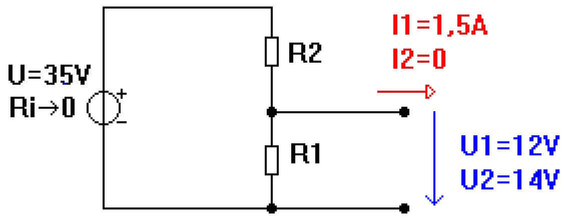
ELEKTROTECHNICKÝ TAHÁK - 2
STEJNOSMĚRNÝ PROUD

PŘÍKLAD NÁVRHU ZATÍŽENÉHO ODPOROVÉHO DĚLIČE

Zadání:
Navrhněte odporový dělič pro napájení 12 V spotřebičů s maximálním proudovým odběrem 1,5 A. Dělič je napájen ze zdroje 35 V se zanedbatelným vnitřním odporem. Výstupní napětí nezatíženého děliče nesmí překročit 14 V.

Postup řešení:
1) Nakreslíme schéma obvodu a popíšeme základní prvky, jejich hodnoty, napětí a proudy v obvodu.



2) Popíšeme obvod pomocí 2. Kirchhoffova zákona pro zatížený stav, kdy je na výstupu děliče napětí 12 V a odebíraný proud dosahuje maximální povolené hodnoty 1,5 A.

$$U = U_1 + R_2 \cdot I_1 + R_2 \cdot \frac{U_1}{R_1} \qquad (1)$$

kde výraz $R_2 \cdot I_1 + R_2 \cdot \frac{U_1}{R_1}$ vyjadřuje úbytek napětí na odporu R_2,

vyvolaný průchodem výstupního proudu I_1 $(R_2 \cdot I_1)$

a svodovým proudem odporu R_1 $(R_2 \cdot \frac{U_1}{R_1})$.

3) Totéž uděláme pro stav bez zatížení, kdy je odebíraný proud roven nule a napětí na výstupu děliče dosahuje maximální přípustné hodnoty 14 V.

$$U = U_2 + R_2 \cdot \frac{U_2}{R_1} \qquad (2)$$

4) Vztahy (1) a (2) tvoří soustavu dvou lineárních rovnic o dvou neznámých, kterou lze řešit obecně známými matematickými metodami (součtová, dosazovací, determinanty).

Dále uvedené řešení využívá výpočet pomocí determinantů, který je obvykle rychlejší než např. dosazovací metoda.
Jednotlivé rovnice soustavy upravíme

$$U = U_1 + R_2 \cdot I_1 + R_2 \cdot \frac{U_1}{R_1} \qquad / \ :U_1 \tag{1}$$

$$U = U_2 + R_2 \cdot \frac{U_2}{R_1} \qquad / \ :U_2 \tag{2}$$

---

po úpravě

$$\frac{U}{U_1} = 1 + R_2 \cdot \frac{I_1}{U_1} + \frac{R_2}{R_1} \tag{3}$$

$$\frac{U}{U_2} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{4}$$

---

rovnici (4) odečteme od rovnice (3)

$$\frac{U}{U_1} - \frac{U}{U_2} = R_2 \cdot \frac{I_1}{U_1}$$

a upravíme

$$R_2 \cdot \frac{I_1}{U_1} = U \cdot \left(\frac{1}{U_1} - \frac{1}{U_2} \right) \tag{5}$$

rovnici (2) upravíme

$$U = U_2 + R_2 \cdot \frac{U_2}{R_1} \qquad / \ .R_1$$

na tvar

$$R_1 \cdot U = R_1 \cdot U_2 + R_2 \cdot U_2$$

a dále

$$-R_1 \cdot (U - U_2) + R_2 \cdot U_2 = 0 \tag{6}$$

---

z upravených rovnic (5) a (6) vytvoříme novou soustavu

$$R_2 \cdot \frac{I_1}{U_1} = U \cdot \left(\frac{1}{U_1} - \frac{1}{U_2} \right) \tag{5}$$

$$-R_1 \cdot (U - U_2) + R_2 \cdot U_2 = 0 \tag{6}$$

---

připravíme pro řešení

$$\begin{vmatrix} 0 & \dfrac{I_1}{U_1} \\ -(U-U_2) & U_2 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} U\cdot\left(\dfrac{1}{U_1}-\dfrac{1}{U_2}\right) \\ 0 \end{vmatrix}$$

determinant soustavy

$$D_S = \begin{vmatrix} 0 & \dfrac{I_1}{U_1} \\ -(U-U_2) & U_2 \end{vmatrix} \tag{7}$$

determinant k R_1

$$D_{R1} = \begin{vmatrix} U\cdot\left(\dfrac{1}{U_1}-\dfrac{1}{U_2}\right) & \dfrac{I_1}{U_1} \\ 0 & U_2 \end{vmatrix} \tag{8}$$

determinant k R_2

$$D_{R2} = \begin{vmatrix} 0 & U\cdot\left(\dfrac{1}{U_1}-\dfrac{1}{U_2}\right) \\ -(U-U_2) & 0 \end{vmatrix} \tag{9}$$

potom

$$R_1 = \frac{D_{R1}}{D_S} = \frac{\begin{vmatrix} U\cdot\left(\dfrac{1}{U_1}-\dfrac{1}{U_2}\right) & \dfrac{I_1}{U_1} \\ 0 & U_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & \dfrac{I_1}{U_1} \\ -(U-U_2) & U_2 \end{vmatrix}} \tag{10}$$

$$R_2 = \frac{D_{R2}}{D_S} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & U\cdot\left(\dfrac{1}{U_1}-\dfrac{1}{U_2}\right) \\ -(U-U_2) & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & \dfrac{I_1}{U_1} \\ -(U-U_2) & U_2 \end{vmatrix}} \tag{11}$$

numericky

$$R_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0{,}41\overline{6} & 0{,}125 \\ 0 & 14 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 0{,}125 \\ -21 & 14 \end{vmatrix}} = 2{,}22\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 0{,}41\overline{6} \\ -21 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & 0{,}125 \\ -21 & 14 \end{vmatrix}} = 3{,}33\ \Omega$$

Poznámka:

Při úpravách rovnic můžeme použít i jiný postup, např. rovnici (6)

$$-R_1 \cdot (U - U_2) + R_2 \cdot U_2 = 0$$

můžeme upravit na tvar

$$R_1 \cdot (U_2 - U) + R_2 \cdot U_2 = 0 \qquad (6a)$$

aniž by výsledné řešení doznalo jakýchkoliv změn. Lze však použít i tvar

$$R_1 \cdot (U - U_2) - R_2 \cdot U_2 = 0 \qquad (6b)$$

při tomto řešení vyjdou některé determinanty záporné, protože po formální stránce došlo k vynásobení jednoho řádku determinantu (-1). Stejné důsledky má sestavení soustavy rovnic v obráceném pořadí, např.

$$R_1 \cdot (U_2 - U) + R_2 \cdot U_2 = 0 \qquad (6a)$$

$$R_2 \cdot \frac{I_1}{U_1} = U \cdot \left(\frac{1}{U_1} - \frac{1}{U_2} \right) \qquad (5)$$

při němž dochází k záměně řádků determinantu a po jejich vyčíslení dostáváme

$$D_S = -2{,}625$$
$$D_{R1} = -5{,}8333324$$
$$D_{R2} = -8{,}7499986$$

stejné výsledky dostaneme, použijeme-li v původním uspořádání rovnici (6b). Konečné numerické hodnoty jsou ale ve všech případech stejné.