

## **ELEKTROTECHNIKA**

# **5. TROJFÁZ. STŘÍDAVÉ OBVODY**

Doc. Ing. Stanislav Kocman, Ph.D.

2. 2. 2022, Ostrava

# Osnova přednášky

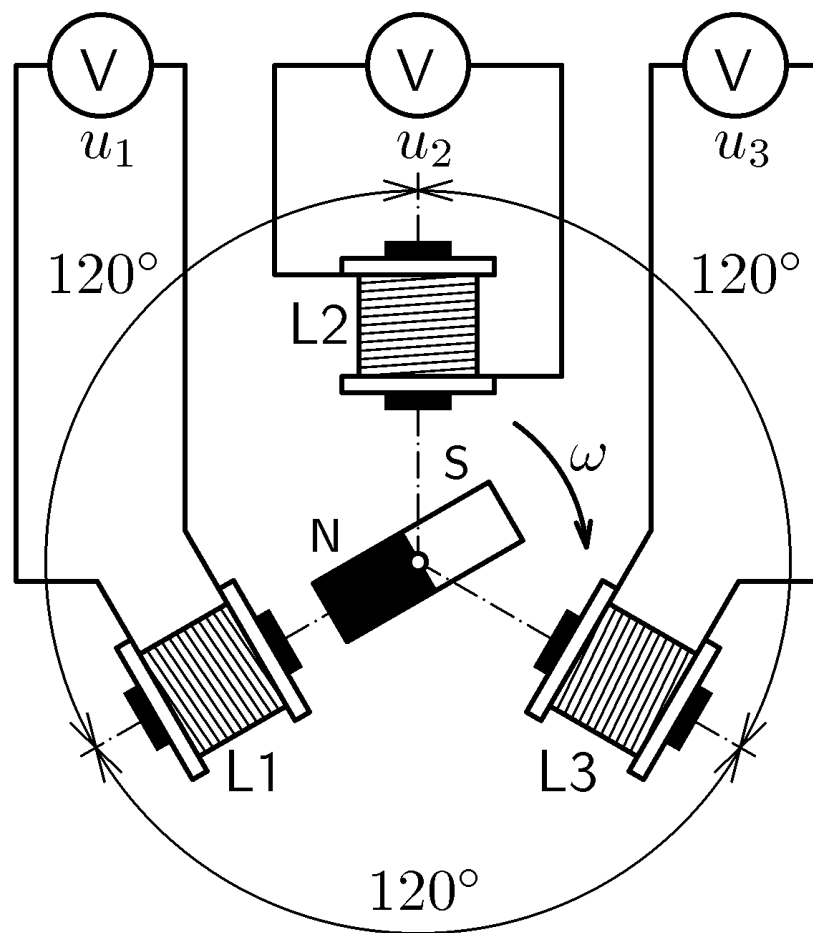
- **Výhody trojfázové soustavy**
- **Souměrná trojfázová soustava**
  - **Spojení do hvězdy**
  - **Spojení do trojúhelníka**
  - **Výkony**
- **Nesouměrná trojfázová soustava**

# **Vznik a výhody trojfázové soustavy**

## **Výhody trojfázového systému**

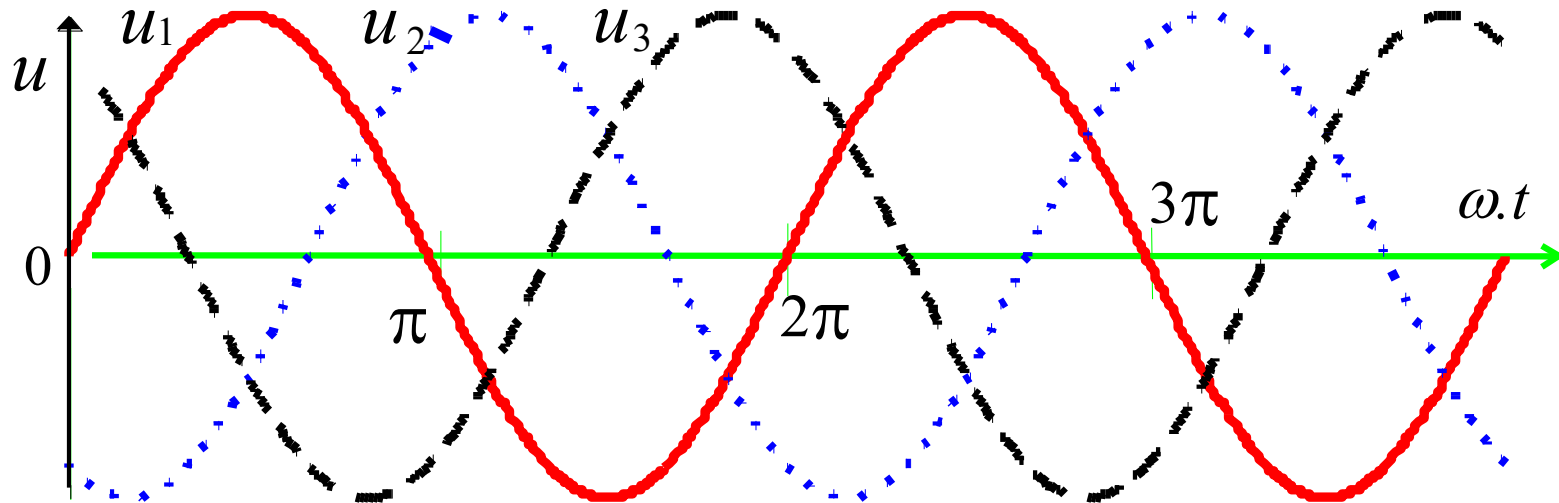
- ☐ vytváří točivé magnetické pole
- ☐ vyšší výkony a lepší ekonomika generátorů, transformátorů a motorů
- ☐ ekonomičtější přenos elektrické energie v ČR
- ☐ trojfázový výkon je v čase konstantní

# Princip vzniku 3 fáz. napětí



# Souměrná trojfázová soustava

## Časové průběhy napětí



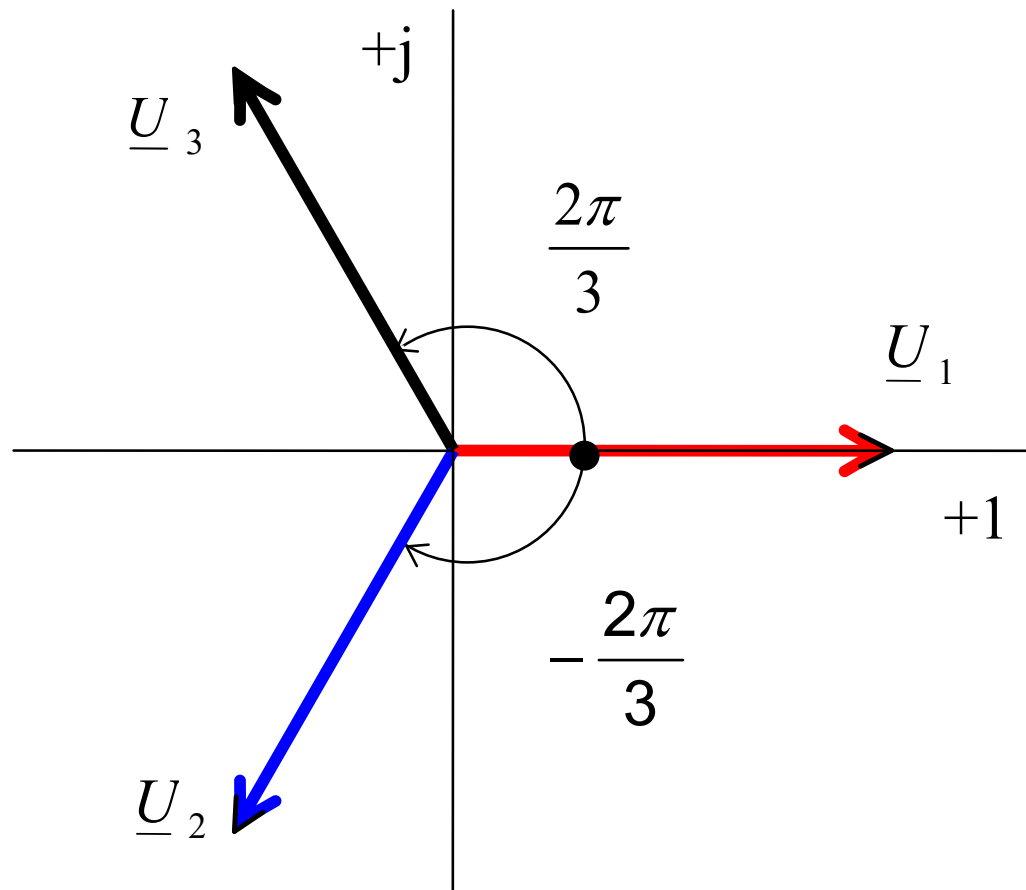
$$u_1 = U_m \cdot \sin(\omega t)$$

$$u_2 = U_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$u_3 = U_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = U_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

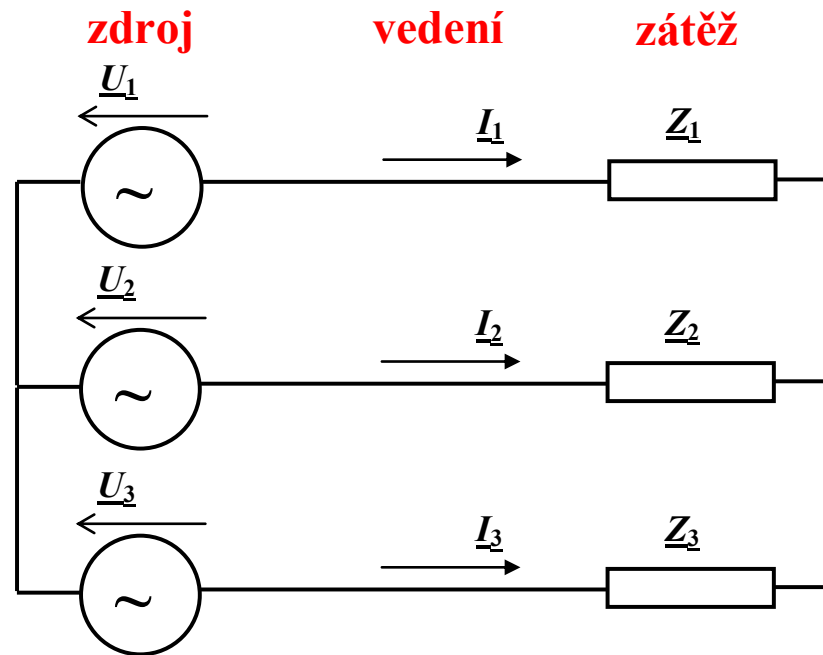
$$u_1 + u_2 + u_3 = 0 \quad \rightarrow \quad \text{Souměrná soustava}$$

- Fázorový diagram

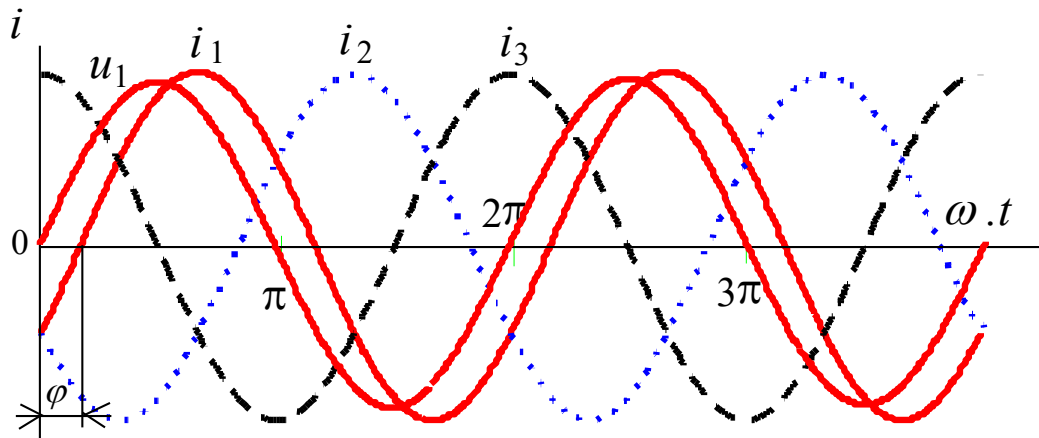




# Souměrný trojfázový obvod



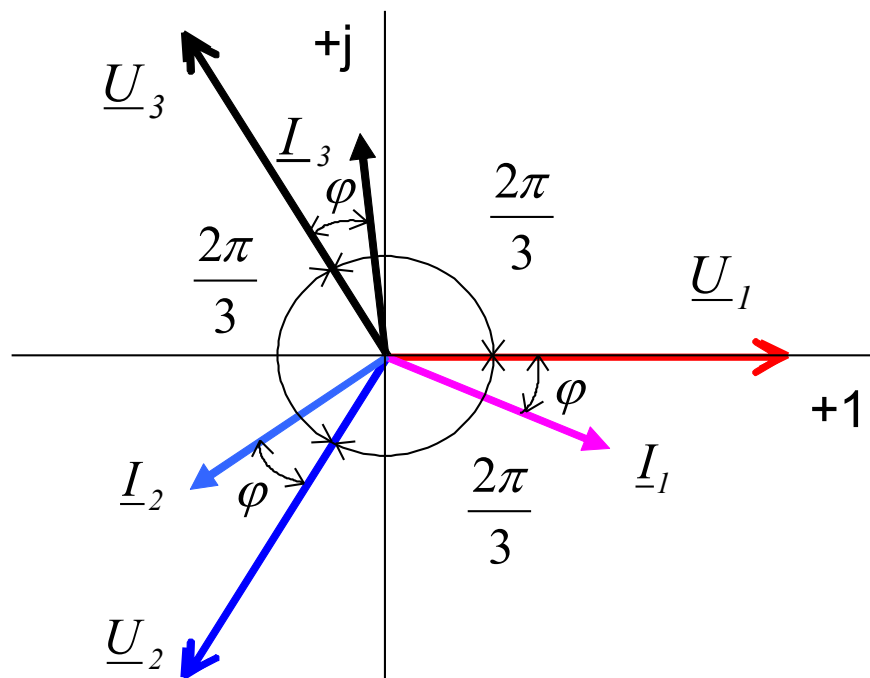
$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 \quad (\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = \underline{Z}, \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi)$$



$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

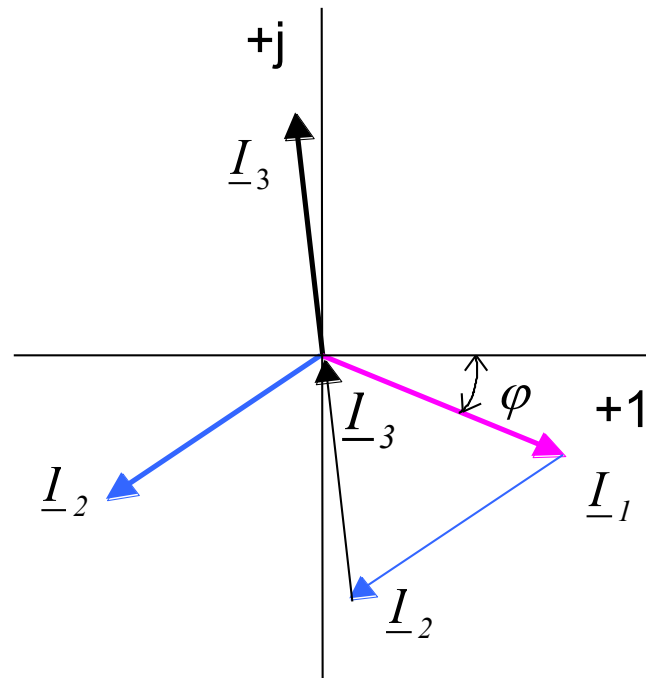


- Fázorový diagram



$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

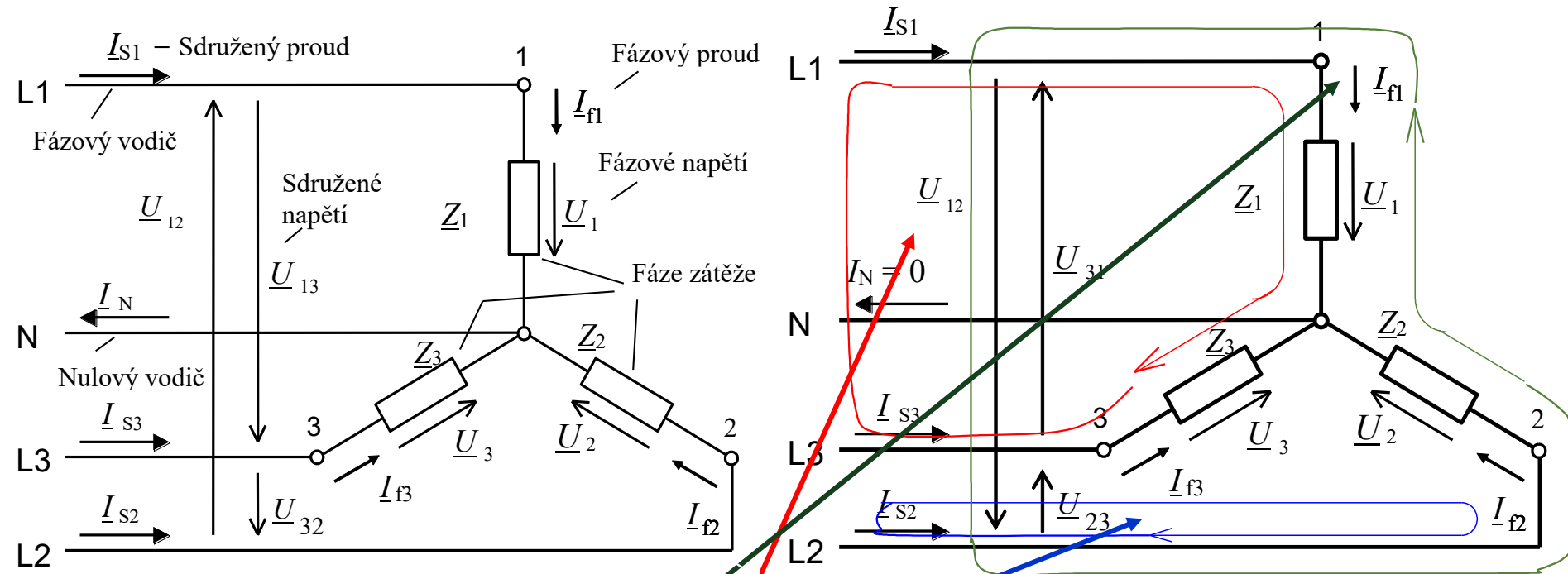


$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 0$$

# Zapojení do hvězdy a trojúhelníka

## Zapojení do hvězdy

### Souměrná soustava

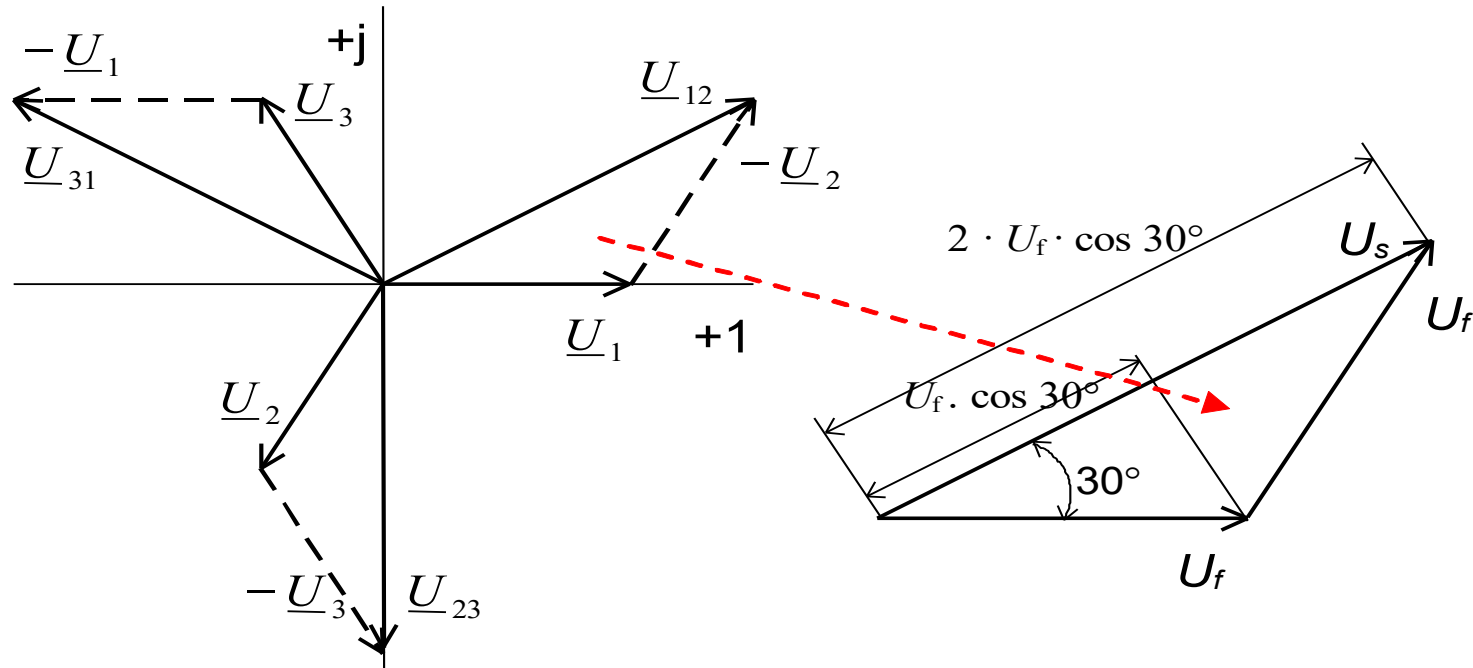


$$\underline{U}_{12} + \underline{U}_2 - \underline{U}_1 = 0 \rightarrow \underline{U}_{12} = \underline{U}_1 - \underline{U}_2$$

$$\underline{U}_{23} + \underline{U}_3 - \underline{U}_2 = 0 \rightarrow \underline{U}_{23} = \underline{U}_2 - \underline{U}_3$$

$$\underline{U}_{31} + \underline{U}_1 - \underline{U}_3 = 0 \rightarrow \underline{U}_{31} = \underline{U}_3 - \underline{U}_1$$

# Napětí a proudy ve hvězdě



$$U_1 = U_2 = U_3 = U_f$$

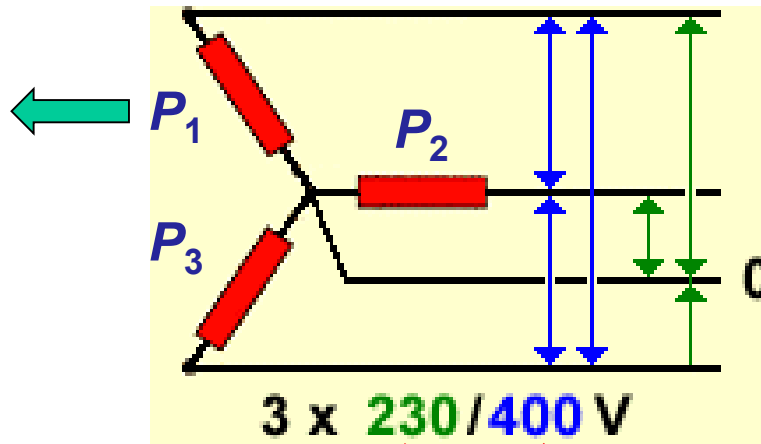
$$U_{12} = U_{23} = U_{31} = U_s$$

$$U_s = 2 \cdot U_f \cdot \cos 30^\circ \rightarrow U_s = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$I_{f1} = I_{f2} = I_{f3} = I_f, \quad I_f = I_s \quad I_N = 0$$

# Výkon ve spojení do hvězdy

Činný výkon  
v jedné fázi



Fázové napětí    Sdružené napětí

Činný výkon trojfázové zátěže

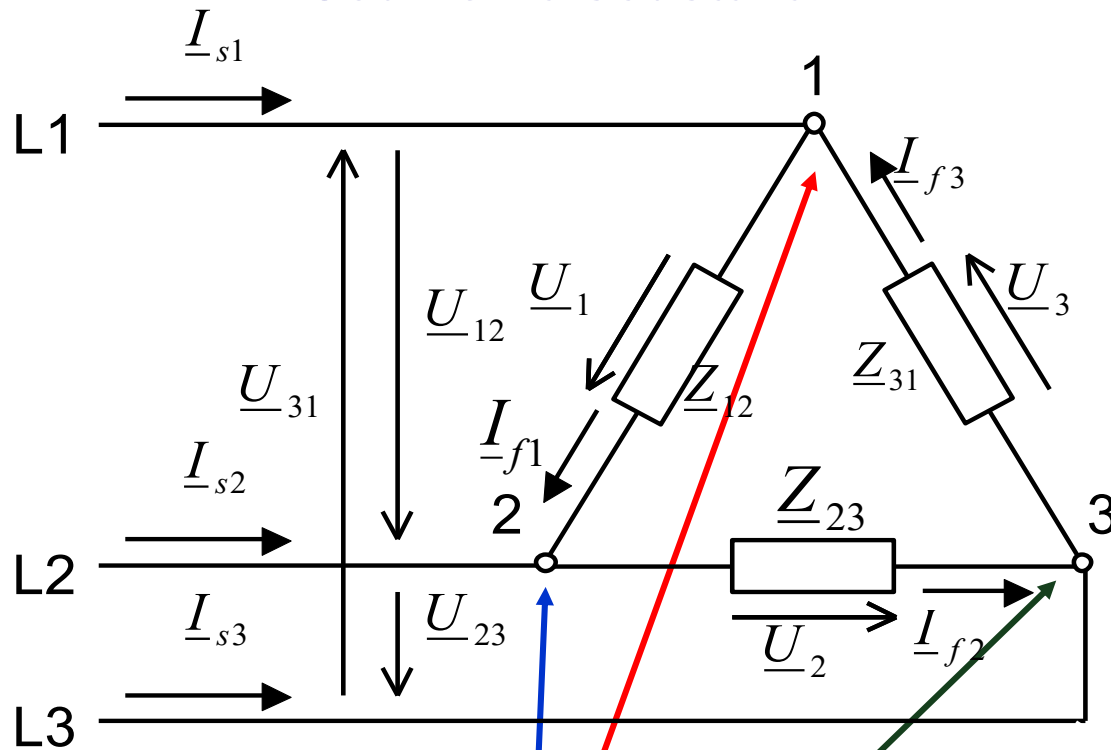
$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{f1} \cdot I_{f1} \cdot \cos \varphi_1 + U_{f2} \cdot I_{f2} \cdot \cos \varphi_2 + U_{f3} \cdot I_{f3} \cdot \cos \varphi_3$$

Výkon pro souměrnou soustavu

$$P = 3 U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = 3 \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} \cdot I_s \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_s \cdot I_s \cdot \cos \varphi$$

# Zapojení do trojúhelníka

## Souměrná soustava

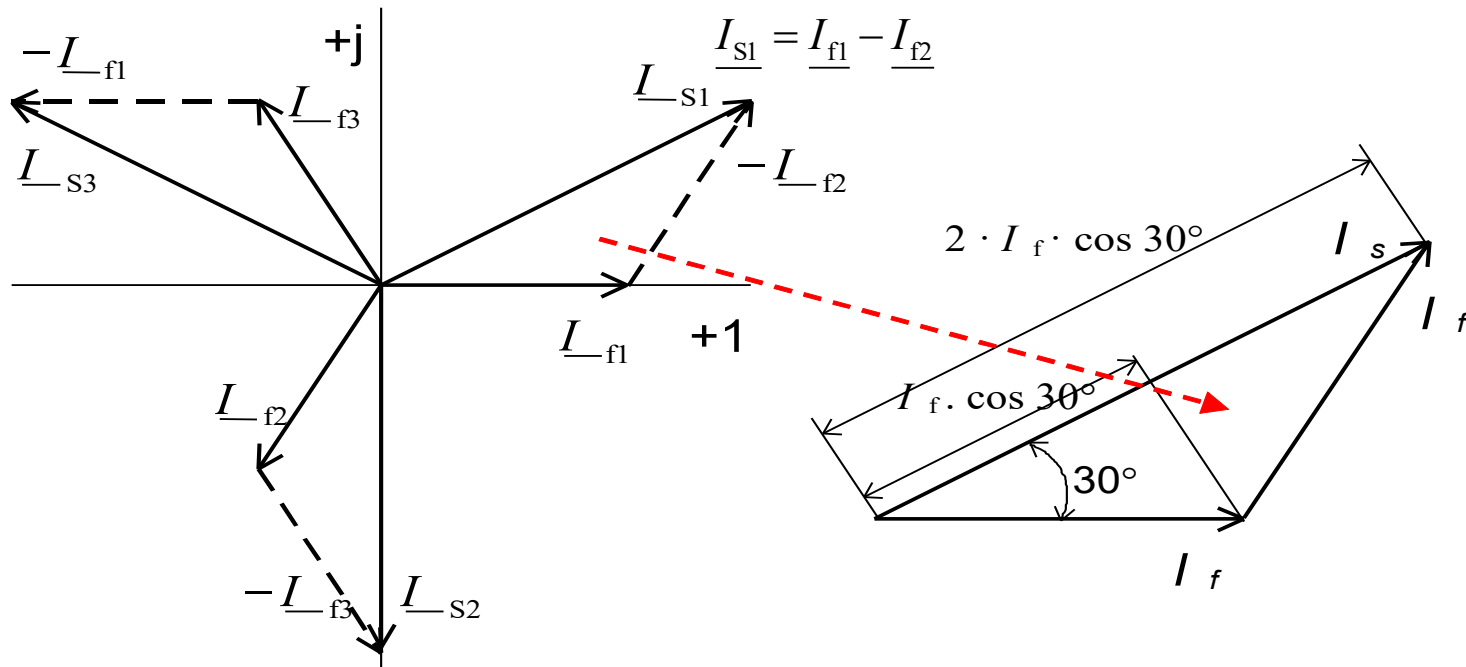


$$\underline{I}_{f1} - \underline{I}_{s1} - \underline{I}_{f3} = 0 \rightarrow \underline{I}_{s1} = \underline{I}_{f1} - \underline{I}_{f3}$$

$$\underline{I}_{f2} - \underline{I}_{s2} - \underline{I}_{f1} = 0 \rightarrow \underline{I}_{s2} = \underline{I}_{f2} - \underline{I}_{f1}$$

$$\underline{I}_{f3} - \underline{I}_{s3} - \underline{I}_{f2} = 0 \rightarrow \underline{I}_{s3} = \underline{I}_{f3} - \underline{I}_{f2}$$

# Napětí a proudy v trojúhelníku



$$I_{f1} = I_{f2} = I_{f3} = I_f$$

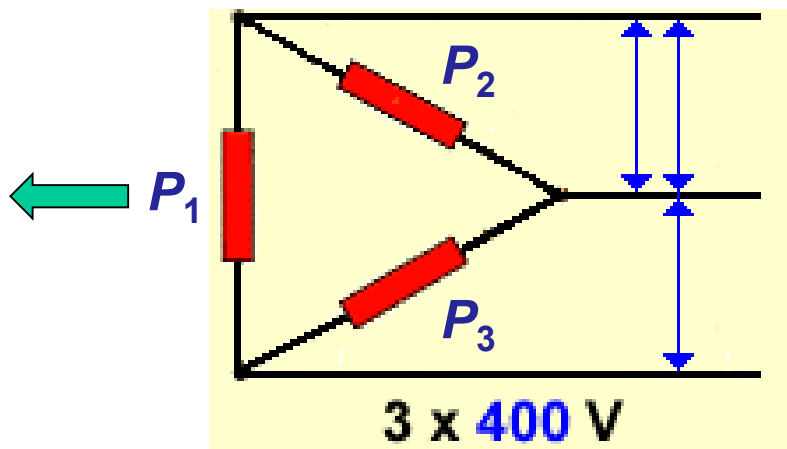
$$I_{s1} = I_{s2} = I_{s3} = I_s$$

$$I_s = 2 \cdot I_f \cdot \cos 30^\circ \rightarrow I_s = \sqrt{3} \cdot I_f$$

$$U_s = U_f$$

# Výkon ve spojení do trojúhelníku

Činný výkon  
v jedné fázi



sdružené napětí=fázové napětí

Činný výkon trojfázové zátěže

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{f1} \cdot I_{f1} \cdot \cos \varphi_1 + U_{f2} \cdot I_{f2} \cdot \cos \varphi_2 + U_{f3} \cdot I_{f3} \cdot \cos \varphi_3$$

Výkon pro souměrnou soustavu

$$P = 3 U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = 3 U_s \frac{I_s}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_s \cdot I_s \cdot \cos \varphi$$

# Výkony

- **Okamžitý trojfázový výkon**

$$p = p_1 + p_2 + p_3 = u_1 \cdot i_1 + u_2 \cdot i_2 + u_3 \cdot i_3$$

- **Po dosazení a úpravě**

$$p = P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

- **Činný výkon pro sdružené hodnoty**

$$P = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s \cdot \cos \varphi$$

- **Jalový výkon**

$$Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s \cdot \sin \varphi$$

- **Zdánlivý výkon**

$$S = 3 \cdot U_f \cdot I_f = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s$$



# Nesouměrná trojfázová soustava

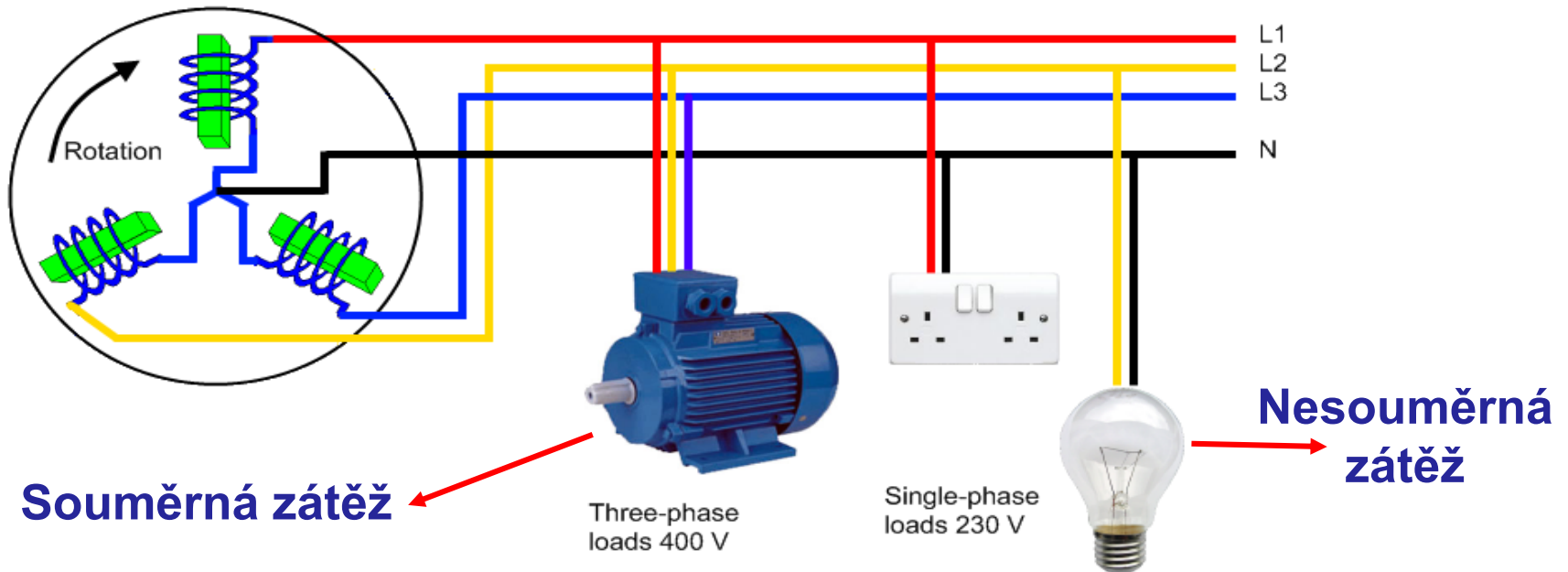
## Nesouměrná zátěž

$$\underline{Z}_1 \neq \underline{Z}_2 \neq \underline{Z}_3 \quad (\underline{Z}_1 \neq \underline{Z}_2 \neq \underline{Z}_3 \neq \underline{Z}, \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq \varphi)$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{f1} \cdot I_{f1} \cdot \cos \varphi_1 + U_{f2} \cdot I_{f2} \cdot \cos \varphi_2 + U_{f3} \cdot I_{f3} \cdot \cos \varphi_3$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = U_{f1} \cdot I_{f1} + U_{f2} \cdot I_{f2} + U_{f3} \cdot I_{f3}$$

**Pro spojení do hvězdy**  $\longrightarrow \underline{I}_{f1} + \underline{I}_{f2} + \underline{I}_{f3} = \underline{I}_N \neq 0$

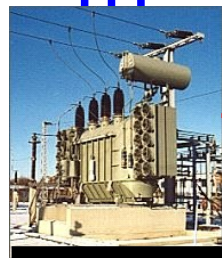


# Rozvod elektrické energie



Přenosová soustava

400 kV



110 kV

22 kV

230/400 V

TRAFO

TRAFO

obce

22 kV

lehký průmysl

230/400 V

menší firmy

Rozvodné soustavy (distribuční síť)



**Konec přednášky**