

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií

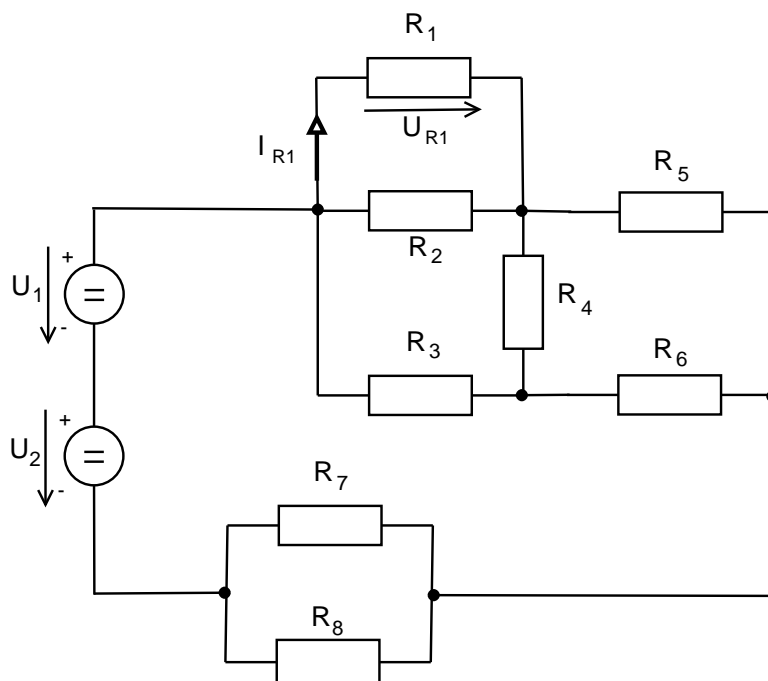
ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

2017/2018

SEMESTRÁLNÍ PROJEKT

1. příklad

Postup: Obvod postupně zjednodušujeme a zpětně dopočítáváme hodnoty veličin pomocí Ohmova zákona a Kirchhoffových zákonů.

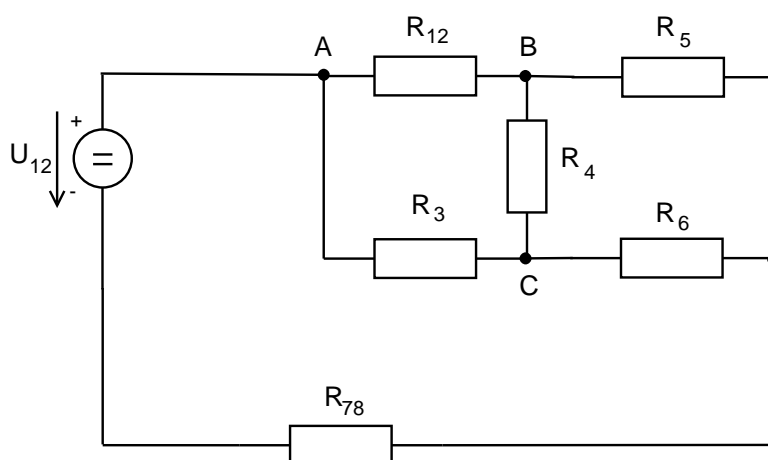


Obrázek 1: schéma obvodu

$$U_{12} = U_1 + U_2 = 115 + 55 = 170 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{485 \cdot 660}{485 + 660} = 279.5633 \text{ } \Omega$$

$$R_{78} = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8} = \frac{255 \cdot 225}{255 + 225} = 119.5312 \text{ } \Omega$$

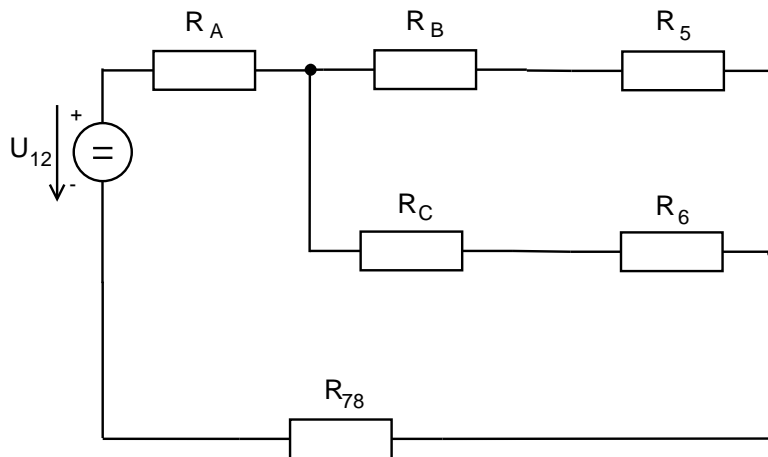


Obrázek 2: schéma obvodu

$$R_A = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{279.5633 \cdot 100}{279.5633 + 100 + 340} = \frac{27956.3300}{719.5633} = 38.8518 \, \Omega$$

$$R_B = \frac{R_{12} \cdot R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{279.5633 \cdot 340}{279.5633 + 100 + 340} = \frac{95051.5220}{719.5633} = 132.0961 \, \Omega$$

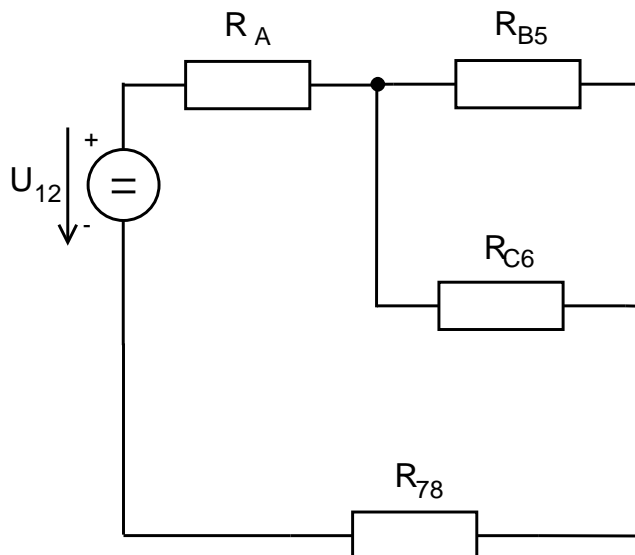
$$R_C = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{100 \cdot 340}{279.5633 + 100 + 340} = \frac{34000}{719.5633} = 47.2508 \, \Omega$$



Obrázek 3: schéma obvodu

$$R_{B5} = R_B + R_5 = 132.0961 + 575 = 707,0961 \, \Omega$$

$$R_{C6} = R_C + R_6 = 47.2508 + 815 = 862,2508 \, \Omega$$



Obrázek 4: schéma obvodu

$$R_{B5C6} = \frac{R_{B5} \cdot R_{C6}}{R_{B5} + R_{C6}} = \frac{707.0961 \cdot 862.2508}{707.0961 + 862.2508} = \frac{609694.1779}{1569.3469} = 388.5018 \, \Omega$$

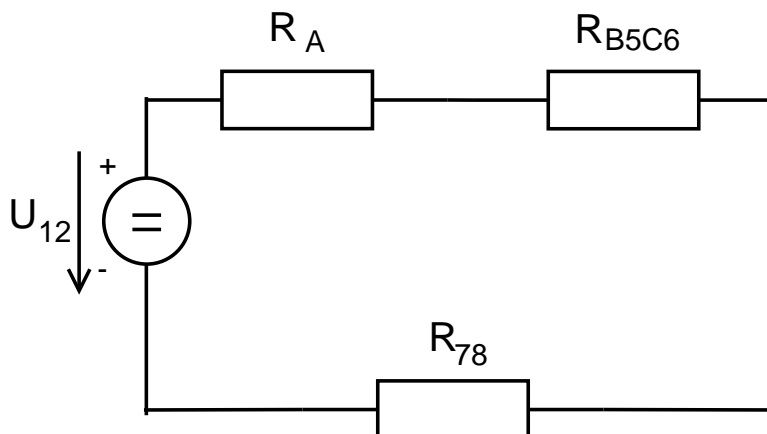
$$R_{EKV} = R_A + R_{B5C6} + R_{78} = 38.8518 + 388.5018 + 119.5312 = 546.8848 \, \Omega$$

$$I = \frac{U_{12}}{R_{EKV}} = \frac{170}{546.8848} = 0.3108 \, \text{A}$$

$$U_{R_A} = R_A \cdot I = 38.8518 \cdot 0.3108 = 12.0751 \, \text{V}$$

$$U_{R_{B5C6}} = R_{B5C6} \cdot I = 388.5018 \cdot 0.3108 = 120.7463 \, \text{V}$$

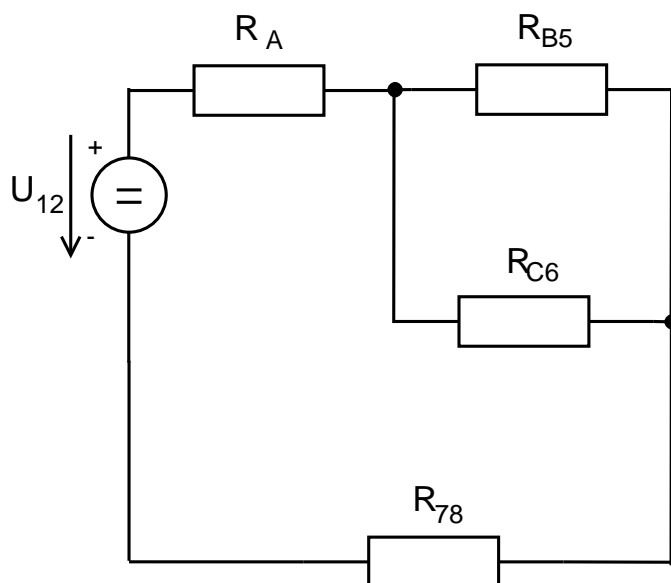
$$U_{R_{78}} = R_{78} \cdot I = 119.5312 \cdot 0.3108 = 37.1502 \, \text{V}$$



Obrázek 5: schéma obvodu

$$I_{R_{B5}} = \frac{U_{R_{B5C6}}}{R_{B5}} = \frac{120.7463}{707.0961} = 0.1707 \, \text{A}$$

$$I_{R_{C6}} = \frac{U_{R_{B5C6}}}{R_{C6}} = \frac{120.7463}{862.2508} = 0.1400 \, \text{A}$$



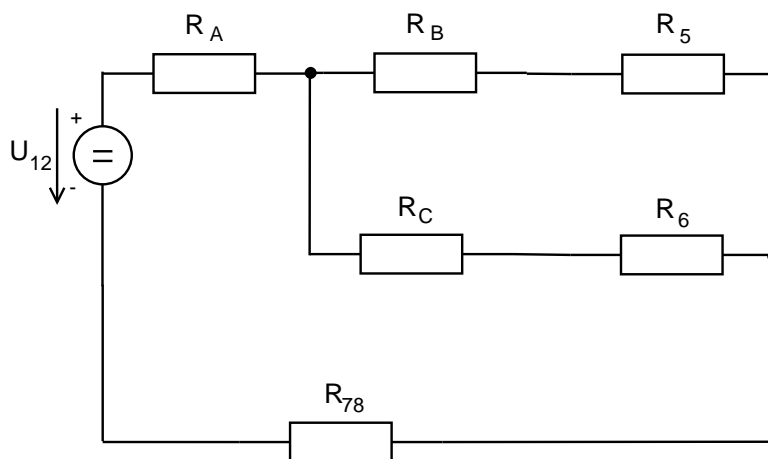
Obrázek 6: schéma obvodu

$$U_{R_B} = R_B \cdot I_{R_{B5}} = 132.0961 \cdot 0.1707 = 22.5488 \text{ V}$$

$$U_{R_5} = R_5 \cdot I_{R_{B5}} = 575 \cdot 0.1707 = 98.1525 \text{ V}$$

$$U_{R_C} = R_C \cdot I_{R_{C6}} = 47.2508 \cdot 0.1400 = 6.6151 \text{ V}$$

$$U_{R_6} = R_6 \cdot I_{R_{C6}} = 815 \cdot 0.1400 = 114.1000 \text{ V}$$



Obrázek 7: schéma obvodu

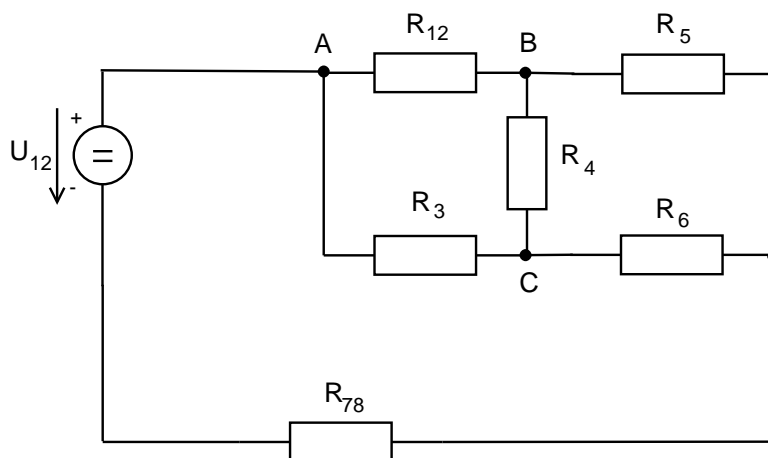
$$U_{R_4} + U_{R_5} - U_{R_6} = 0$$

$$U_{R_4} = U_{R_6} - U_{R_5} = 114,1000 - 98,1525 = 15,9475 \text{ V}$$

$$I_{R_4} = \frac{U_{R_4}}{R_4} = \frac{15,9475}{340} = 0.0469 \text{ A}$$

$$I_{R_3} = I_{R_4} + I_{R_{C6}} = 0.0469 + 0.1400 = 0.1869 \text{ A}$$

$$U_{R_3} = R_3 \cdot I_3 = 100 \cdot 0.1869 = 18.6900 \text{ V}$$



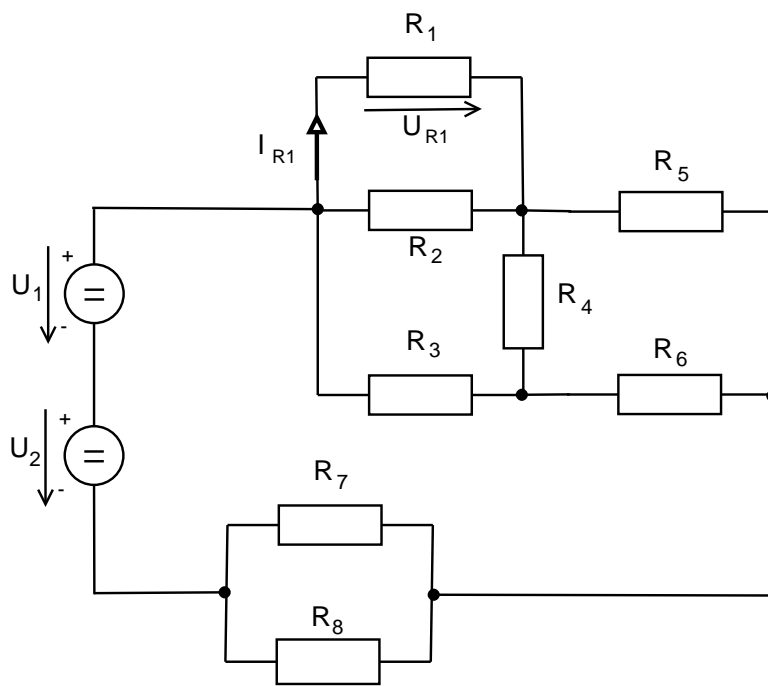
Obrázek 8: schéma obvodu

$$U_{R_{12}} - U_{R_4} - U_{R_3} = 0$$

$$U_{R_{12}} = U_{R_4} + U_{R_3}$$

$$U_{R_{12}} = U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_4} + U_{R_3} = 15.9475 + 18.6900 = \underline{\underline{34.6375}} \text{ V}$$

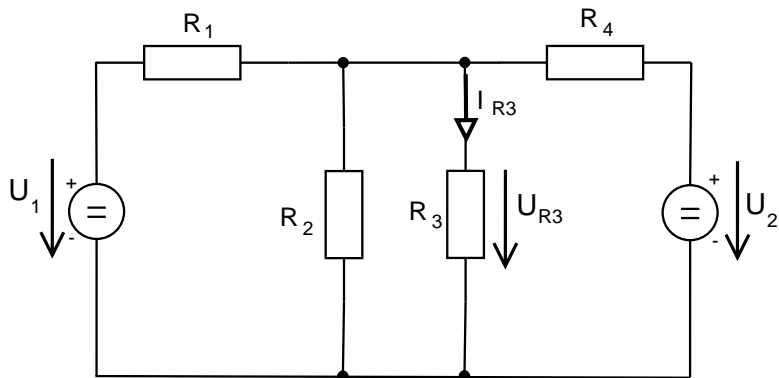
$$I_{R_1} = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{34.6375}{485} = \underline{\underline{0.0714}} \text{ A}$$



Obrázek 9: schéma obvodu

2. příklad

Postup: Obvod zjednodušíme. Prvek, který chceme analyzovat odstraníme ze svorek a spočítáme proud a napětí v obvodu. Poté nahradíme zdroj vnitřní impedancí a spočítáme odpor na svorkách. Odpor a napětí mezi svorkami bude tvořit nový obvod, do kterého vrátíme předtím odebraný prvek.

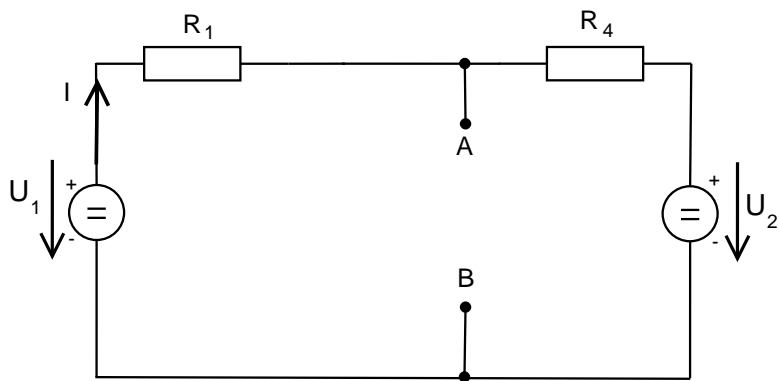


Obrázek 10: schéma obvodu

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{205 \cdot 580}{205 + 580} = \frac{118900}{785} = 151.4649 \, \Omega$$

$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_4} = \frac{220 - 190}{360 + 560} = 0.0326 \, \text{A}$$

$$U_{R_1} = R_1 \cdot I = 360 \cdot 0.0326 = 11.7360 \, \text{V}$$

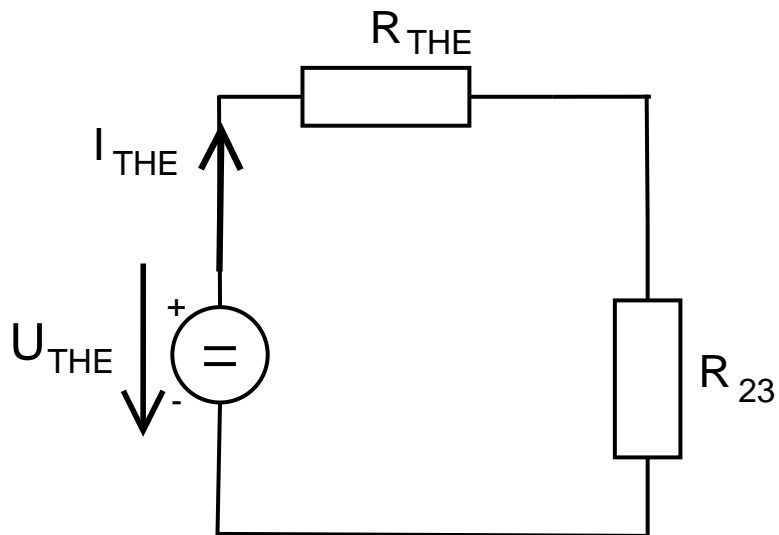


Obrázek 11: schéma obvodu

$$U_{THE} = U_1 - U_{R_1} = 220 - 11.7360 = 208.2640 \text{ V}$$

$$R_{THE} = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} = \frac{360 \cdot 560}{360 + 560} = 219.1304 \text{ } \Omega$$

$$I_{THE} = \frac{U_{THE}}{R_{THE} + R_{23}} = \frac{208.2640}{219.1304 + 151.4649} = 0.5619 \text{ A}$$



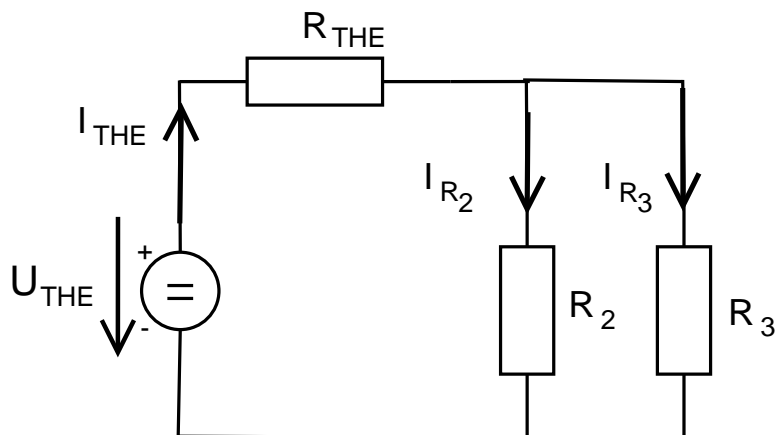
Obrázek 12: schéma obvodu

$$U_{R_2} - U_{R_3} = 0$$

$$U_{R_2} = U_{R_3} = U_{R_{23}}$$

$$U_{R_{23}} = I_{THE} \cdot R_{23} = 0.5619 \cdot 151.4649 = \underline{\underline{85.1081 \text{ V}}}$$

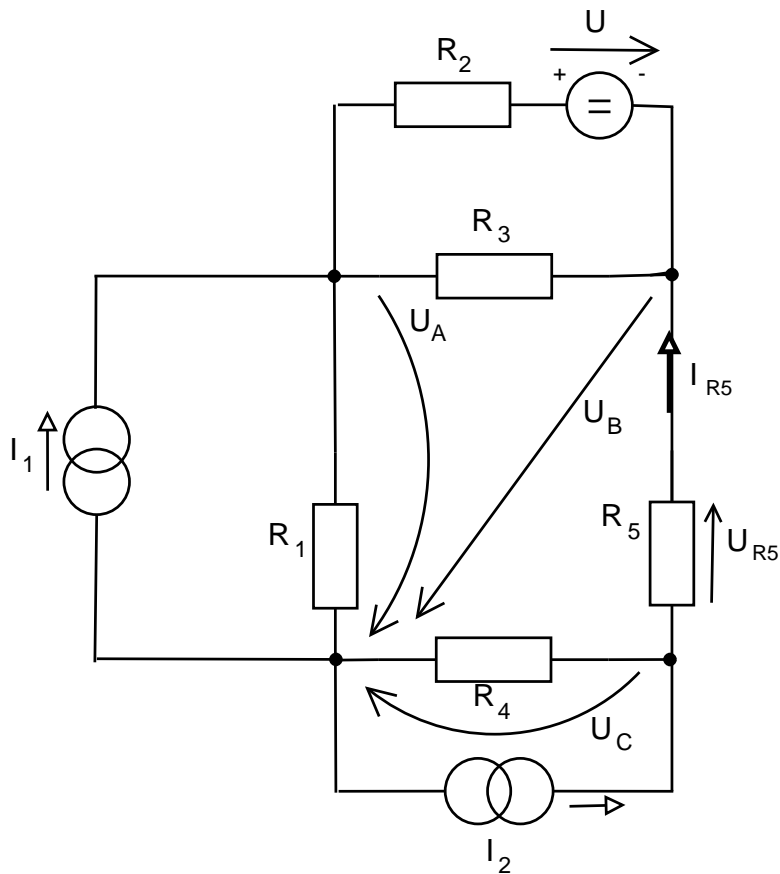
$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{85.1081}{205} = \underline{\underline{0.4151 \text{ A}}}$$



Obrázek 13: schéma obvodu

3. příklad

Postup: Zdroje napětí převedeme na zdroje proudu. Odpory přepočteme na vodivost. Zvolíme referenční uzel a zakreslíme nezávislé uzly vzhledem k referenčnímu. Sestaví rovnice pro proudy v uzlech podle Kirchhoffova zákona a vypočítáme neznáme veličiny.



Obrázek 14: schéma obvodu

$$I_{R_3} = \frac{U}{R_2} = \frac{120}{49} = 2.4489 \text{ A}$$

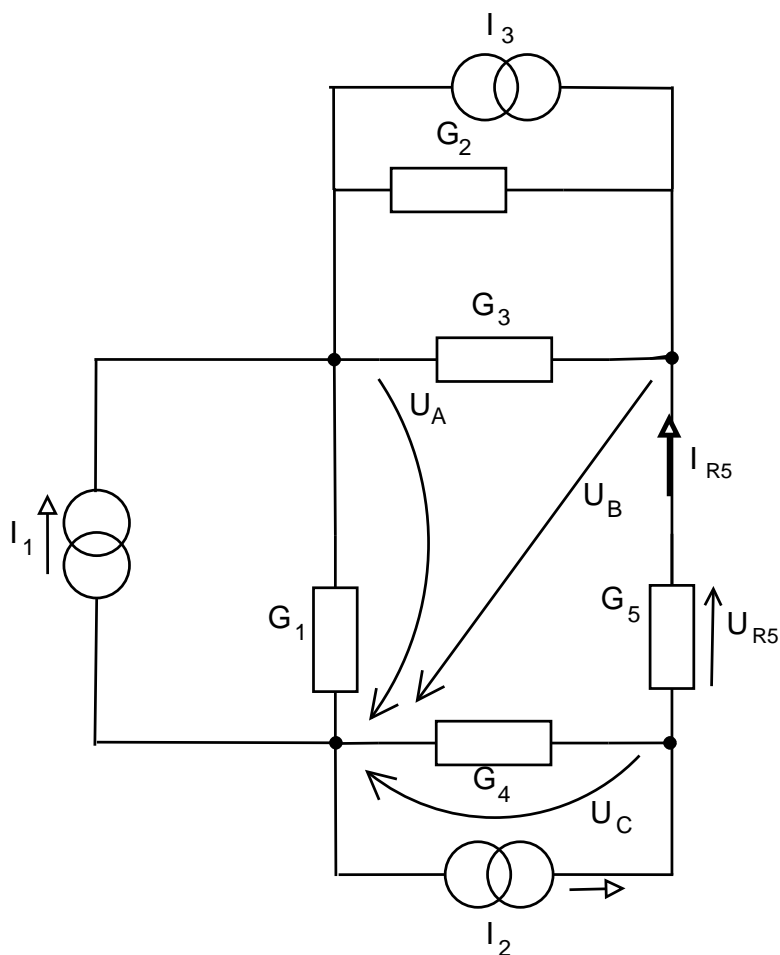
$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{53} = 0.0188 \text{ S}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{49} = 0.0204 \text{ S}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{65} = 0.0153 \text{ S}$$

$$G_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{39} = 0.0256 \text{ S}$$

$$G_5 = \frac{1}{R_5} = \frac{1}{32} = 0.0312 \text{ S}$$



Obrázek 15: schéma obvodu

Podle Kirchoffova zákona vytvoříme rovnice proudů v jednotlivých uzlech:

$$\begin{aligned}
 U_A \cdot (G_1 + G_2 + G_3) + U_B \cdot (-G_2 - G_3) &= I_1 + I_3 \\
 U_A \cdot (-G_2 - G_3) + U_B \cdot (G_2 + G_3 + G_5) - U_C \cdot (-G_5) &= -I_3 \\
 U_B \cdot (-G_5) + U_C \cdot (G_4 + G_5) &= I_2
 \end{aligned}$$

Z těchto rovnic sestavíme matici:

$$\begin{pmatrix}
 U_A & U_A & U_B & U_C \\
 U_A & G_1 + G_2 + G_3 & -G_2 - G_3 & 0 \\
 U_B & -G_2 - G_3 & G_2 + G_3 + G_5 & -G_5 \\
 U_C & 0 & -G_5 & G_4 + G_5
 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix}
 I_1 + I_3 \\
 -I_3 \\
 I_2
 \end{pmatrix}.$$

Vypočteme determinant matice:

$$\begin{aligned}
 \det M &= \begin{vmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_2 - G_3 & 0 \\ -G_2 - G_3 & G_2 + G_3 + G_5 & -G_5 \\ 0 & -G_5 & G_4 + G_5 \end{vmatrix} = . \\
 &= \begin{vmatrix} 0.0188 + 0.0204 + 0.0153 & -0.0204 - 0.0153 & 0 \\ -0.0204 - 0.0153 & 0.0204 + 0.0153 + 0.0312 & -0.0312 \\ 0 & -0.0312 & 0.0256 + 0.0312 \end{vmatrix} = . \\
 &= \begin{vmatrix} 0.0545 & -0.0357 & 0 \\ -0.0357 & 0.0669 & -0.0312 \\ 0 & -0.0312 & 0.0568 \end{vmatrix} = \\
 &= 0.0545 \cdot 0.0669 \cdot 0.0568 + (-0.0357) \cdot (-0.0312) \cdot 0 + 0 \cdot (-0.0357) \cdot (-0.0312) - \\
 &0 \cdot 0.0669 \cdot 0 - (-0.0312) \cdot (-0.0312) \cdot 0.0545 - 0.0568 \cdot (-0.0357) \cdot (-0.0357) = 0.000081652128
 \end{aligned}$$

Použijeme Cramerovo pravidlo pro výpočet U_B a U_C , které potřebujeme pro výpočet U_{R_5} a I_{R_5} . Postupujeme tak, že pro napětí U_B nahradíme daný sloupec v matici za $\begin{pmatrix} I_1 + I_3 \\ -I_3 \\ I_2 \end{pmatrix}$ a Sarrusovým pravidlem spočítáme determinant. Výsledek podělíme $\det M$ a dostaneme U_B . Stejně postupujeme i pro U_C .

$$\begin{aligned}
 U_B &= \frac{\begin{vmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & I_1 + I_3 & 0 \\ -G_2 - G_3 & -I_3 & -G_5 \\ 0 & I_2 & G_4 + G_5 \end{vmatrix}}{\det M} = \frac{\begin{vmatrix} 0.0545 & 3.3489 & 0 \\ -0.0357 & -2.4489 & -0.0312 \\ 0 & 0.7 & 0.0568 \end{vmatrix}}{0.000081652128} = \\
 &= \frac{0.0545 \cdot (-2.4489) \cdot 0.0568 - 0.7 \cdot (-0.0312) \cdot 0.0545 - 0.0568 \cdot (-0.0357) \cdot 3.3489}{0.000081652128} = \\
 &= \frac{0.000400230624}{0.000081652128} = 4.9016 \text{ V} \\
 U_C &= \frac{\begin{vmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_2 - G_3 & I_1 + I_3 \\ -G_2 - G_3 & G_2 + G_3 + G_5 & -I_3 \\ 0 & -G_5 & I_2 \end{vmatrix}}{\det M} = \frac{\begin{vmatrix} 0.0545 & -0.0357 & 3.3489 \\ -0.0357 & 0.0669 & -2.4489 \\ 0 & -0.0312 & 0.7 \end{vmatrix}}{0.000081652128} = \\
 &= \frac{0.0545 \cdot 0.0669 \cdot 0.7 + 3.3489 \cdot (-0.0357) \cdot (-0.0312) - (-0.0312) \cdot (-2.4489) \cdot (0.0545)}{0.000081652128} = \\
 &= \frac{0.7 \cdot (-0.0357) \cdot (-0.0357)}{0.000081652128} = \frac{0.001226121216}{0.000081652128} = 15.0164 \text{ V} \\
 |U_{R_5}| &= |U_B - U_C| = |15.0164 - 4.9016| = \underline{\underline{10.1148 \text{ V}}} \\
 I_{R_5} &= \frac{U_{R_5}}{R_5} = \frac{10.1148}{32} = \underline{\underline{0.3160 \text{ A}}}
 \end{aligned}$$

Tabulka hodnot

1	E	$U_1 = 115 \text{ V}$	$U_2 = 55 \text{ V}$	$R_1 = 485 \text{ } \Omega$	$R_2 = 660 \text{ } \Omega$	$R_3 = 100 \text{ } \Omega$	$R_4 = 340 \text{ } \Omega$
		$R_5 = 575 \text{ } \Omega$	$R_6 = 815 \text{ } \Omega$	$R_7 = 255 \text{ } \Omega$	$R_8 = 225 \text{ } \Omega$		
Výsledek		$I_{R_1} = 0.0714 \text{ A}$	$U_{R_1} = 34.6375 \text{ V}$				
2	H	$U_1 = 220 \text{ V}$	$U_2 = 190 \text{ V}$	$R_1 = 360 \text{ } \Omega$	$R_2 = 580 \text{ } \Omega$	$R_3 = 205 \text{ } \Omega$	$R_4 = 560 \text{ } \Omega$
Výsledek		$I_{R_3} = 0.4151 \text{ A}$	$U_{R_3} = 85.1081 \text{ V}$				
3	A	$U = 120 \text{ V}$	$I_1 = 0.9 \text{ A}$	$I_2 = 0.7 \text{ A}$	$R_1 = 53 \text{ } \Omega$	$R_2 = 49 \text{ } \Omega$	$R_3 = 65 \text{ } \Omega$
		$R_4 = 39 \text{ } \Omega$	$R_5 = 32 \text{ } \Omega$				
Výsledek		$I_{R_5} = 0.3160 \text{ A}$	$U_{R_5} = 10.1148 \text{ V}$				