



STEJNOSMĚRNÝ PROUD

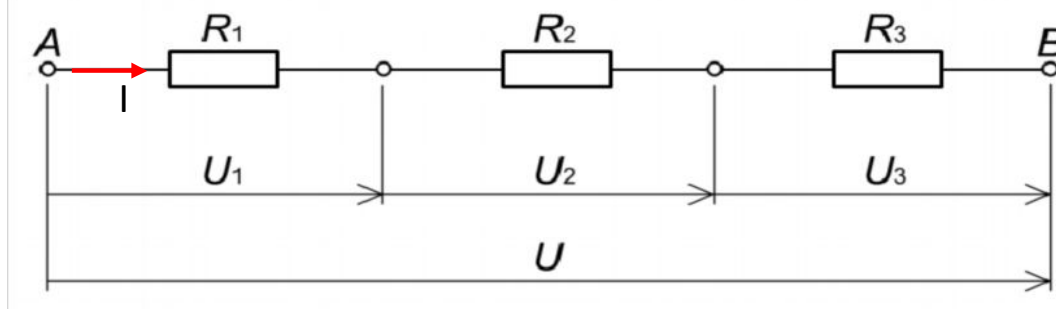
Spojování odporů

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY.



Spojování odporů

a) *Spojení odporů za sebou neboli v sérii:*



Odporů jako celek jsou připojeny na napětí U . Dle 1. KZ všemi těmito odpory protéká též proud I , takže úbytky napětí na jednotlivých odporech jsou $U_1 = R_1 I$, $U_2 = R_2 I$ a $U_3 = R_3 I$. Podle druhého Kirchhoffova zákona platí $U_1 + U_2 + U_3 = U$. Po dosazení $R_1 I + R_2 I + R_3 I = U$ z čehož $(R_1 + R_2 + R_3) I = U$. Tento vztah je Ohmův zákon pro dané spojení a výraz v závorce $R_1 + R_2 + R_3$, tj. součet odporů spojených za sebou, vyjadřuje výsledný odpor R daného spojení.

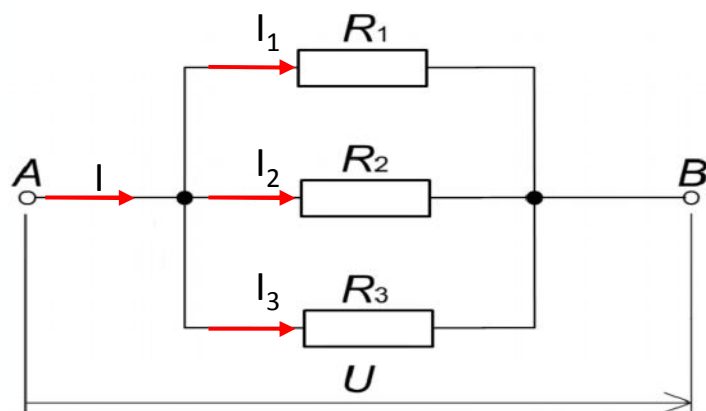
- 1) Celkový odpor R soustavy rezistorů spojených sériově se rovná součtu odporů jednotlivých rezistorů:

$$R = \sum_{k=1}^n R_k$$

- 2) Celkové napětí na soustavě rezistorů se rovná součtu napětí na jednotlivých rezistorech.
- 3) Celkový odpor je vždy větší než odpor libovolného zapojeného rezistoru.
- 4) Celkové napětí se rozdělí na jednotlivé rezistory v přímém poměru k jejich odporům:

$$U_1 : U_2 : U_3 : \dots : U_n = R_1 : R_2 : R_3 : \dots : R_n.$$

b) Spojení odporů vedle sebe neboli paralelně:



Takto spojené odpory mají společné napětí U .
 Vzniklými paralelními větvemi prochází proudy

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Do uzlu přichází proud I a odcházejí proudy I_1 , I_2 a I_3 .

Platí: $I = I_1 + I_2 + I_3$, po dosazení:

$$\frac{U}{R} = \left(\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \right) = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

a po úpravě:
$$\frac{1}{R} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

- 1) Převrácená hodnota výsledného odporu paralelně spojených rezistorů se rovná součtu převrácených hodnot odporů jednotlivých rezistorů:

$$\frac{1}{R} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} = 0$$

- 2) Proudové ve větvích se rozdělí v obráceném poměru k jejich odporům:

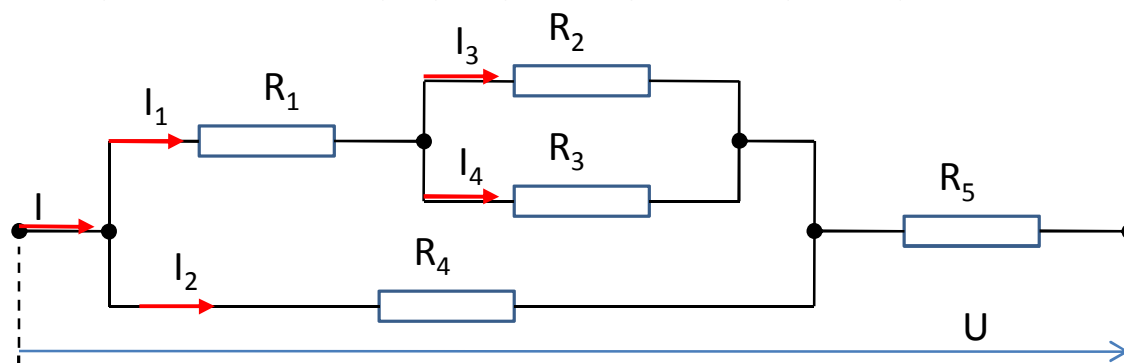
$$I_1 : I_2 : I_3 : \dots : I_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}.$$

- 3) Výsledný odpor je vždy menší než odpor kteréhokoliv rezistoru.
- 4) Výsledný odpor R paralelně zapojených rezistorů se stejným odporem R_1 je n -tým dílem jednoho z nich, tedy $R = \frac{R_1}{n}$.

c) Řešení kombinovaného spojení tj. sériově paralelního spojení

Složitější obvody, které se skládají z jednoho zdroje a z odporů řazených různě do série i paralelně, řešíme tak, že si dané spojení nejdříve postupně převedeme na zjednodušené rovnocenné spojení sériové, a z něho určíme výsledný proud dodávaný zdrojem do obvodu. Zpětným postupem, tj. postupným převáděním zjednodušeného spojení na původní, určíme pak i proudy v jednotlivých větvích.

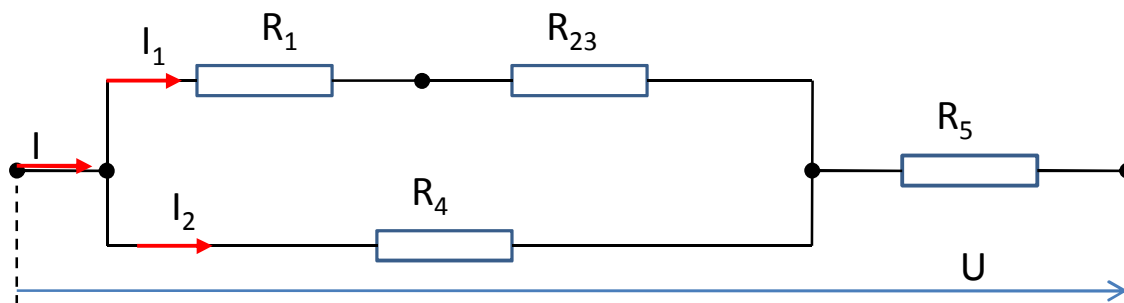
Příklad: Pět odporů $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 15\Omega$, $R_4 = 36\Omega$, $R_5 = 4\Omega$ je spojeno navzájem dle schématu. Na svorky tohoto obvodu přivedeme napětí $U = 120V$. Určete výsledný proud I , proudy v jednotlivých větvích a úbytky napětí na jednotlivých odporech.



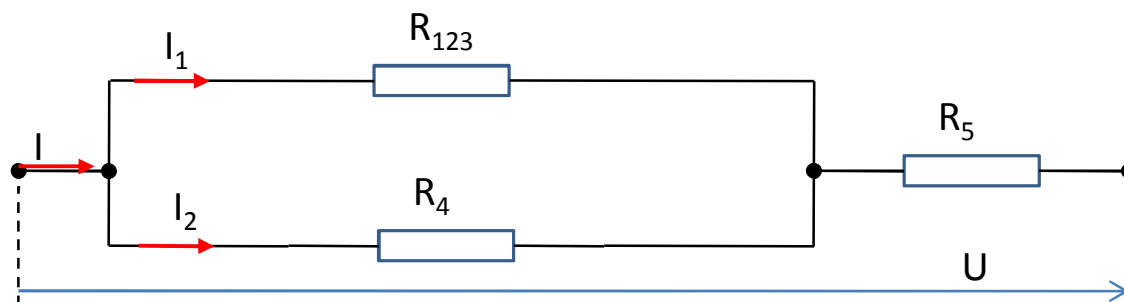
1. Stanovíme výsledný odpor R_{23} paralelně spojených rezistorů R_2 a R_3 a nakreslíme nové jednodušší schéma:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3} \Rightarrow$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6\Omega$$



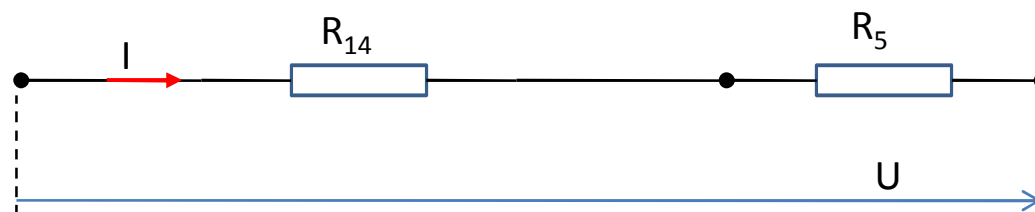
2. Rezistory R_1 a R_{23} jsou v sérii, jejich výsledný odpor je: $R_{123} = R_1 + R_{23} = 12 + 6 = 18\Omega$



3. Stanovíme výsledný odpor R_{14} paralelního spojení rezistorů R_{123} a R_4 , nakreslíme poslední zjednodušení obvodu a určíme výsledný odpor R získaného sériového spojení:

$$\frac{1}{R_{14}} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} = \frac{R_{123} + R_4}{R_{123} R_4} \Rightarrow$$

$$R_{14} = \frac{R_{123} R_4}{R_{123} + R_4} = \frac{18 \cdot 36}{18 + 36} = 12 \Omega$$

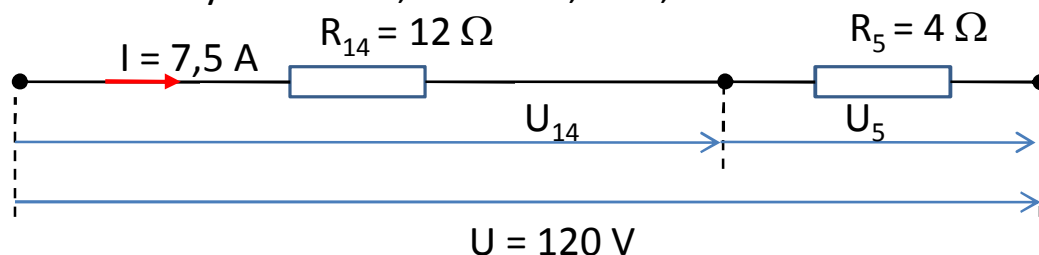


$$R = R_{14} + R_5 = 12 + 4 = 16\Omega$$

4. Vypočteme celkový proud I obvodu v sloučeném zapojení: $I = \frac{U}{R} = \frac{120}{16} = 7,5 A$

5. Nyní budeme počítat úbytky napětí a proudy jednotlivých rezistorů tak, že se budeme vracet v zapojení od kroku 4 k základnímu spojení rezistorů.

Známe tedy: $U = 120 \text{ V}$, $R = 16 \Omega$, $I = 7,5 \text{ A}$.

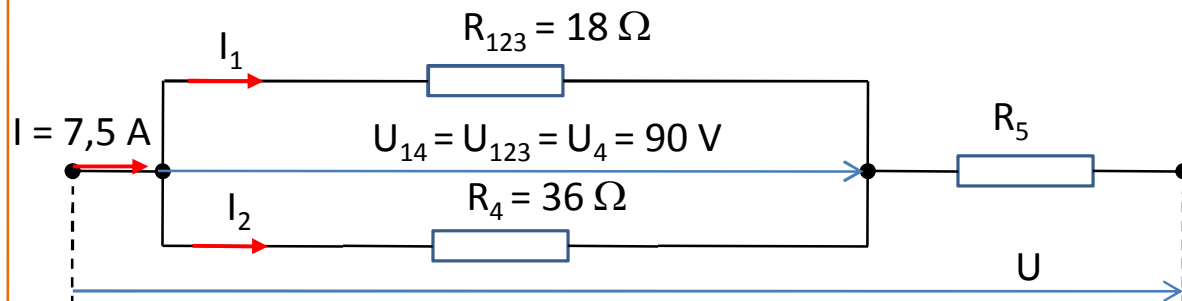


$$U_{14} = I \cdot R_{14} = 7,5 \cdot 12 = 90 \text{ V}$$

$$U_5 = I \cdot R_5 = 7,5 \cdot 4 = 30 \text{ V}$$

$$\text{kontrola } U = U_{14} + U_5 = 90 + 30 = 120 \text{ V}$$

Pak můžeme kreslit:

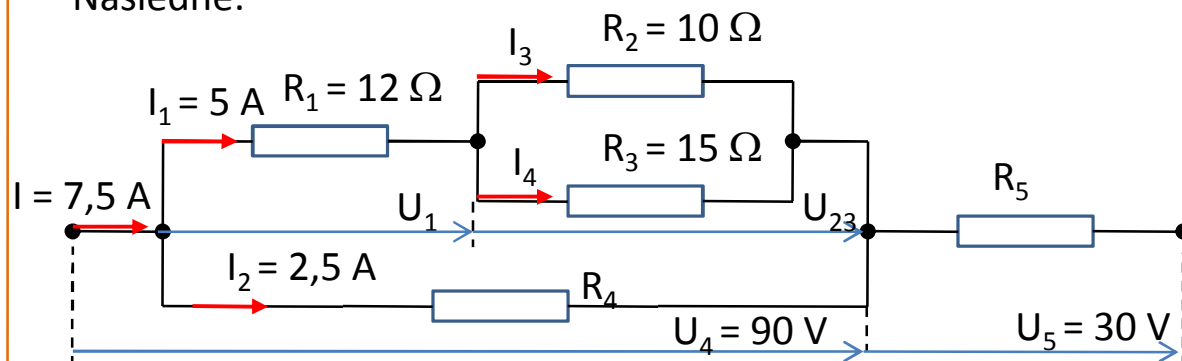


$$I_1 = U_{123} / R_{123} = 90 / 18 = 5 \text{ A}$$

$$I_2 = U_4 / R_4 = 90 / 36 = 2,5 \text{ A}$$

$$\text{kontrola } I = I_1 + I_2 = 5 + 2,5 = 7,5 \text{ A}$$

Následně:



$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 5 \cdot 12 = 60 \text{ V}$$

$$U_2 = U_3 = U_4 - U_1 = 90 - 60 = 30 \text{ V}$$

$$I_3 = U_2 / R_2 = 30 / 10 = 3 \text{ A}$$

$$I_4 = U_3 / R_3 = 30 / 15 = 2 \text{ A}$$

$$\text{kontrola } I_1 = I_4 + I_3 = 3 + 2 = 5 \text{ A}$$

Tím jsme určili všechny parametry obvodu.

S použitím:

- L. Javorský, A. Bobek, R. Musil. *Základy elektrotechniky*. 5. upravené vydání. Praha 1970: SNTL. od str. 73.
- L. Voženílek. *Kurs elektrotechniky. 2. přepracované vydání*. Praha 1988: SNTL. od str. 53.
- Kolektiv AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY. *DVD Elektřina a magnetismus*. 2007.

vypracoval: Ing. Milan Maťátko
