

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií



Elektronika pro informační technologie

2023/2024

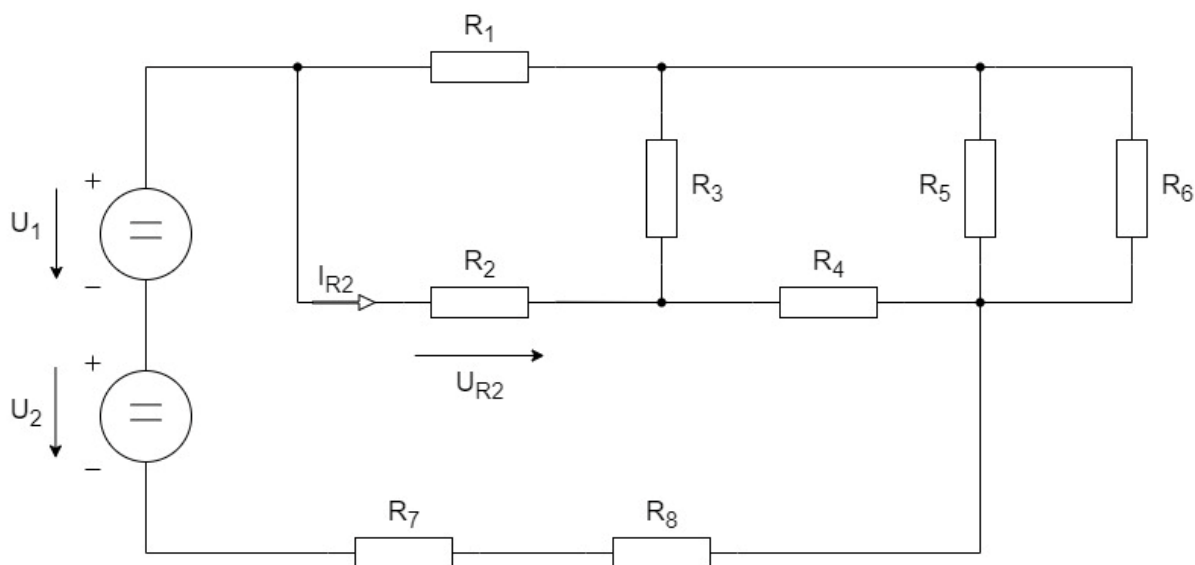
Rostislav Ludvík (xludvir00)

16.12.2023

Příklad č.1

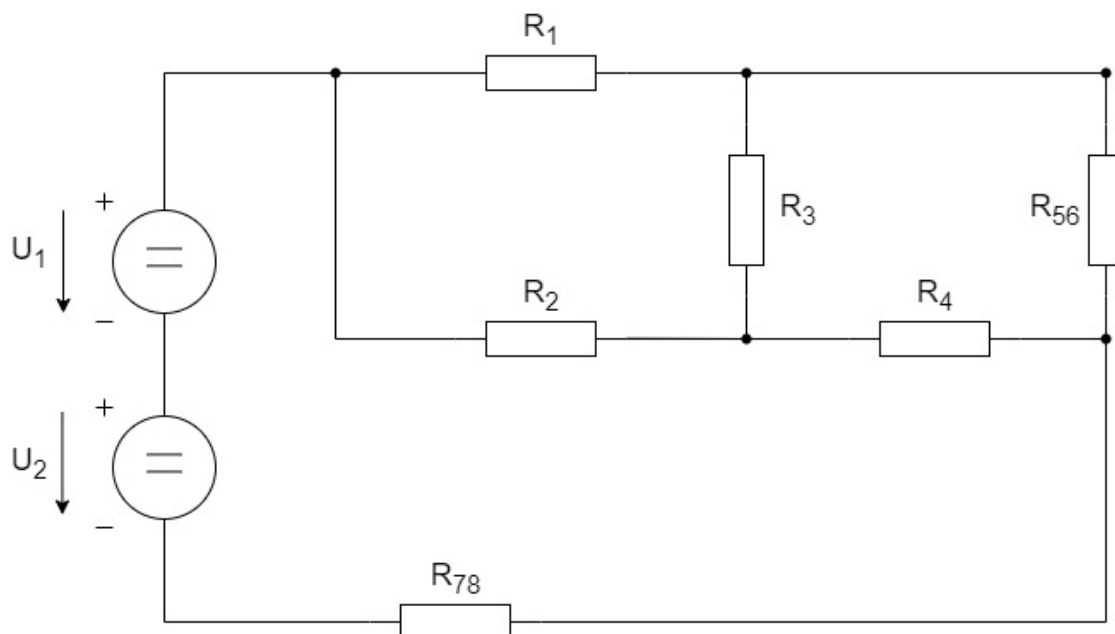
Stanovte napětí U_{R2} a proud I_{R2} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]	R_6 [Ω]	R_7 [Ω]	R_8 [Ω]
G	130	60	380	420	330	440	450	650	410	375



Řešení:

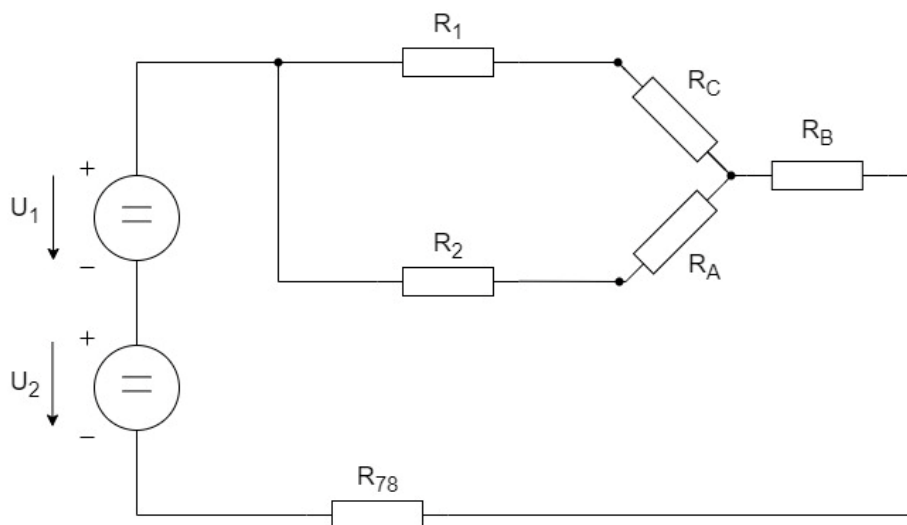
- 1) Zjednodušíme obvod spojením rezistorů R_5 a R_6 (paralelně), R_7 a R_8 (sériově)



$$R_{56} = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = \frac{2925}{11} \Omega$$

$$R_{78} = R_7 + R_8 = 685 \Omega$$

2) Transfiguruje trojúhelník na hvězdu (rezistory R_3 R_4 R_{56})

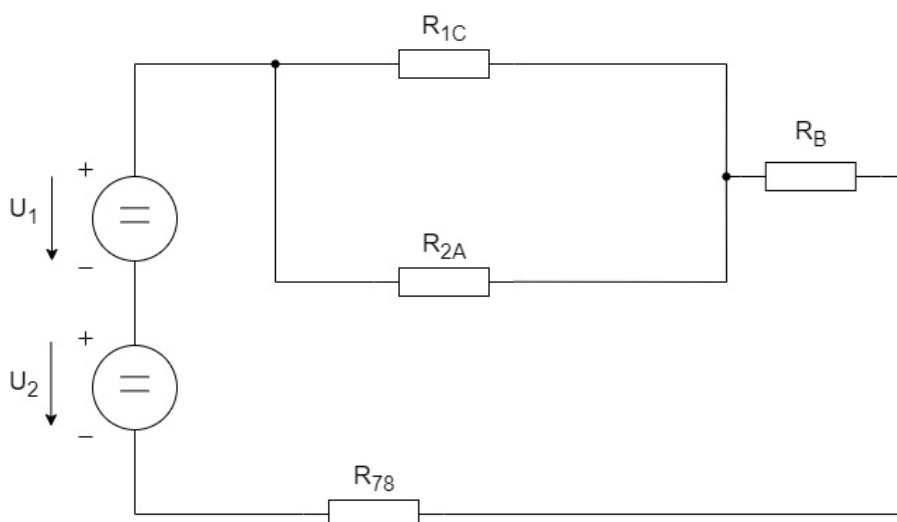


$$R_A = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4 + R_{56}} = \frac{319440}{2279} \Omega$$

$$R_B = \frac{R_4 \cdot R_{56}}{R_3 + R_4 + R_{56}} = \frac{257400}{2279} \Omega$$

$$R_C = \frac{R_3 \cdot R_{56}}{R_3 + R_4 + R_{56}} = \frac{193050}{2279} \Omega$$

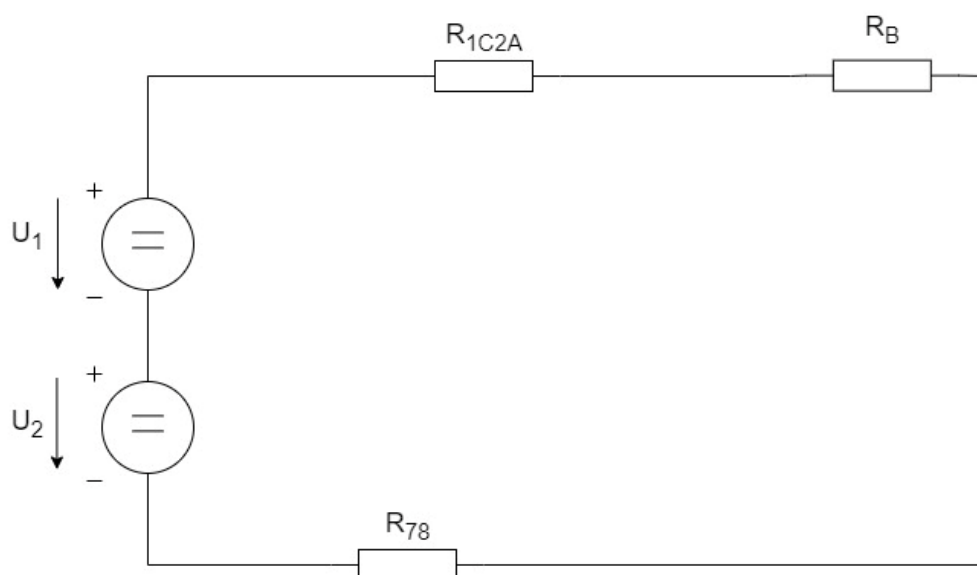
3) Zjednodušíme obvod spojením rezistorů R_1 a R_C (sériově), R_2 a R_A (sériově)



$$R_{1C} = R_1 + R_C = \frac{1059070}{2279} \Omega$$

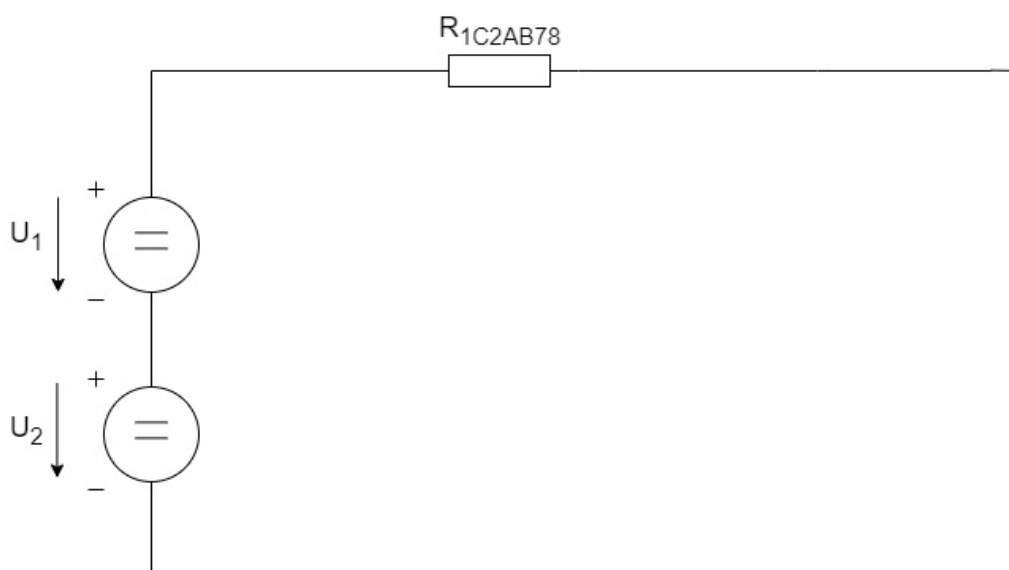
$$R_{2A} = R_2 + R_A = \frac{1276620}{2279} \Omega$$

4) Zjednodušíme obvod spojením rezistorů R_{1C} a R_{2A} (paralelně)



$$R_{1C2A} = \frac{R_{1C} \cdot R_{2A}}{R_{1C} + R_{2A}} = \frac{135202994340}{532303751} \Omega$$

5) Zjednodušíme obvod spojením rezistorů R_{1C2A} a R_B a R_{78} (sériově)

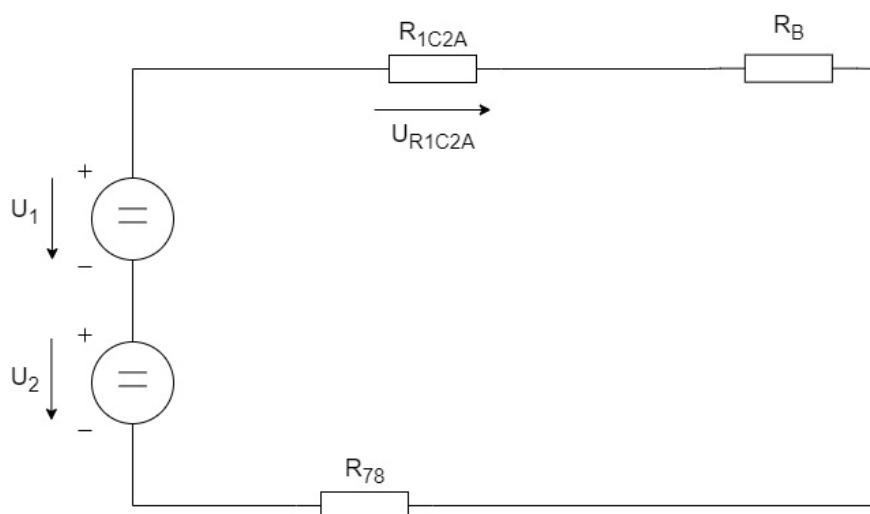


$$R_{1C2AB78} = R_{1C2A} + R_B + R_{78} = \frac{245700625}{233569} \Omega$$

6) Určíme proud I , protékající zjednodušeným el. Obvodem, zdroje sjednotíme

$$I = \frac{U_1 + U_2}{R_{1C2AB78}} = \frac{8875622}{49140125} A$$

7) Zpětně určíme napětí U_{R1C2A} pomocí proudu I



$$U_{R1C2A} = R_{1C2A} * I = \frac{1027542756984}{22398068975} = 45,8764 \text{ V}$$

8) Určíme napětí U_{R2}

$$U_{R1C2A} = U_{R1C} = U_{R2A}$$

rezistory R_{1C} a R_{2A} jsou zapojeny paralelně, tudíž je na nich stejné napětí

$$\frac{U_{R2}}{U_{RA}} = \frac{R_2}{R_A} = \frac{15953}{5324} = 2,9964$$

poměrem 1 : 2,9964 rozdělíme napětí U_{R2A} mezi U_{R2} a U_{RA}

$$U_{R2} = U_{R2A} * \frac{2,9964}{3,9964} = 34,39697 \approx 34,3970 \text{ V}$$

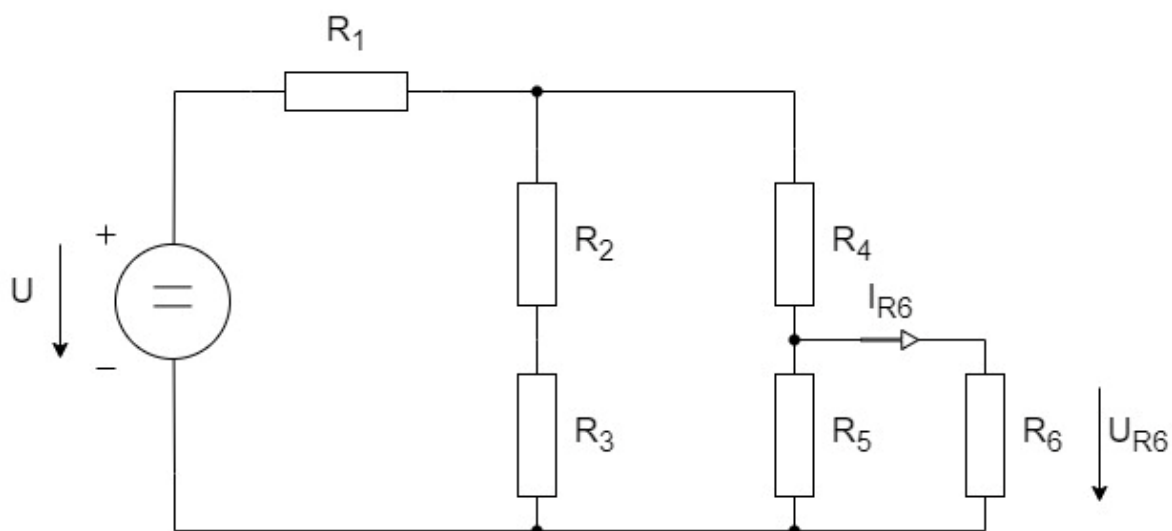
9) Určíme proud I_{R2}

$$I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2} = 0,0818976 \approx 0,0819 \text{ A}$$

Příklad č.2

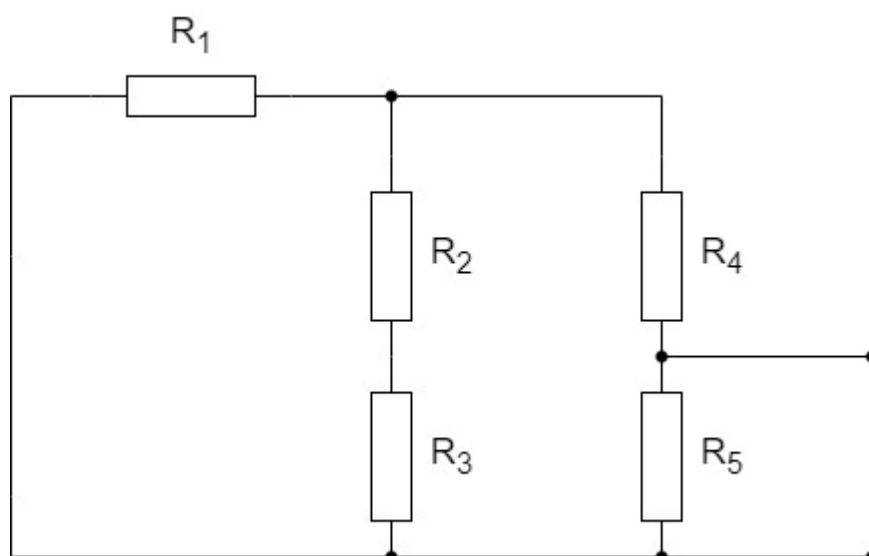
Stanovte napětí U_{R6} a proud I_{R6} . Použijte metodu Théveninovy věty.

sk.	U [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]	R_6 [Ω]
G	180	250	315	615	180	460	120

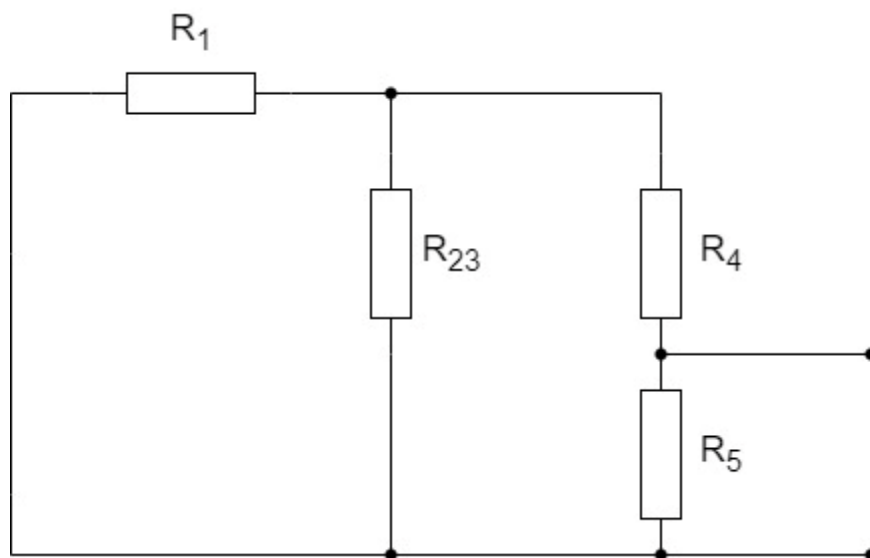


Řešení:

- 1) Zkratujeme zdroj napětí U a odstraníme zátěž R_6 , dále zjednodušíme na Théveninův teorém

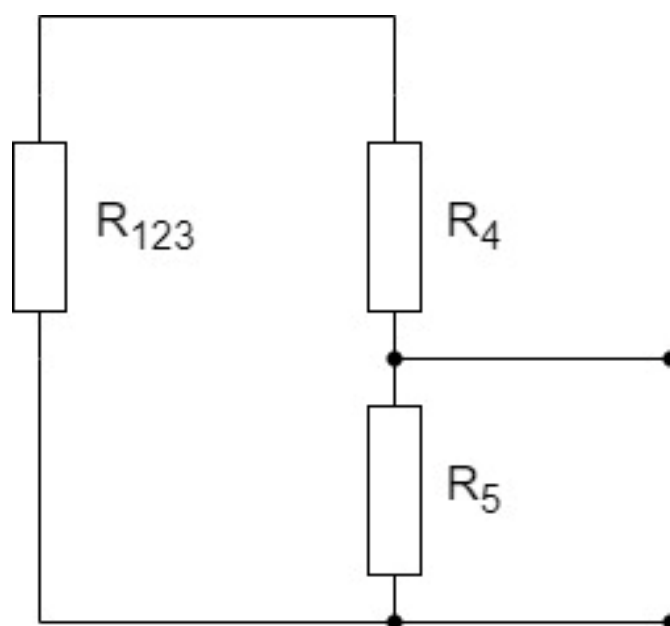


2) Obvod zjednodušíme spojením rezistorů R_2 a R_3 (sériově)



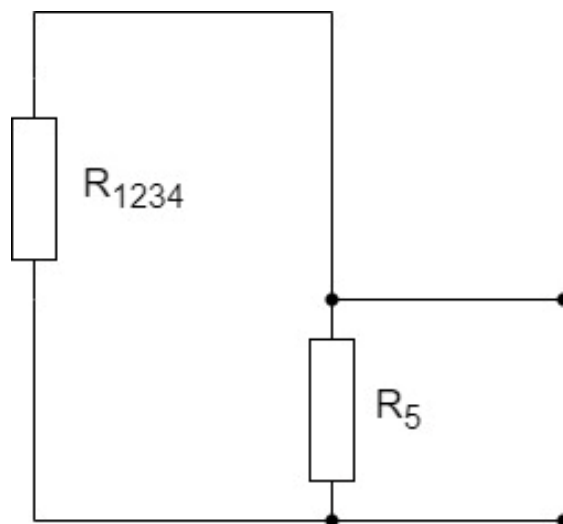
$$R_{23} = R_2 + R_3 = 930 \, \Omega$$

3) Obvod zjednodušíme spojením rezistorů R_1 a R_{23} (paralelně)



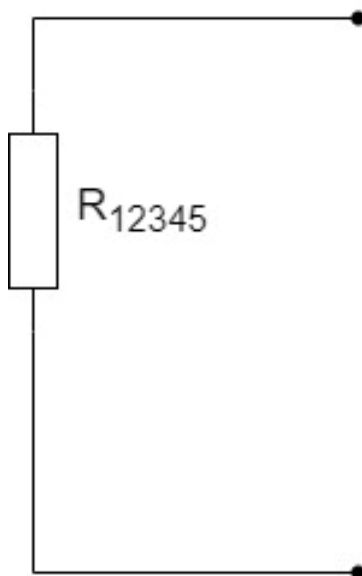
$$R_{123} = \frac{R_1 \cdot R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{11625}{59} \, \Omega$$

4) Obvod zjednodušíme spojením rezistorů R_{123} a R_4 (sériově)



$$R_{1234} = R_{123} + R_4 = \frac{22245}{59} \Omega$$

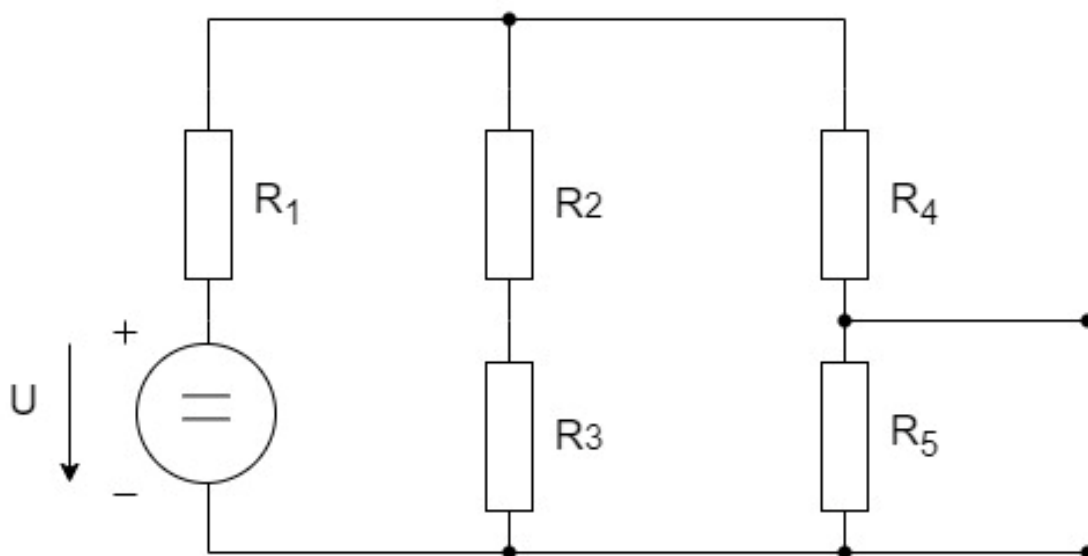
5) Obvod zjednodušíme spojením rezistorů R_{1234} a R_5 (paralelně)



$$R_{12345} = \frac{R_{1234} \cdot R_5}{R_{1234} + R_5} = \frac{2046540}{9877} \approx 207,2026 \Omega$$

$$R_{12345} = R_i$$

- 6) Zpětně určíme R_{EKV} (sériově R_2 a R_3), (sériově R_4 a R_5), (paralelně R_{23} a R_{45}), (sériově R_1 a R_{2345})



$$R_{EKV} = R_1 + \frac{(R_2 + R_3) * (R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = \frac{98770}{157} \approx 629,1083 \Omega$$

- 7) Dále určíme pomocný proud I_x

$$I_x = \frac{U}{R_{EKV}} = \frac{2826}{9877} \approx 0,2861 A$$

- 8) Určíme U_{R45} a I_{R45}

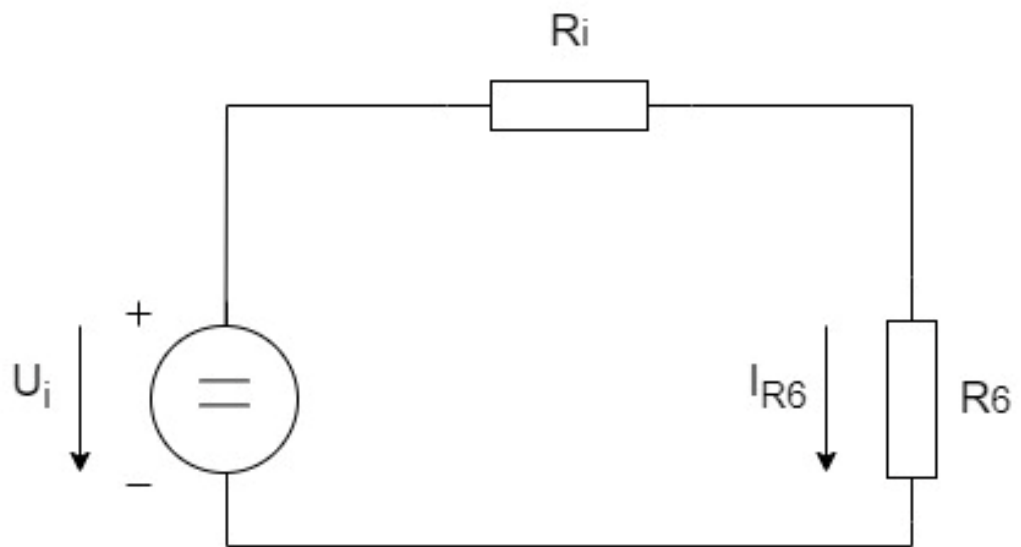
$$U_{R45} = U - I_x * R_1 = \frac{1071360}{9877} \approx 108,4702 V$$

$$I_{R45} = \frac{U_{R45}}{R_4 + R_5} = \frac{1674}{9877} \approx 0,1695 A$$

- 9) Určíme vnitřní napětí U_i

$$U_i = I_{R45} * R_5 = \frac{770040}{9877} \approx 77,9630 V$$

10) Nakonec pomocí ekvivalentního obvodu určíme I_{R6} a U_{R6}

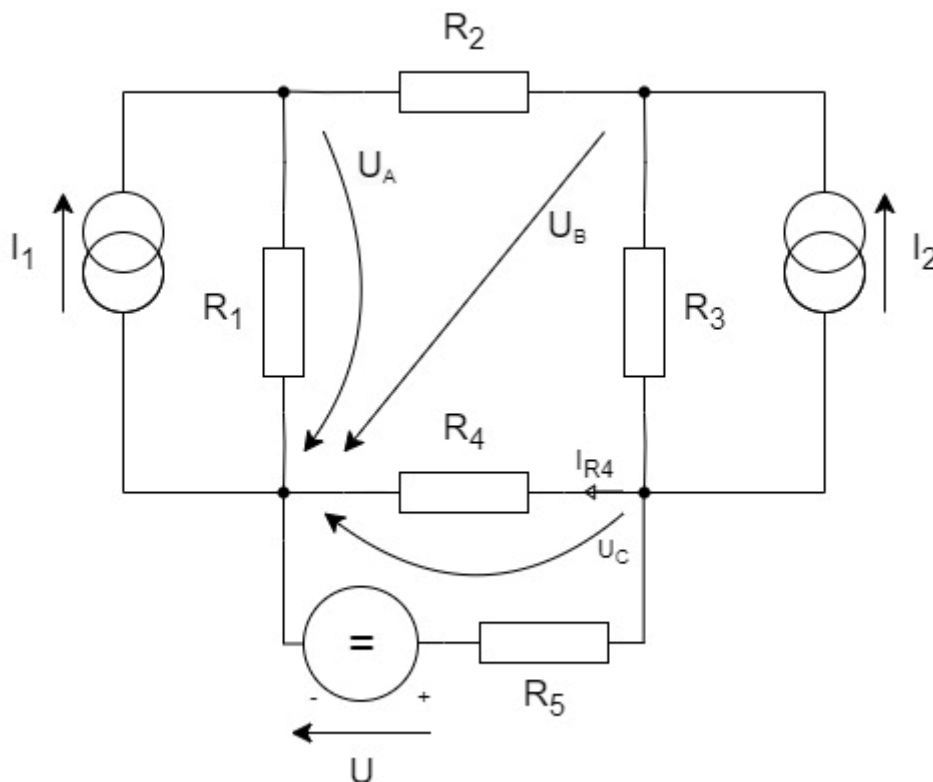


$$I_{R6} = \frac{U_i}{R_i + R_6} = \frac{12834}{53863} \approx 0,2383 \text{ A}$$

$$U_{R6} = I_{R6} * R_6 = \frac{1540080}{53863} \approx 28,5926 \text{ V}$$

Příklad č.3

Stanovte napětí U_{R4} a proud I_{R4} . Použijte metodu uzlových napětí (U_A , U_B , U_C).



Řešení:

- 1) Sestavení rovnic pro uzlová napětí U_A , U_B , U_C a převedení na matici

$$\begin{pmatrix} -\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2} & 0 \\ \frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} \\ 0 & \frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_5} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -I_1 \\ -I_2 \\ I_2 - \frac{U}{R_5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix}$$

Výpočet inverzní odporové matice vynásobenou proudovou maticí v matlabu

$$U_A = 64,4308 \text{ V}$$

$$U_B = 90,4924 \text{ V}$$

$$U_C = 76,8348 \text{ V}$$

- 2) Určení napětí U_{R4} a proudu I_{R4}

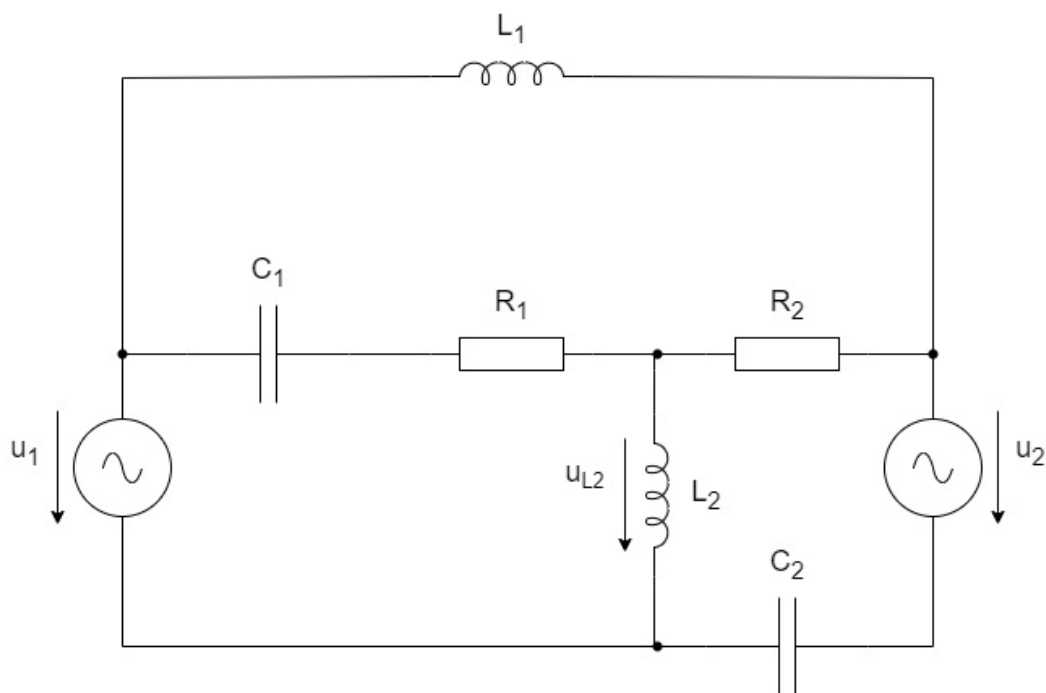
$$U_{R4} = U_C = 76,8348 \text{ V}$$

$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} = 2,1343 \text{ A}$$

Příklad č.4

Pro napájecí napětí platí: $u_1 = U_1 \cdot \sin(2\pi f t)$, $u_2 = U_2 \cdot \sin(2\pi f t)$. Ve vztahu pro napětí $u_{L2} = U_{L2} \cdot \sin(2\pi f t + \phi_{L2})$ **určete $|U_{L2}|$ a ϕ_{L2}** . Použijte metodu smyčkových proudů. Pozn: Pomocné směry šipek napájecích zdrojů platí pro speciální časový okamžik ($t = \pi / 2\omega$).

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	L_1 [mH]	L_2 [mH]	C_1 [μ F]	C_2 [μ F]	f [Hz]
G	5	5	13	12	140	60	160	80	60



Řešení:

- 1) Převedeme hodnoty ze zadání na základní jednotky
určíme úhlovou rychlost ω
určíme impedance cívek a kondenzátorů

$$L_1 = 140 \text{ mH} = 0,140 \text{ H}$$

$$L_2 = 60 \text{ mH} = 0,060 \text{ H}$$

$$C_1 = 160 \text{ } \mu\text{F} = 160 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_2 = 80 \text{ } \mu\text{F} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$\omega = 2\pi f = 376,99112 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Z_{L1} = j\omega L_1 = 52,7788 \text{ j}\Omega$$

$$Z_{L2} = j\omega L_2 = 22,6195 \text{ j}\Omega$$

$$Z_{C1} = -\frac{j}{\omega C_1} = -16,5786 \text{ j}\Omega$$

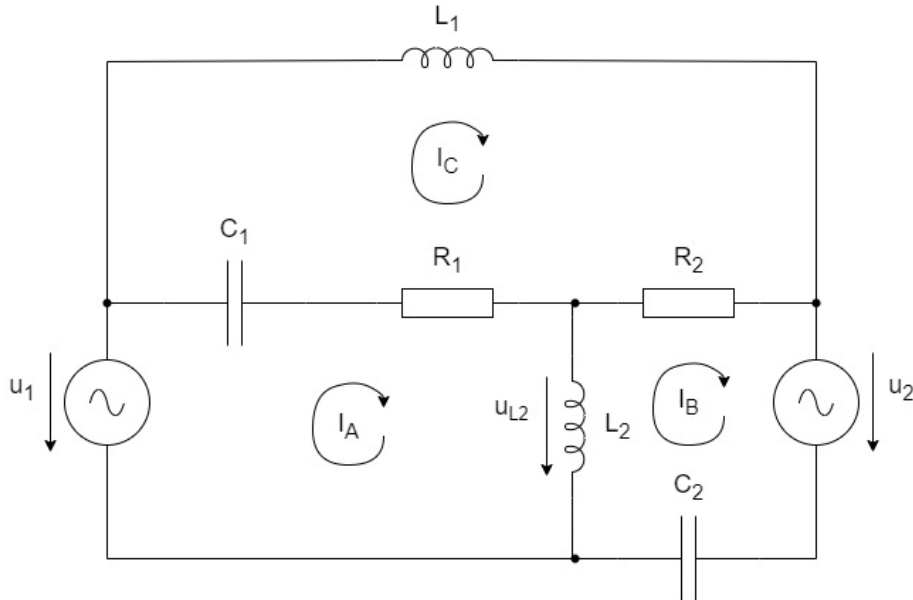
$$Z_{C2} = -\frac{j}{\omega C_2} = -33,1573 \text{ j}\Omega$$

2) Převédeme vztahy ze zadání

$$u_1 = U * \sin(2\pi ft) = U * \sin\left(\frac{\omega\pi}{2\omega}\right) = U * \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = U * 1 = U_1 = 5V$$

$$u_2 = U * \sin(2\pi ft) = U * \sin\left(\frac{\omega\pi}{2\omega}\right) = U * \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = U * 1 = U_2 = 5V$$

3) Označíme si smyčkové proudy a sestavíme pro ně rovnice, které převeďme na matici



$$I_A: I_A * (Z_{C1} + R_1 + Z_{L2}) - I_B * (Z_{L2}) - I_C * (Z_{C1} + R_1) = -u_1$$

$$I_B: -I_A * (Z_{L2}) + I_B * (Z_{L2} + R_2 + Z_{C2}) - I_C * (R_2) = -u_2$$

$$I_C: -I_A * (Z_{C1} + R_1) - I_B * (R_2) + I_C * (Z_{C1} + Z_{L1} + R_2 + R_1) = 0$$

$$\begin{pmatrix} Z_{C1} + R_1 + Z_{L2} & -Z_{L2} & -Z_{C1} - R_1 \\ -Z_{L2} & Z_{L2} + R_2 + Z_{C2} & -R_2 \\ -Z_{C1} - R_1 & -R_2 & Z_{C1} + Z_{L1} + R_2 + R_1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Náročný výpočet přes inverzní matici v matlabu

$$I_A = -0.12891022 + j 0.03539431 \text{ A}$$

$$I_B = 0.10670694 - j 0.20682512 \text{ A}$$

$$I_C = -0.20519540 + j 0.05633960 \text{ A}$$

$$I_{L2} = I_A - I_B = 0,1289 - j0,0354 - 0,1067 + j0,2068 = 0,0222 + j0,1714 \text{ A}$$

4) Určíme $|U_{L2}|$ a φ_{L2}

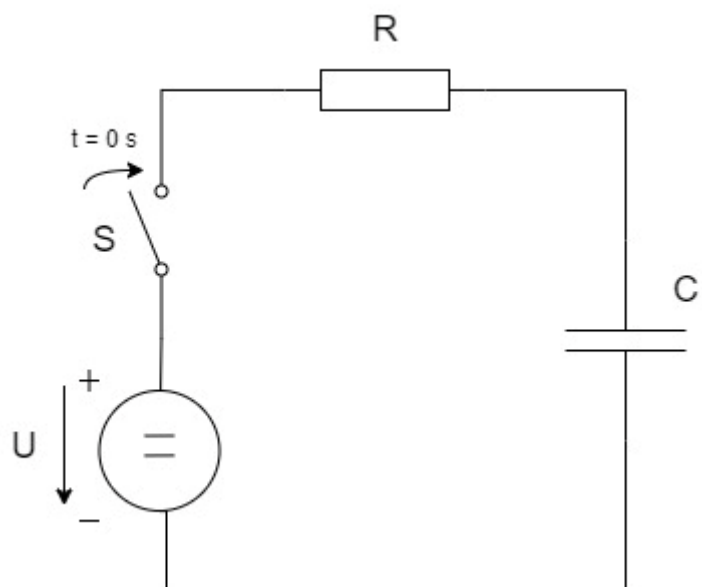
$$u_{L2} = Z_{L2} * I_{L2} = 5,9526 + j7,0551$$

$$|U_{L2}| = \sqrt{\text{Re}(u_{L2})^2 + \text{Im}(u_{L2})^2} = 9,2308 \text{ V}$$

$$\varphi_{L2} = \arctan \frac{\text{Im}(u_{L2})}{\text{Re}(u_{L2})} = \arctan \frac{7,0551}{5,9526} = 49,8443^\circ$$

Příklad č.5

V obvodu na obrázku níže v čase $t = 0[s]$ sepne spínač S . Sestavte diferenciální rovnici popisující chování obvodu na obrázku, dále ji upravte dosazením hodnot parametrů. Vypočítejte analytické řešení $u_C = f(t)$. Proveďte kontrolu výpočtu dosazením do sestavené diferenciální rovnice.



Řešení

Příklad	Skupina	Výsledky
1	G	$U_{R2} = 34,3970 \text{ V}, \quad I_{R2} = 0,0819 \text{ A}$
2	G	$U_{R6} = 28,5926 \text{ V}, \quad I_{R6} = 0,2383 \text{ A}$
3	F	$U_{R4} = 76,8348 \text{ V}, \quad I_{R4} = 2,1343 \text{ A}$
4	G	$ U_{L2} = 9,2308 \text{ V}, \quad \varphi_{L2} = 49,8443^\circ$
5	G	