

IEL
Semestrální projekt

Petr Křehlík
xkrehl04

10.12.2017

1 (2 body)

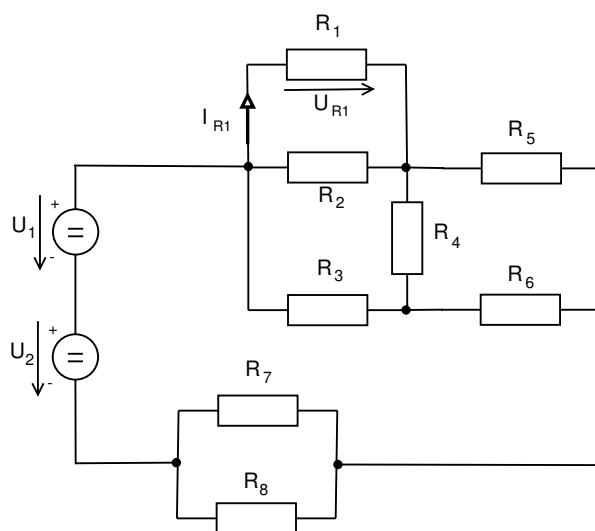
Stanovte napětí U_{R1} a proud I_{R1} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.

Zadání E

$$U_1 = 115V \quad U_2 = 55V$$

$$R_1 = 485\Omega \quad R_2 = 660\Omega \quad R_3 = 100\Omega \quad R_4 = 340\Omega$$

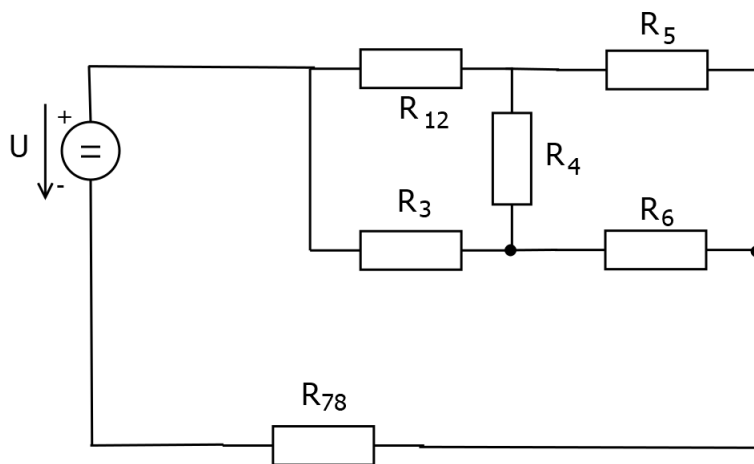
$$R_5 = 575\Omega \quad R_6 = 815\Omega \quad R_7 = 255\Omega \quad R_8 = 225\Omega$$



$$R_{12} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{485 * 660}{485 + 660} = 279.5633\Omega \text{ ;paralelní zapojení}$$

$$U = U_1 + U_2 = 115 + 55 = 170V \text{ ;sériové zapojení}$$

$$R_{78} = \frac{R_7 * R_8}{R_7 + R_8} = \frac{255 * 225}{255 + 225} = 119.5313\Omega \text{ ;paralelní zapojení}$$

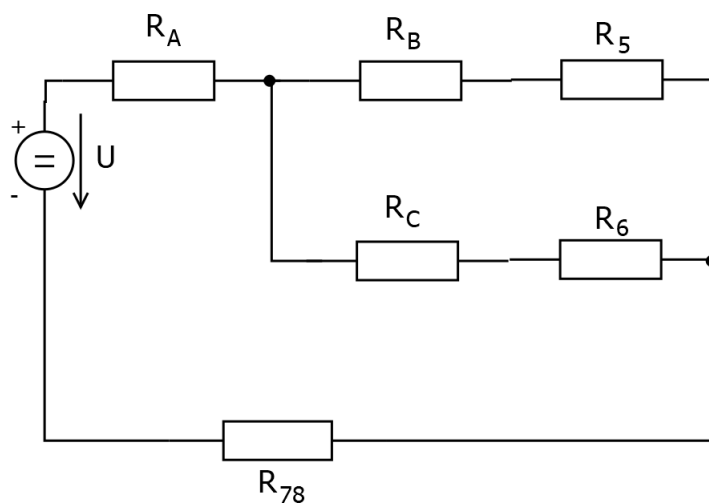


Trojúhelník-hvězda

$$R_A = \frac{R_{12} * R_3}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{279.5633 * 100}{279.5633 + 100 + 340} = 38.8518\Omega$$

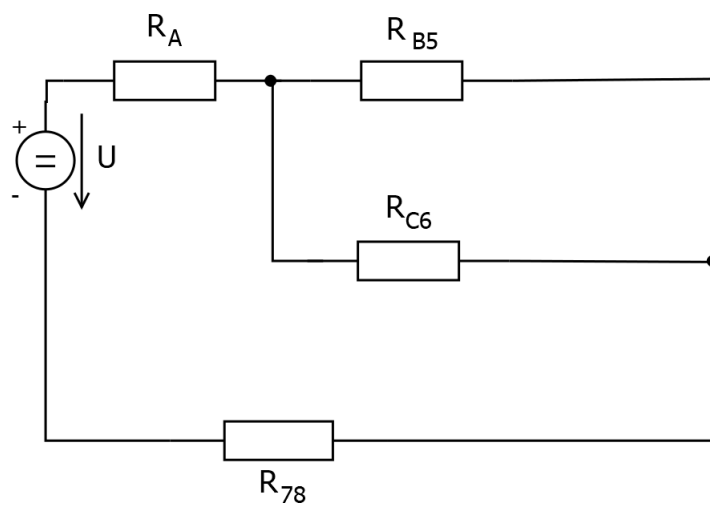
$$R_B = \frac{R_{12} * R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{279.5633 * 340}{279.5633 + 100 + 340} = 132.0961\Omega$$

$$R_C = \frac{R_3 * R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{100 * 340}{279.5633 + 100 + 340} = 47.2509\Omega$$

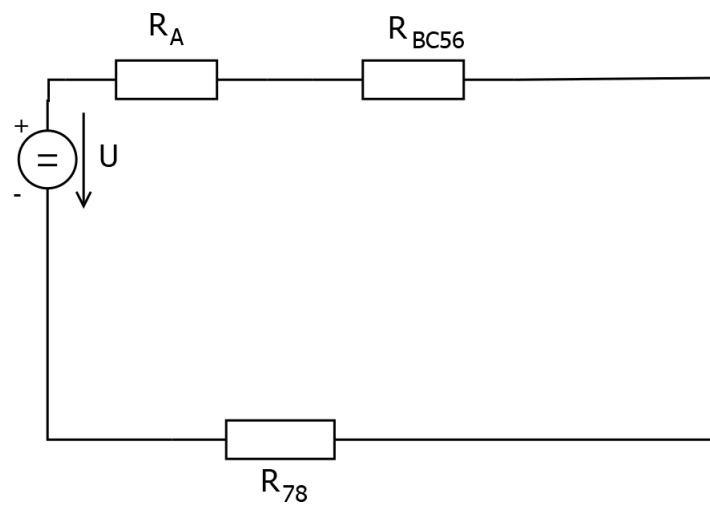


$$R_{B5} = R_B + R_5 = 132.0961 + 575 = 707.0961\Omega \text{ ;sériové zapojení}$$

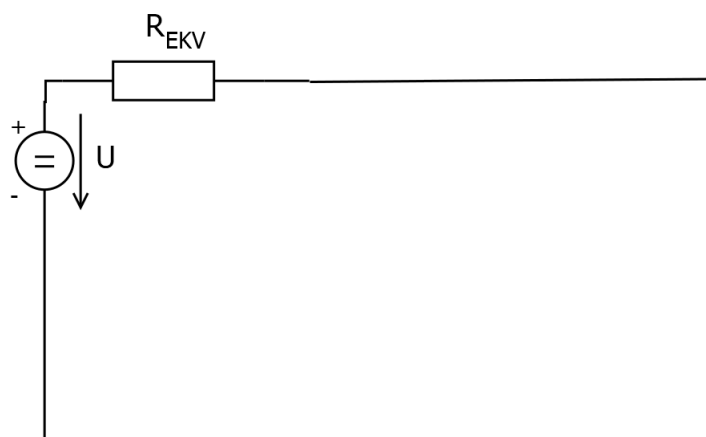
$$R_{C6} = R_C + R_6 = 47.2509 + 845 = 892.2509\Omega \text{ ;sériové zapojení}$$



$$R_{B5C6} = \frac{R_{B5} * R_{C6}}{R_{B5} + R_{C6}} = \frac{707.0961 * 892.2509}{707.0961 + 892.2509} = 392.4780\Omega \text{ ;paralelní zapojení}$$



$$R_{EKV} = R_A + R_{B5C6} + R_{78} = 38.8518 + 392.4780 + 119.5313 = 550.8611\Omega \text{ ;sériové zapojení}$$



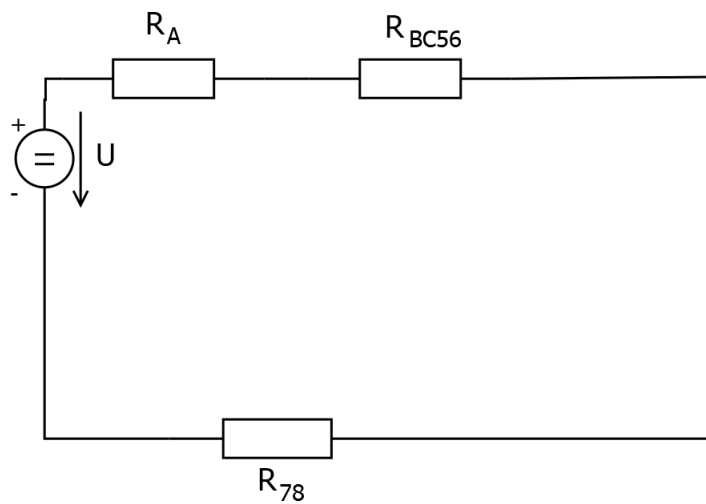
$$I = \frac{U}{R} = \frac{170}{550.8611} = 0.3086A$$

Zpětné skládání obvodu

$$U_{R_A} = I * R_A = 0.3086 * 38.8518 = 11.9897V$$

$$U_{R_{BC56}} = I * R_{BC56} = 0.3086 * 392.4780 = 121.1187V$$

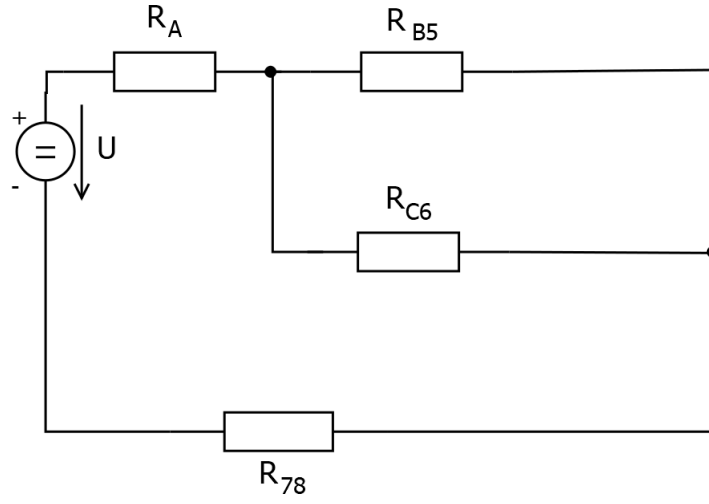
$$U_{R_{78}} = I * R_{78} = 0.3086 * 119.5313 = 36.8874V$$



$$U_{R_{BC56}} = U_{R_{B5}} = U_{R_{C6}}$$

$$I_{R_{B5}} = \frac{U_{R_{B5}}}{R_{B5}} = \frac{121.1187}{707.0961} = 0.1713A$$

$$I_{R_{C6}} = \frac{U_{R_{C6}}}{R_{C6}} = \frac{121.1187}{892.2509} = 0.1357A$$



$$I_{R_{B5}} = I_{R_B} = I_{R_5}$$

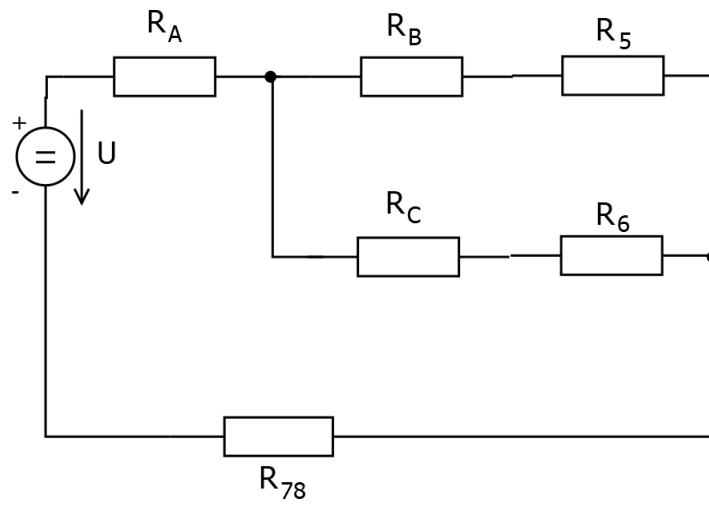
$$I_{R_{C6}} = I_{R_C} = I_{R_6}$$

$$U_{R_B} = I_{R_B} * R_B = 0.1713 * 132.0961 = 22.6281V$$

$$U_{R_5} = I_{R_5} * R_5 = 0.1713 * 575 = 98.4975V$$

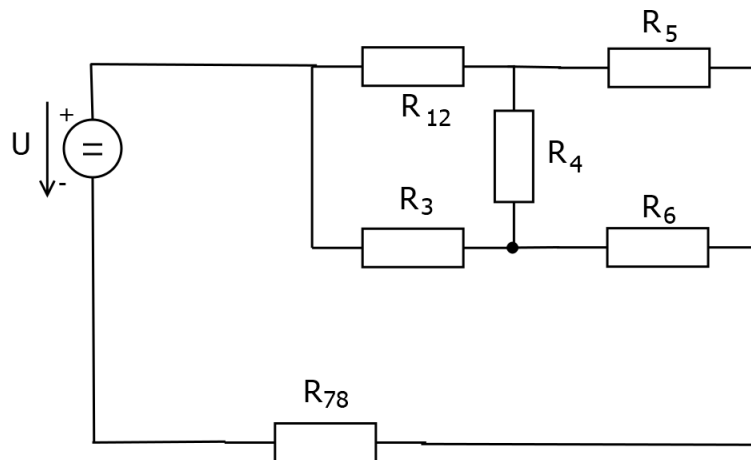
$$U_{R_C} = I_{R_C} * R_C = 0.1357 * 47.2509 = 6.4120V$$

$$U_{R_6} = I_{R_6} * R_6 = 0.1357 * 815 = 110.5955V$$



$$U_{R_{12}} + U_{R_5} + U_{R_{78}} - U = 0 \Rightarrow U_{R_{12}} = U - U_{R_5} - U_{R_{78}}$$

$$U_{R_{12}} = 170 - 98.4975 - 36.8874 = 34.6151V$$

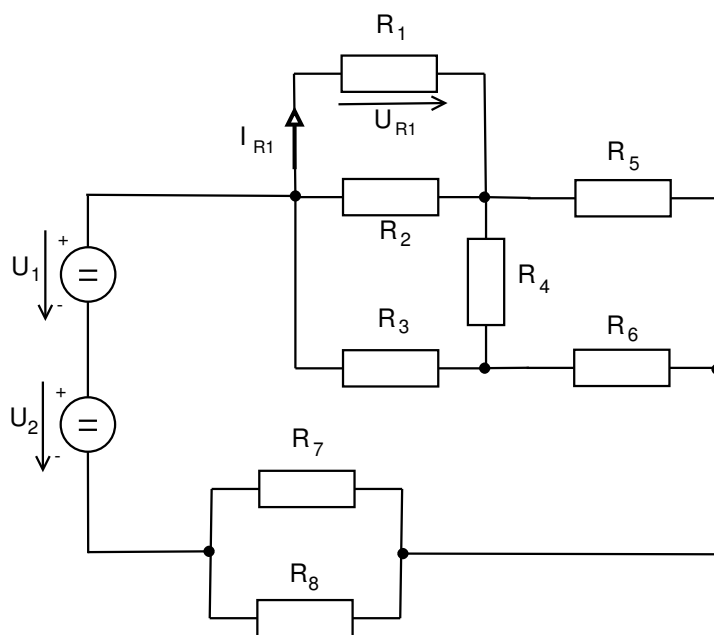


$$U_{R_{12}} = U_{R_1} = U_{R_2}$$

$$\underline{U_{R_1} = 34.6151V}$$

$$I_{R_1} = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{34.6151}{485} = 0.0713A$$

$$\underline{I_{R_1} = 0.0713A}$$



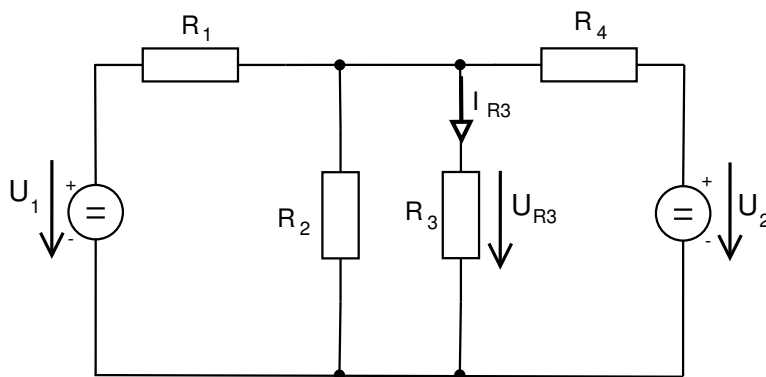
2 (1 bod)

Stanovte napětí U_{R_3} a proud I_{R_3} . Použijte metodu Théveninovy větý.

Zadání B

$$U_1 = 100V \quad U_2 = 50V$$

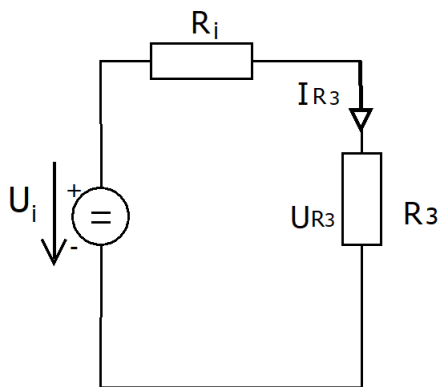
$$R_1 = 310\Omega \quad R_2 = 610\Omega \quad R_3 = 220\Omega \quad R_4 = 570\Omega$$



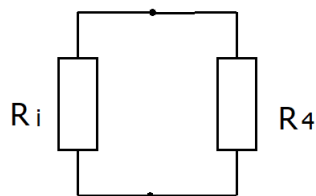
Nejprve zjednodušíme paralelní odpory R_2 a R_3 .

$$R_{23} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3}$$

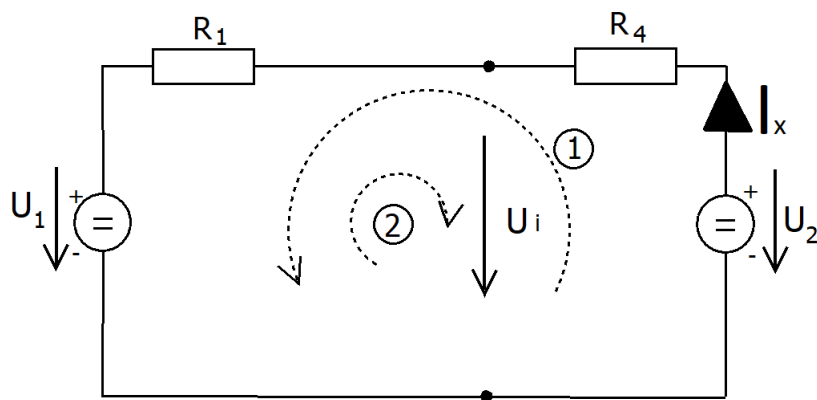
Vytvoříme náhradní obvod s U_i , R_i a R_3 .



Překreslíme obvod bez R_3 a zdroje nahradíme zkratem. Spočítáme celkový odpor mezi svorkami. $R_i = \frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4}$



Překreslíme obvod bez R_3 a určíme napětí "naprázdno".



$$\textcircled{1} R_1 * I_X + R_4 * I_X + U_1 - U_2 = 0$$

$$I_X = \frac{U_2 - U_1}{R_1 + R_4}$$

$$\textcircled{2} -R_1 * I_X + U_i - U_1 = 0$$

$$U_i = U_1 + R_1 * I_X$$

$$I_{R_{23}} = \frac{U_i}{R_i + R_{23}}$$

$$U_{R_{23}} = I_{R_{23}} * R_{23}$$

Dosazení:

$$I_{R_{23}} = \frac{U_1 + R_1 * \frac{U_2 - U_1}{R_1 + R_4}}{\frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{100 + 310 * \frac{50 - 100}{310 + 570}}{\frac{310 * 570}{310 + 570} + \frac{610 * 220}{610 + 220}} = 0.2272 A$$

$$U_{R_{23}} = I_{R_{23}} * R_{23} = 0.2272 * \frac{610 * 220}{610 + 220} = \underline{36.7488 V}$$

$$\underline{U_{R_{23}} = U_{R_3}}$$

$$I_{R_3} = \frac{U_{R_3}}{R_3} = \frac{36.7488}{220} = \underline{0.1670 A}$$

3 (2body)

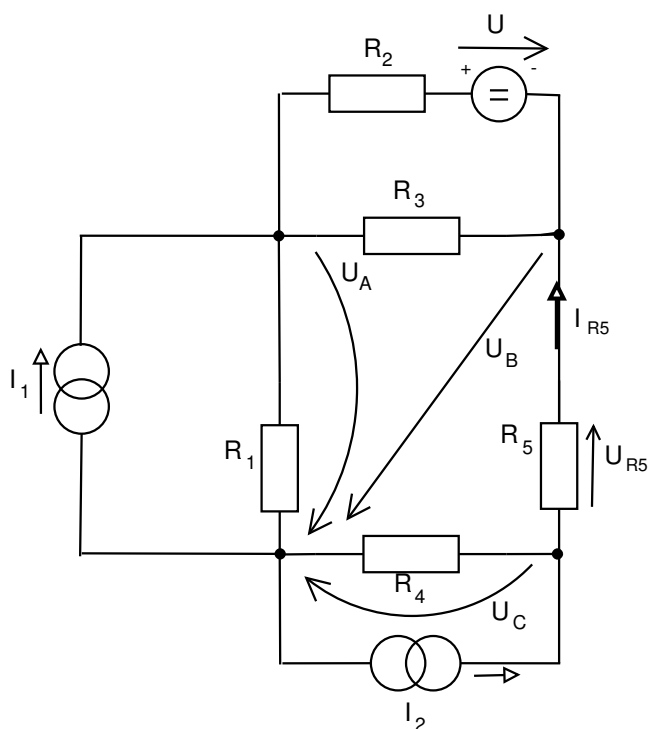
Stanovte napětí U_{R_5} a proud I_{R_5} . Použijte metodu uzlových napětí (U_A, U_B, U_C).

Zadání E

$$U_1 = 135V$$

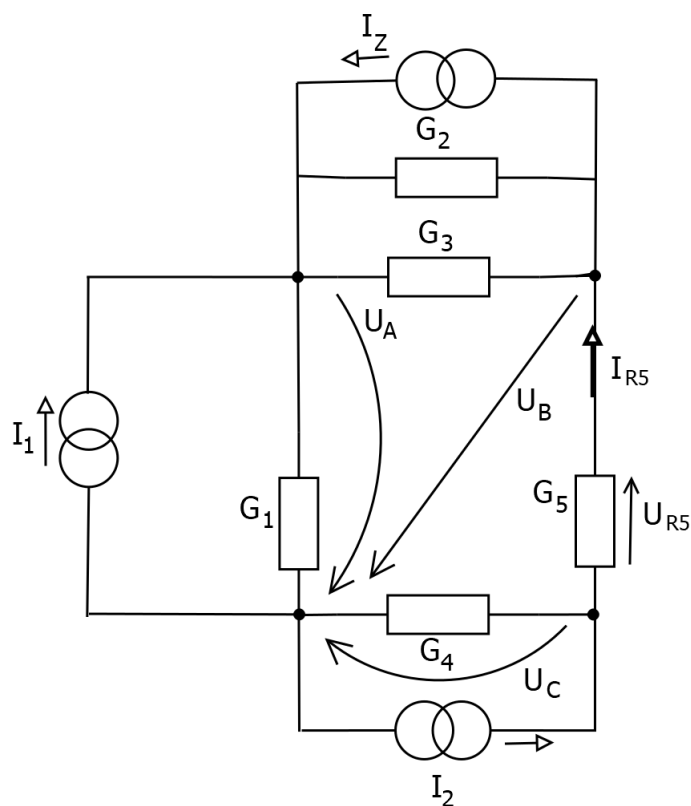
$$I_1 = 0.55A \quad I_2 = 0.65A$$

$$R_1 = 52\Omega \quad R_2 = 42\Omega \quad R_3 = 52\Omega \quad R_4 = 42\Omega \quad R_5 = 21\Omega$$



Překreslíme napěťové zdroje na proudové a odpory, který byly k zdroji v sérii překreslíme na paralelní. Odpory nahradíme substitucí

$$G = \frac{1}{R}$$



Dopocítáme $I_Z = \frac{U}{R_2} = \frac{135}{42} = 3.2142A$

Sestavíme matici pro uzly U_A , U_B a U_C tak, že každý sloupec a řádek představuje uzlové napětí a jaké prvky mají společné.

$$\begin{pmatrix} U_A & U_B & U_C \\ U_A & G_1 + G_2 + G_3 & -G_2 - G_3 & 0 \\ U_B & -G_2 - G_3 & G_2 + G_3 + G_5 & -G_5 \\ U_C & 0 & -G_5 & G_4 + G_5 \end{pmatrix}$$

Doplníme hodnoty a vypočítáme determinant

$$\text{Det} \begin{pmatrix} \frac{17}{273} & -\frac{47}{1092} & 0 \\ -\frac{47}{1092} & \frac{33}{364} & -\frac{1}{21} \\ 0 & -\frac{1}{21} & \frac{1}{14} \end{pmatrix} = 1.2972 * 10^{-4}$$

Vypočítáme determinant matice a poté Sarusovým pravidlem vypočítáme

determinanty pro jednotlivá napětí.

Vždy dosadíme $\begin{pmatrix} I_1 + I_Z \\ -I_Z \\ I_2 \end{pmatrix}$ za sloupec a vypočítáme determinant.

U_B :

$$\begin{pmatrix} \frac{17}{273} & 3.7642 & 0 \\ -\frac{47}{1092} & -\frac{45}{14} & -\frac{1}{21} \\ 0 & 0.65 & \frac{1}{14} \end{pmatrix} = -0.000797$$

$$U_B = \frac{\det(B)}{\det} = \frac{-0.000797}{1.2972 * 10^{-4}} = -6.1438V$$

U_C :

$$\begin{pmatrix} \frac{17}{273} & -\frac{47}{1092} & 3.7642 \\ -\frac{47}{1092} & \frac{33}{364} & -\frac{45}{14} \\ 0 & -\frac{1}{21} & 0.65 \end{pmatrix} = 0.000649$$

$$U_C = \frac{\det(C)}{\det} = \frac{0.000649}{1.2972 * 10^{-4}} = 5.0031V$$

$$U_{R_5} = U_B - U_C = \underline{-11.1469V}$$

$$I_{R_5} = \frac{U_{R_5}}{R_5} = \underline{-0.5308A}$$

4 (2body)

Pro napájecí napětí platí:

$u_1 = U_1 * \sin(2\pi ft)$, $u_2 = U_2 * \sin(2\pi ft)$. Ve vztahu pro napětí $u_{C1} = U_{C1} * \sin(2\pi ft + \omega C1)$ určete $|U_{C1}|$ a $\omega C1$. Použijte metodu smyčkových proudů. Pozn: Pomocné "směry šipek napájecích zdrojů platí pro speciální časový okamžik ($t = \pi/2\omega$)."

Zadání E

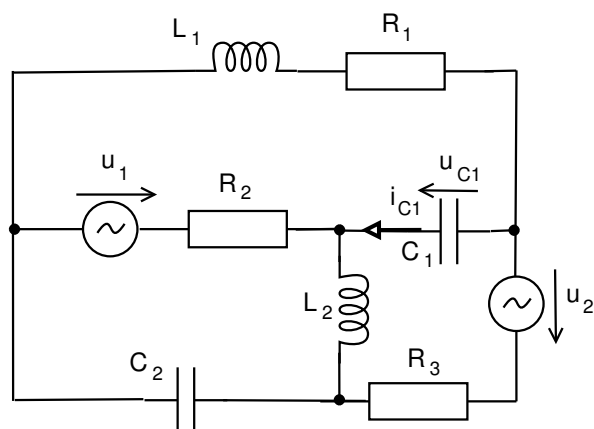
$$U_1 = 50V \quad U_2 = 30V$$

$$R_1 = 14\Omega \quad R_2 = 13\Omega \quad R_3 = 14\Omega$$

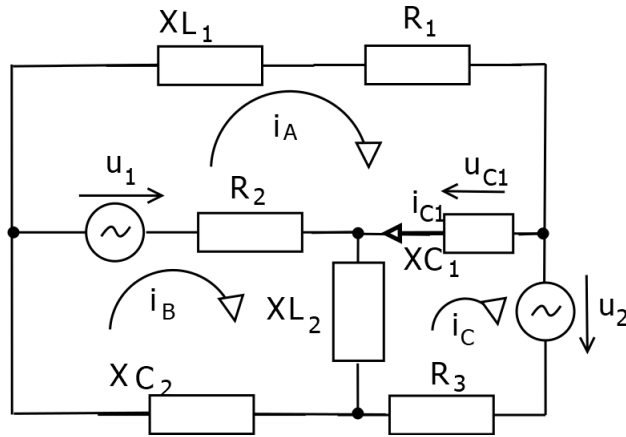
$$L_1 = 130mH \quad L_2 = 60mH$$

$$C_1 = 100\mu F \quad C_2 = 65\mu F$$

$$f = 90Hz$$



Překreslíme obvod s nahrazením všech součástek za odpory a naznačíme smyčky.



Nejdříve určíme $\omega = 2\pi f = 2\pi 90 = 180\pi \text{ rad/s}$

Velikost imaginárních odporů určíme výpočtem reaktancí:

$$X_{L_1} = j * \omega * L_1 = j * \omega * 0.13 = 73.5132j\Omega$$

$$X_{L_2} = j * \omega * L_2 = j * \omega * 0.06 = 33.9292j\Omega$$

$$X_{C_1} = -\frac{j}{\omega * C_1} = -\frac{j}{180\pi * 100 * 10^{-6}} = -17.6839j\Omega$$

$$X_{C_2} = -\frac{j}{\omega * C_2} = -\frac{j}{180\pi * 65 * 10^{-6}} = -27.20597j\Omega$$

Sestavíme rovnice smyček pomocí 2. Kirchhoffova zákona:

$$(X_{L_1} + R_1) * I_A + X_{C_1} * (I_A - I_C) + R_2 * (I_A - I_B) = U_1$$

$$R_2 * (I_B - I_A) + X_{L_2} * (I_B - I_C) + X_{C_2} * I_B = -U_1$$

$$R_3 * I_C + X_{L_2} * (I_C - I_B) + X_{C_1} * (I_C - I_A) = -U_2$$

Dosadíme do matice (sloupce představují I_A, I_B, I_C):

$$\begin{pmatrix} X_{L_1} + R_1 + X_{C_1} + R_2 & -R_2 & -X_{C_1} \\ -R_2 & R_2 + X_{L_2} + X_{C_2} & -X_{L_2} \\ -X_{C_1} & -X_{L_2} & X_{C_1} + X_{L_2} + R_3 \end{pmatrix}$$

Dosadíme číselné hodnoty:

$$\begin{pmatrix} 27 + 55.8293j & -13 & 17.6839j \\ -13 & 13 + 6.72323j & -33.9292j \\ 17.6839j & -33.9292j & 14 + 16.2453j \end{pmatrix}$$

Vypočítáme determinant matice:

$$\det = 2101.05803 + 75933.8891j$$

Vypočítáme determinant pro I_C dosazením do třetího sloupce

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ -U_1 \\ -U_2 \end{pmatrix} \text{ Dosadíme: } \begin{pmatrix} 50 \\ -50 \\ -30 \end{pmatrix}$$

$$\det(I_C) = \begin{vmatrix} 27 + 55.8293j & -13 & 50 \\ -13 & 13 + 6.72323j & -50 \\ 17.6839j & -33.9292j & -30 \end{vmatrix} =$$

$$= 106457.41737 - 50969.6833j$$

$$I_C = \frac{\det(I_C)}{\det} = \frac{106457.41737 - 50969.6833j}{2101.05803 + 75933.8891j} =$$

$$= -0.63196174 - 1.4194612jA$$

$$\det(I_A) = \begin{vmatrix} 27 + 55.8293j & 50 & 17.6839j \\ -13 & -50 & -33.9292j \\ 17.6839j & -30 & 14 + 16.2453j \end{vmatrix}$$

$$= 106739.50396 - 71038.151j$$

$$I_A = \frac{\det(I_A)}{\det} = \frac{106739.50396 - 71038.151j}{2101.05803 + 75933.8891j} =$$

$$= -0.89594553 - 1.4304804jA$$

$$U_{C_1} = X_{C_1} * (I_C - I_A) = -17.6839j * ((-0.63196174 - 1.4194612j) - (-0.89594553 - 1.4304804j)) = 0.194862 - 4.66826j$$

$$|U_{C_1}| = \sqrt{0.194862^2 + 4.66826^2} = \underline{4.67233V}$$

$$\phi = -\arctg\left(\frac{\text{Img}U_{C_1}}{\text{Re}U_{C_1}}\right) * \frac{\pi}{180} = -\arctg\left(\frac{4.66826}{0.194862} * \frac{\pi}{180}\right) =$$

$$\underline{-0.396032rad}$$

5 (2 body)

...

Výsledky:

Příklad 1: Zadání E		Výsledky:	
U1 [V]	115V	Rekv	550.8611Ω
U2 [V]	55V	UR1	34.6151V
R1 [Ω]	485Ω	IR1	0.0713A
R2 [Ω]	660Ω		
R3 [Ω]	100Ω		
R4 [Ω]	340Ω		
R5 [Ω]	575Ω		
R6 [Ω]	815Ω		
R7 [Ω]	255Ω		
R8 [Ω]	225Ω		

Příklad 2: Zadání B		Výsledky:	
U1	100V	UR3	36.7488V
U2	50V	IR3	0.1670A
R1	310Ω		
R2	610Ω		
R3	220Ω		
R4	570Ω		

Příklad 3: Zadání E		Výsledky:	
U1	135V	UR5	-11.1469V
I1	0.55A	IR5	-0.5308A
I2	0.65A		
R1	52Ω		
R2	42Ω		
R3	52Ω		
R4	42Ω		
R5	21Ω		

Příklad 4: Zadání E		Výsledky:	
U1	50V	UC1	4.67233V
U2	30V	φC1	-0.396032 rad
R1	14Ω		
R2	13Ω		
R3	14Ω		
L1	130mH		
L2	60mH		
C1	100uF		
C2	65uF		
f	90Hz		