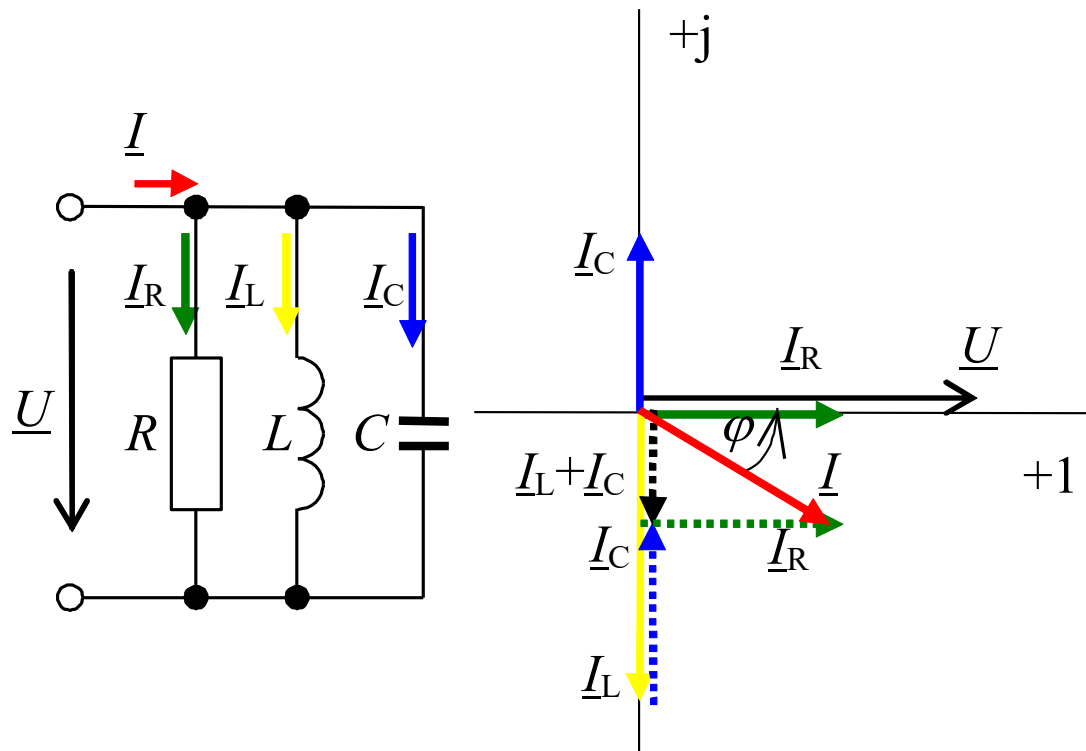
$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

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

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

Jednoduché střídavé obvody

Paralelní *RLC* obvod



Pythagorova věta

$$\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_L + \underline{I}_C$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{I_L - I_C}{I_R}$$

$$\frac{1}{Z} = Y$$

Rezonance v sériovém obvodu

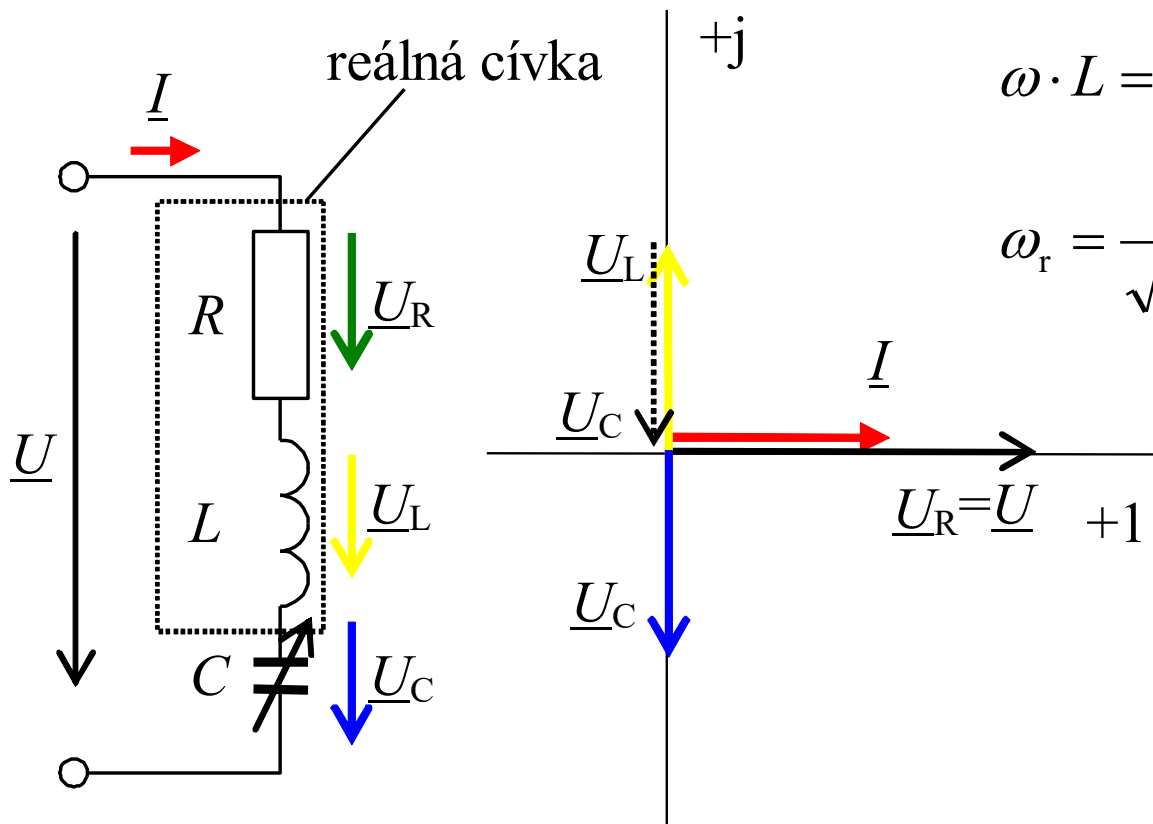
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

pro $X_L = X_C \rightarrow Z = R \rightarrow I = I_r = \frac{U}{R}$

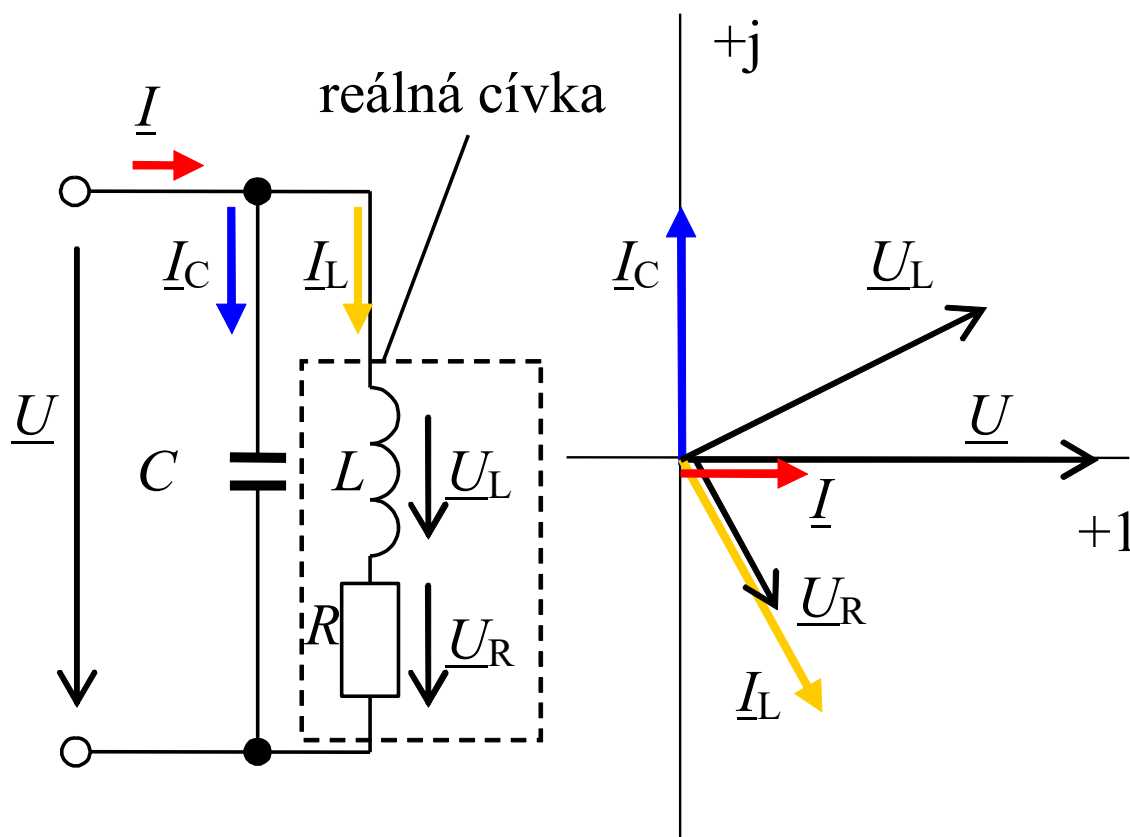
$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}, \quad f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

$$\text{Im} \{Z\} = 0$$



Rezonance v paralelním obvodu

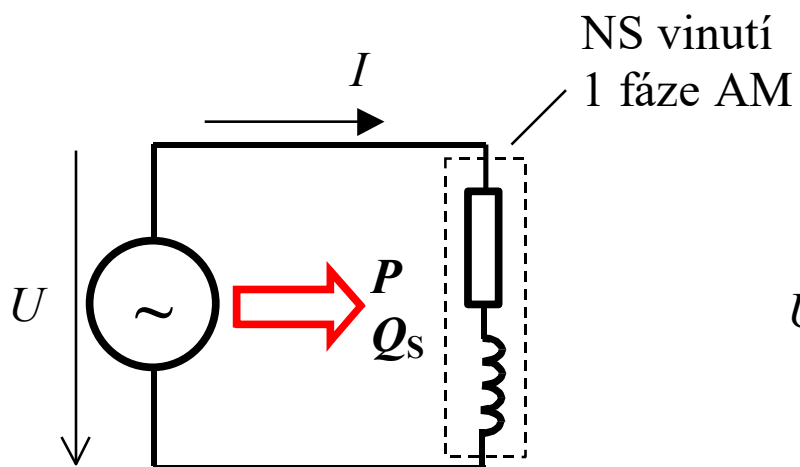


$$f_r = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{L^2}}$$

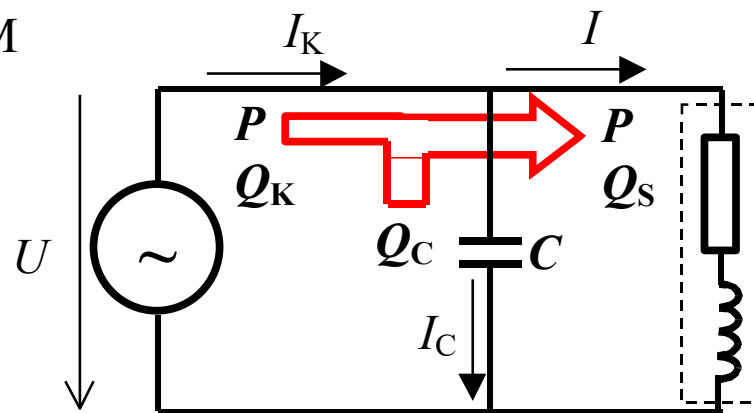
$$Z = Z_{\max} = Y_{\min} = R$$

$$\text{Im} \{Y\} = 0$$

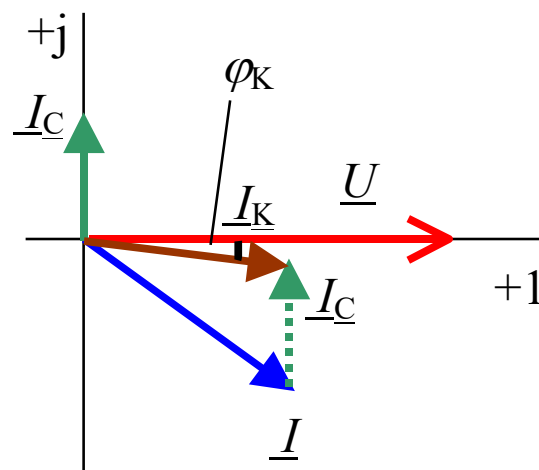
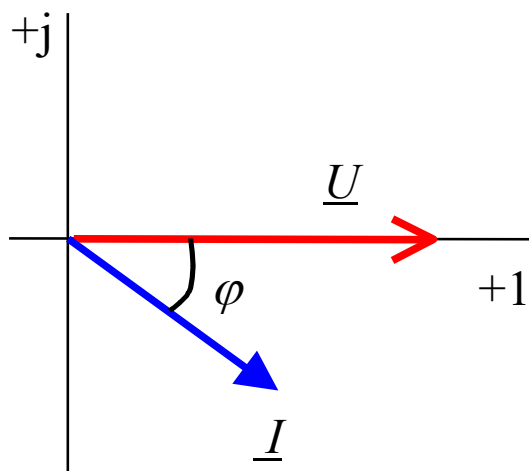
Kompence účinníku



před kompenzací



po kompenzací



Potřebný jalový výkon kompenzačního kondenzátoru

$$Q_S = Q_K + Q_C \rightarrow Q_C = Q_S - Q_K = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_K)$$

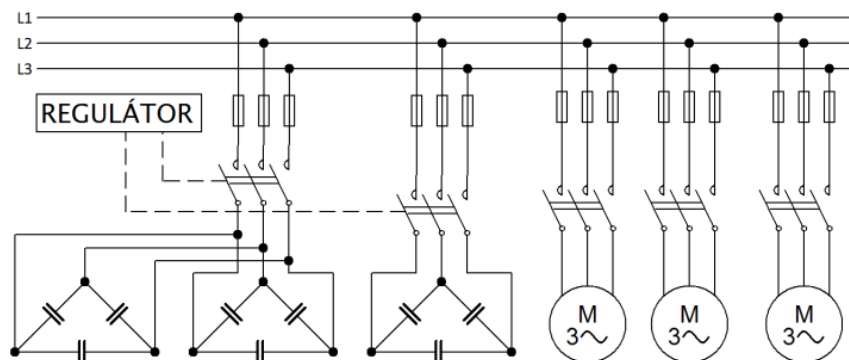
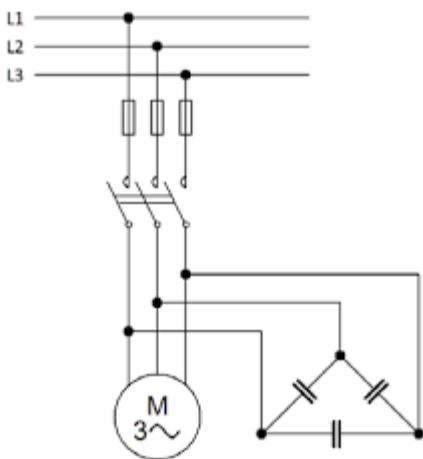
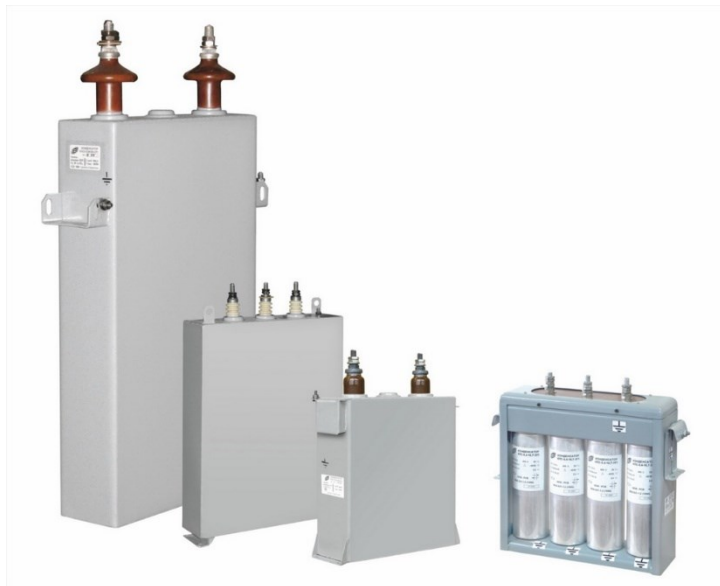
Potřebná kapacita kompenzačního kondenzátoru

$$C = \frac{Q_C}{U^2 \cdot \omega}$$

Důsledky kompenzace účinníku:

- snížení ztrát ve vedení
- zvýšení propustnosti napájecí sítě

Kompenzační kondenzátory



Konec přednášky