

B2B31ZEO - Základy elektrických obvodů

3. přednáška, 6. března 2024

Stacionární ustálený stav

- **Elementární analýza odporových obvodů**
 - **Transfigurace (princip ekvivalence), str. 69-71**
 - trojúhelník – hvězda, hvězda - trojúhelník
 - **Příklady**
 - **Výkon, výkonové přizpůsobení, str. 133 – 135**
 - **Příklady**

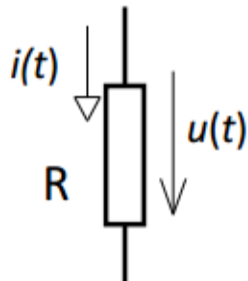
Obvodové rovnice

- **Obvodové rovnice – úvod, str. 253**
 - **Topologie elektrických obvodů**
 - **Nezávislé obvodové rovnice**
 - **Výběr metody pro popis obvodu**

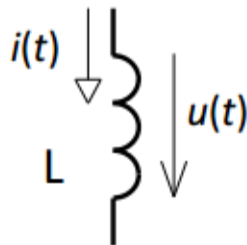
Metody analýzy obvodů

- ***elementární (heuristické, speciální)***
 - jednoduché metody a postupy bez sestavování rovnic
 - řešitel volí metody podle znalostí a okolností, není dán pevný postup řešení
 - použitelné pro jednoduché obvody
- ***algoritmické***
 - pevný algoritmus, který vede k cíli
 - obvodové rovnice

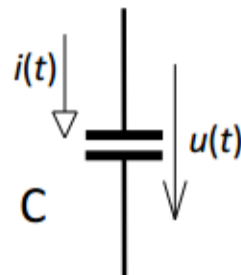
Stacionární ustálený stav



$$u = R \cdot i$$



$$u = L \frac{di}{dt}$$



$$i = C \frac{du}{dt}$$

- *stejnoseměrné napětí a proud*
- *odeznění přechodných jevů*
- *ustálení obvodových veličin na konstantních hodnotách*

induktor

kapacitor

$I = \text{konst.}$

$U = \text{konst.}$

$U = R I$

$U = 0 \rightarrow \text{zkrat}$

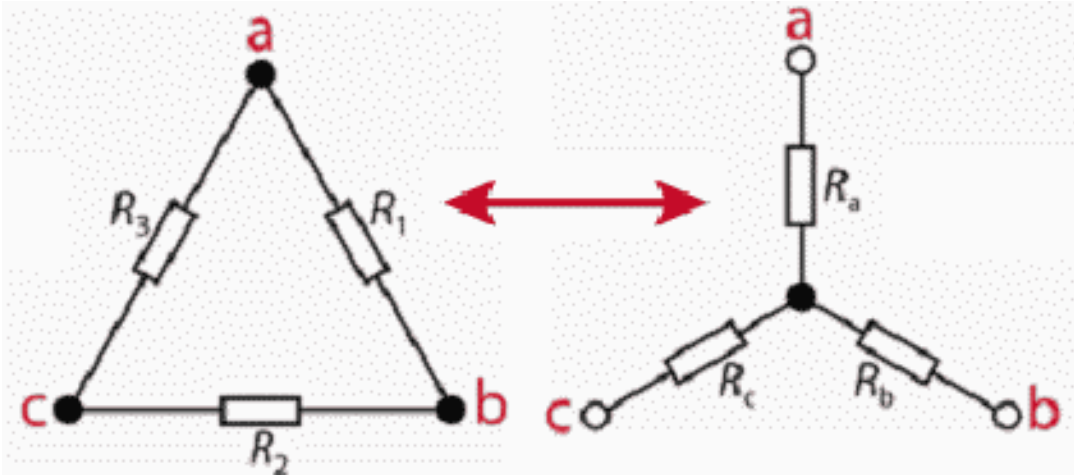
$I = 0 \rightarrow \text{rozpojení}$

Transfigurace

- seskupení obvodových prvků, které má z hlediska svých svorek stejné vlastnosti, jako seskupení původní.

Používá se v případech, kdy seskupení obvodových prvků nelze zjednodušit použitím pravidel o sériovém a paralelním řazení

- **Trojúhelník – hvězda**



Mají-li být zapojení rovnocenná, musí být mezi kteroukoliv dvojicí svorek stejný odpor.

$$R_a = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

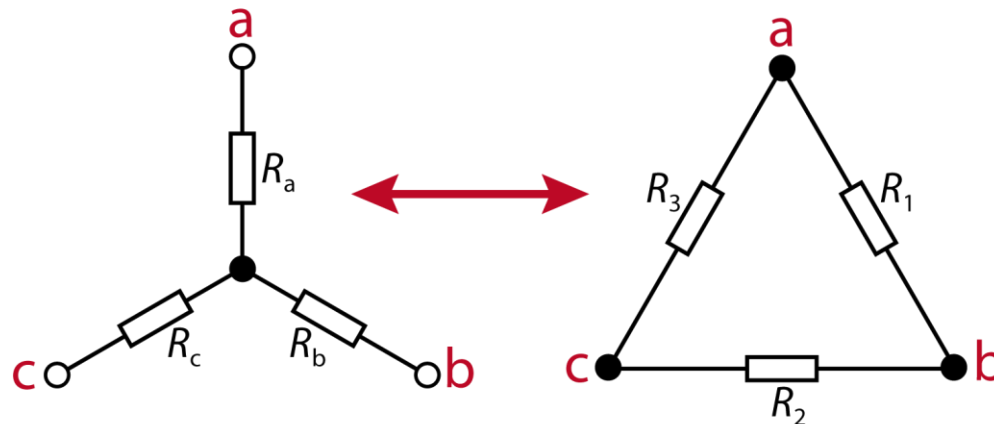
$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Transfigurace

- seskupení obvodových prvků, které má z hlediska svých svorek stejné vlastnosti, jako seskupení původní.

Používá se v případech, kdy seskupení obvodových prvků nelze zjednodušit použitím pravidel o sériovém a paralelním řazení

- **Hvězda – trojúhelník**



$$R_1 = R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c}$$

$$R_2 = R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a}$$

$$R_3 = R_a + R_c + \frac{R_a R_c}{R_b}$$

Příklady elementární analýzy odporových obvodů

- *příklady na transfiguraci*
 - *trojúhelník - hvězda*
 - *hvězda - trojúhelník*

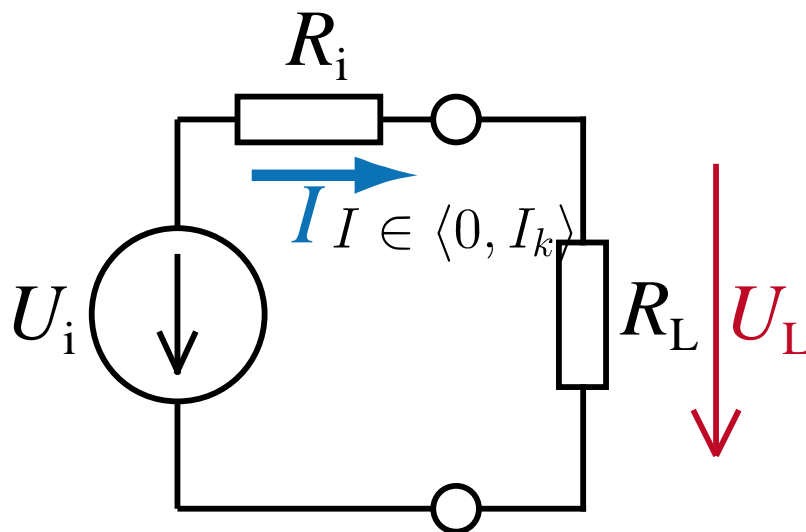
Výkon, výkonové přizpůsobení

výkon přeměněný na teplo

$$P_i = R_i I^2$$

výkon zdroje

$$P_z = U_i I$$



výkon dodaný do zátěže

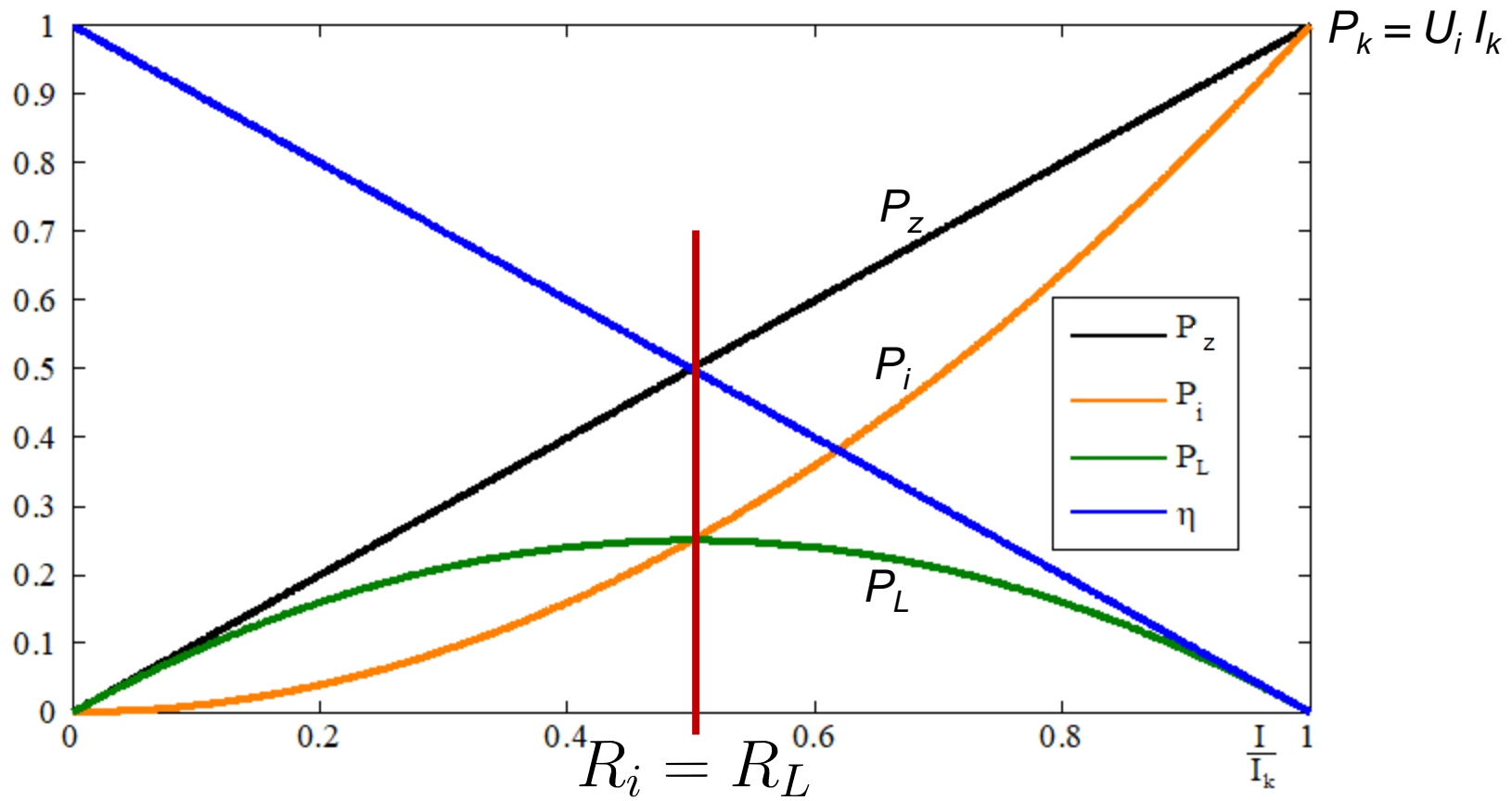
$$P_L = P_z - P_i$$

$$P_L = P_z - P_i = U_i I_k \left[\frac{I}{I_k} - \left(\frac{I}{I_k} \right)^2 \right] = P_k \left[\frac{I}{I_k} - \left(\frac{I}{I_k} \right)^2 \right]$$

Výkon, výkonové přizpůsobení

výkon dodaný do zátěže

$$P_L = P_z - P_i = U_i I_k \left[\frac{I}{I_k} - \left(\frac{I}{I_k} \right)^2 \right] = P_k \left[\frac{I}{I_k} - \left(\frac{I}{I_k} \right)^2 \right]$$



Výkon, výkonové přizpůsobení

- **Požadavky**

- **energetické aplikace:** *přenosy s vysokou účinností*
- **aplikace ve sdělovací technice:** *maximalizace výkonu přeneseného ze zdroje do spotřebiče*

- **Závěr**

- **energetické aplikace:**
 $R_i \ll R_L$ (*stav blízký chodu naprázdno*)
- **aplikace ve sdělovací technice:**
 $R_i = R_L$ (*výkonové přizpůsobení*)

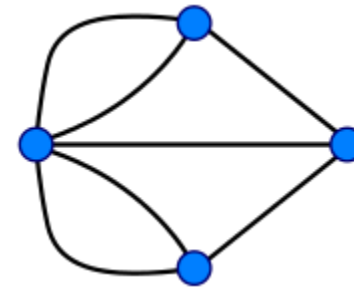
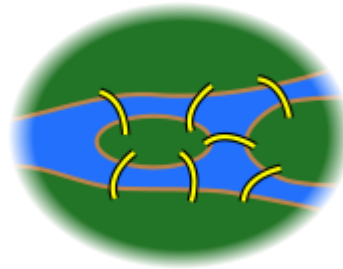
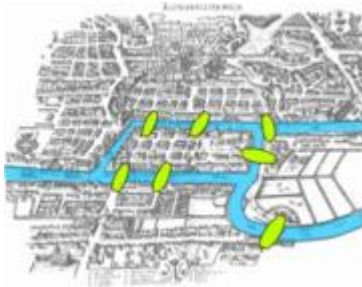
Příklady elementární analýzy odporových obvodů

- *příklady*

Obvodové rovnice

- Topologie elektrických obvodů

Sedm mostů města Královce



Obvodové rovnice

- Topologie elektrických obvodů

- **větev ... v**

představuje obvodový prvek

čára libovolného tvaru zakončená dvěma body (uzly)

- **uzel ... u**

místo vodivého spojení obvodových prvků
(nebo připojení = svorka)

- **graf**

získáme, překreslíme-li elektrický obvod pomocí větví a uzlů

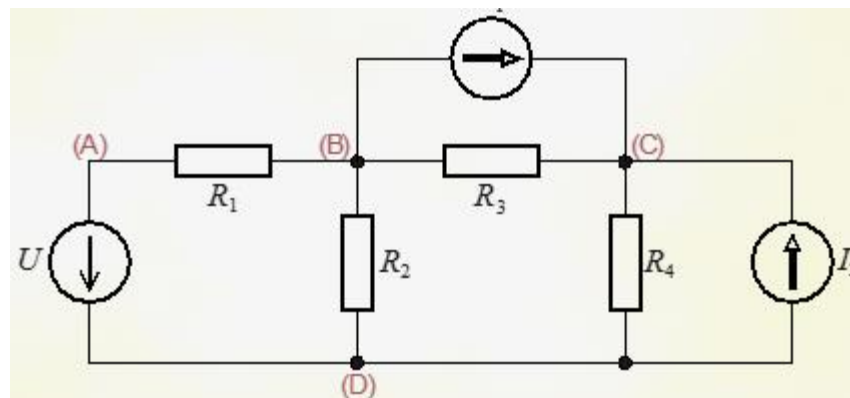
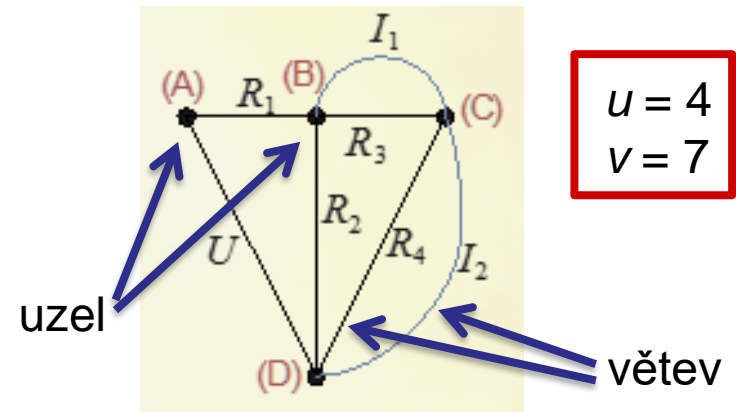


schéma obvodu



graf obvodu

Obvodové rovnice

- **Topologie elektrických obvodů**

- **planární graf**

- graf nakreslený v rovině bez křížení

- **referenční uzel**

- "vztažný" uzel,

- zpravidla spojení nejvíce obvodových prvků
 - často je určen konstrukcí obvodu

- **uzlová dvojice ... d**

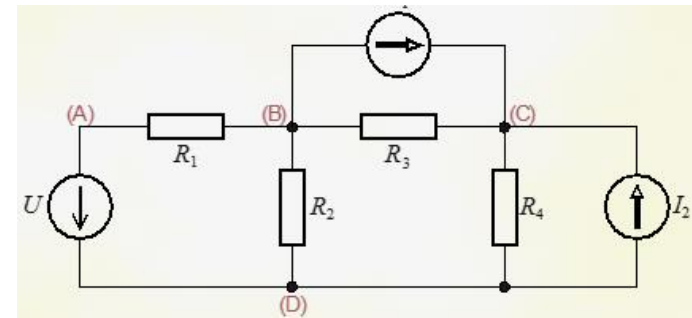
$$d = u - 1$$

- **smyčka**

- každá uzavřená dráha tvořená větvemi obvodu, která neprochází žádným uzlem dvakrát

- **jednoduchá smyčka**

- při oběhu v jednom směru odbočují větve pouze ven z plochy smyčky



Obvodové rovnice

- **Topologie elektrických obvodů**

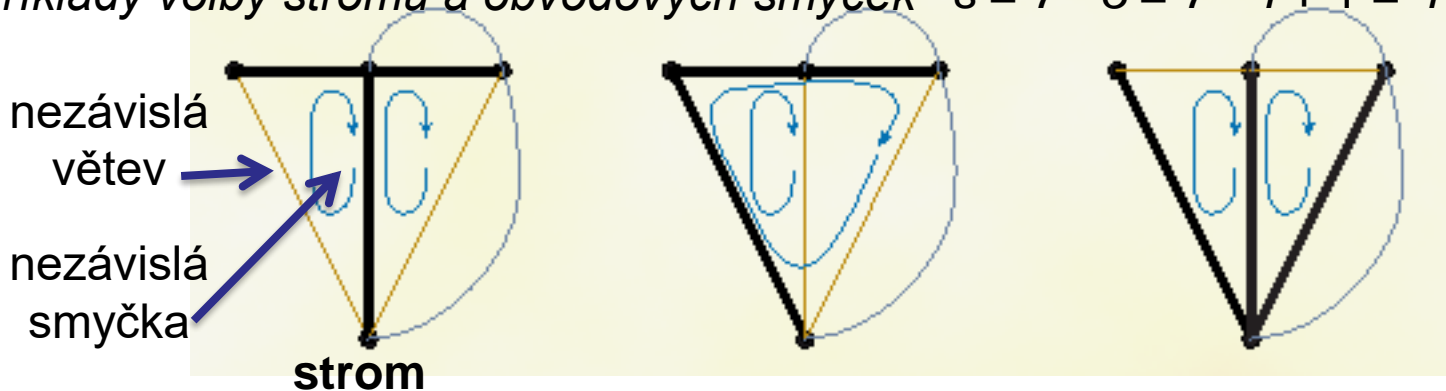
- **strom** je množina větví spojující všechny uzly obvodu nejmenším počtem čar

- **nezávislá větev** je větev nepatřící do stromu

- **nezávislá smyčka ... s**

vznikne, když nezávislou větev doplníme větvemi stromu (nezávislá větev patří pouze této smyčce); platí, že počet nezávislých smyček je roven počtu jednoduchých smyček (= počtu nezávislých větví) $s = v - d = v - u + 1$

Příklady volby stromů a obvodových smyček $s = 7 - 3 = 7 - 4 + 1 = 4$



Obvodové rovnice

- **Nezávislé obvodové rovnice**

- Aplikací Kirchhoffových zákonů na všechny smyčky (nebo všechny uzly) obvodu získáme soustavu rovnic, která je ***lineárně závislá***.
- Na základě I.KZ můžeme získat d lineárně nezávislých rovnic
- Na základě II.KZ můžeme získat s lineárně nezávislých rovnic
- Na základě obou KZ můžeme sestavit celkem $s + d = v$ lineárně nezávislých rovnic
- Rovnice lze sestavit na základě obvodové struktury, bez ohledu na charakter obvodových prvků

Obvodové rovnice

- Protože řešení \boxed{v} rovnic v jednom roku je náročné, rozdělujeme se do více kroků

| | $d < s$ | $d > s$ | |
|----|---------|---------|----------------------------|
| | I.KZ | II.KZ | |
| | MUN | MSP | |
| a) | $u(d)$ | $i(s)$ | minimum neznámých |
| b) | $u(v)$ | $i(v)$ | všechny obvodové veličiny |
| c) | $i(v)$ | $u(v)$ | charakteristiky obv. prvků |

- Výběr metody pro popis obvodu

$$X(\text{MUN}) = d - Z_u = u - 1 - Z_u$$

$$X(\text{MSP}) = s - Z_i = v - d - Z_i$$