



IEL – protokol k projektu

Aleksandr Shevchenko
xshevc01

18. prosince 2021

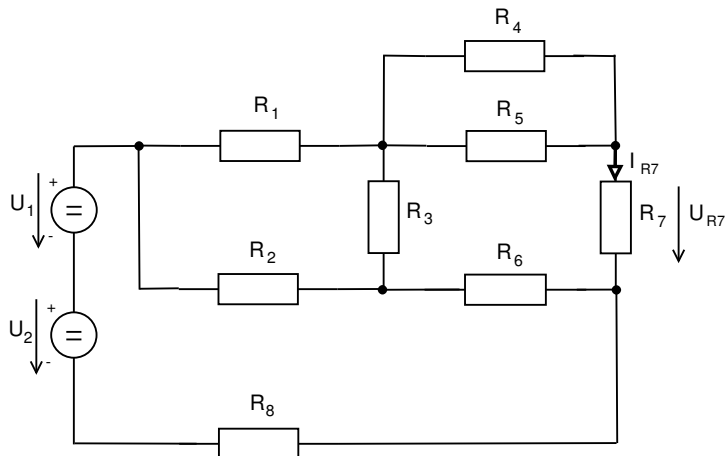
Obsah

1	Příklad 1	2
2	Příklad 2	7
3	Příklad 3	10
4	Příklad 4	13
5	Příklad 5	16
6	Shrnutí výsledků	19

Příklad 1

Stanovte napětí U_{R7} a proud I_{R7} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.

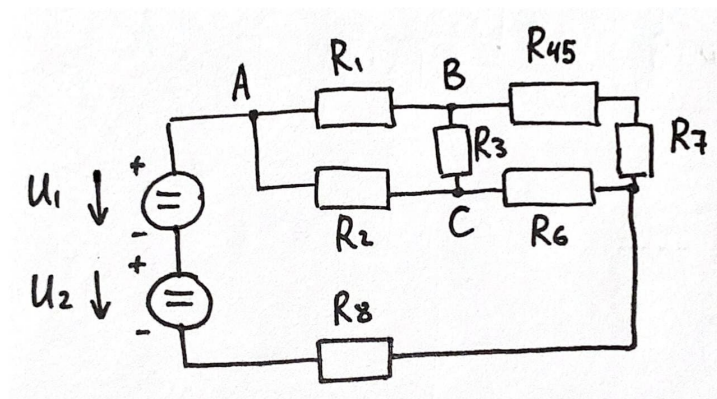
sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]	R_6 [Ω]	R_7 [Ω]	R_8 [Ω]
E	115	55	485	660	100	340	575	815	255	225



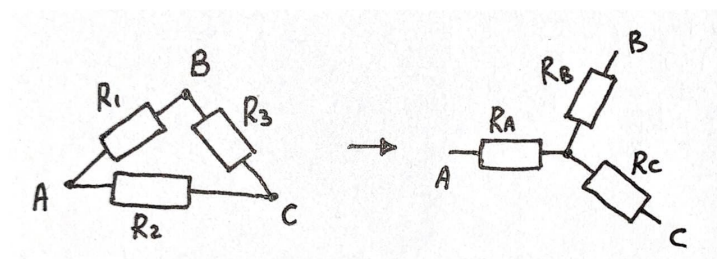
Řešení:

1) Uděláme pomocí metody postupného zjednodušování z daného obvodu obvod s jedním rezistorem. Rezistory R_4 a R_5 mají paralelní zapojení, proto můžeme místo ně dát rezistor R_{45} ekvivalentního odporu:

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}$$

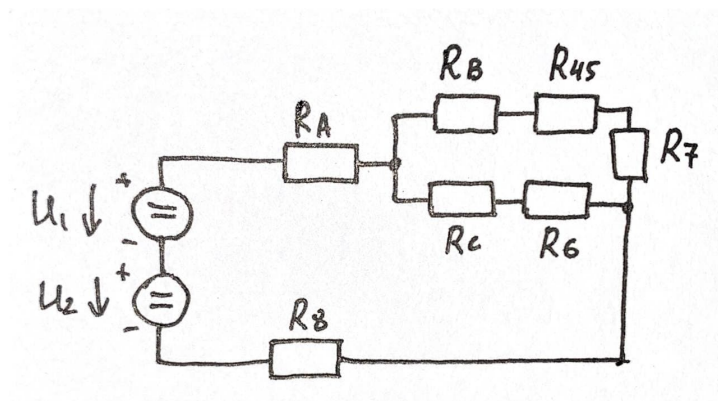


2) Pak pomocí přepočtu „Trojúhelník-hvězda“:



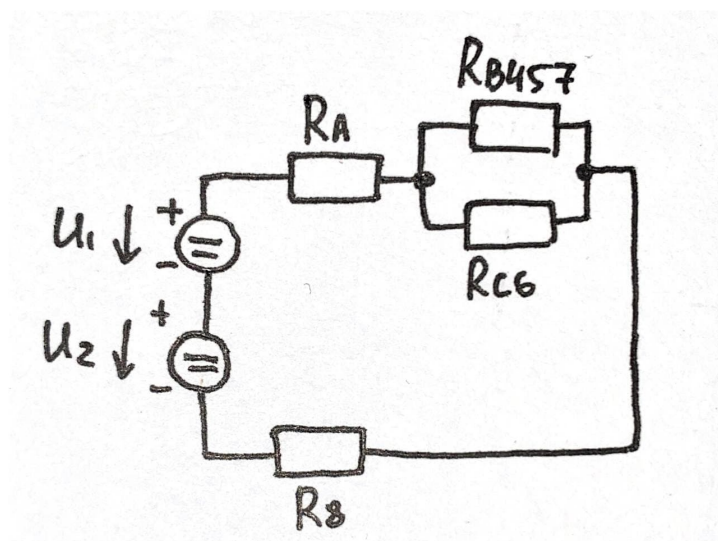
Dostaneme obvod, kde:

$$R_A = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} ; \quad R_B = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} ; \quad R_C = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$



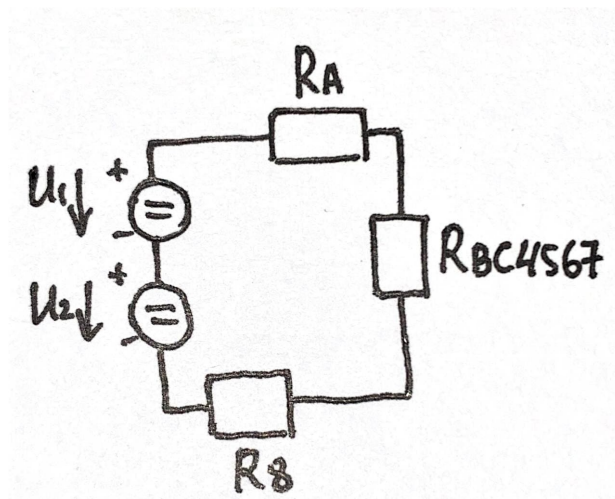
3) R_B , R_{45} , R_7 a R_C , R_6 jsou zapojené sériově:

$$R_{B457} = R_B + R_{45} + R_7 ; \quad R_{C6} = R_C + R_6$$



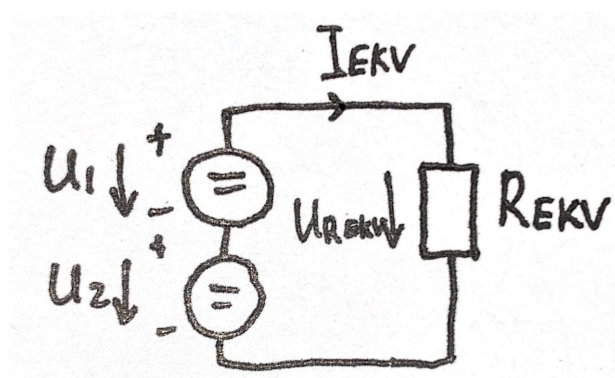
4) R_{B457} a R_{C6} mají paralelní zapojení:

$$R_{BC4567} = \frac{R_{B457} \cdot R_{C6}}{R_{B457} + R_{C6}}$$



5) A ekvivalentní odpor R_{EKV} se skládá z odporů R_A , R_{BC4567} a R_8 , zapojených sériově:

$$R_{EKV} = R_A + R_{BC4567} + R_8$$



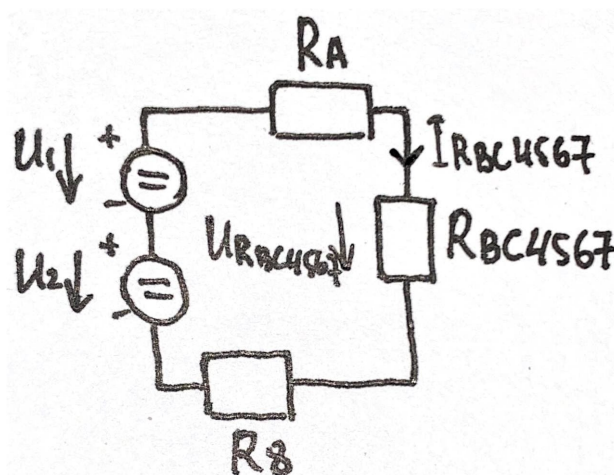
$$\begin{aligned} R_{EKV} = R_A + R_{BC4567} + R_8 &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{R_{B457} \cdot R_{C6}}{R_{B457} + R_{C6}} + R_8 = \\ &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{(R_B + R_{45} + R_7) \cdot (R_C + R_6)}{R_B + R_{45} + R_7 + R_C + R_6} + R_8 = \\ &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{\left(\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} + R_7\right) \cdot \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} + R_6\right)}{\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} + R_7 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} + R_6} + R_8 \approx \\ &\approx 802.4111 \, \Omega. \end{aligned}$$

6) A pojďme zpětně „sposkládat“ původní obvod. Podle 2. Kirchhoffova zákona a Ohmova zákona:

$$U_1 + U_2 - U_{R_{EKV}} = 0 ; \quad I_{EKV} = \frac{U_{R_{EKV}}}{R_{EKV}} \Rightarrow U_{R_{EKV}} = I_{EKV} \cdot R_{EKV}$$

$$I_{EKV} \cdot R_{EKV} = U_1 + U_2$$

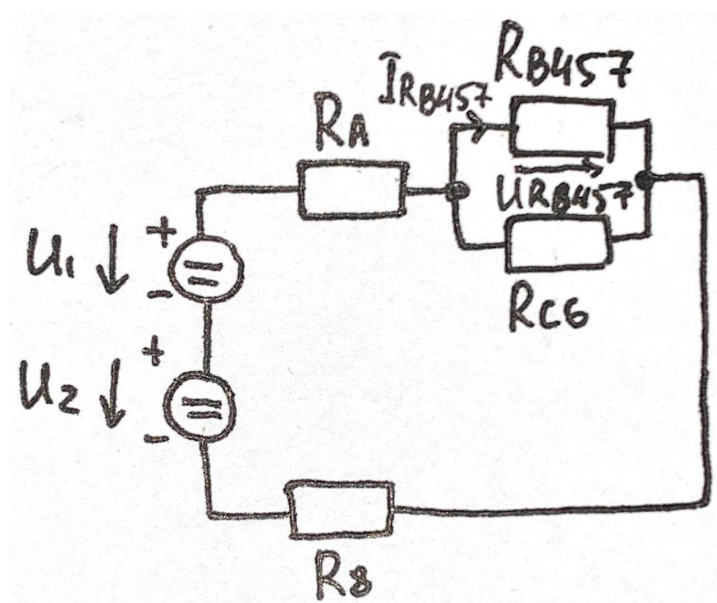
$$I_{EKV} = \frac{U_1 + U_2}{R_{EKV}}$$



7) Dál pro výpočet I_{R_7} a U_{R_7} nebudeme řešit R_A a R_8 , protože to je zbytečné. Poněvadž máme sériové zapojení a podle Ohmova zákona:

$$I_{R_{BC4567}} = I_{R_A} = I_{R_8} = I_{EKV} ; \quad I_{R_{BC4567}} = \frac{U_{R_{BC4567}}}{R_{BC4567}} \Rightarrow U_{R_{BC4567}} = I_{R_{BC4567}} \cdot R_{BC4567}$$

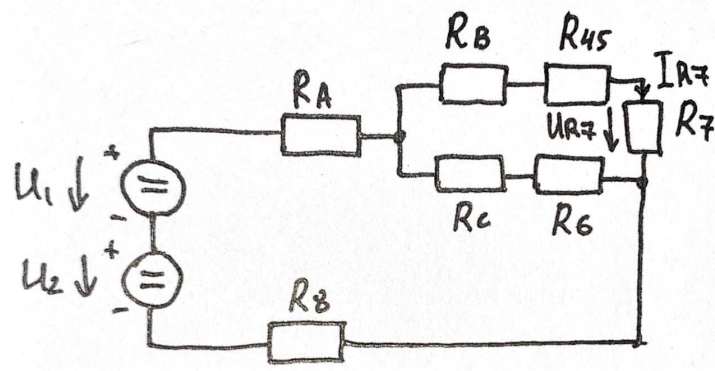
$$U_{R_{BC4567}} = I_{EKV} \cdot R_{BC4567}$$



8) R_{B457} a R_{C6} mají paralelní zapojení; podle Ohmova zákona:

$$U_{R_{B457}} = U_{R_{C6}} = U_{R_{BC4567}} ; \quad I_{R_{B457}} = \frac{U_{R_{B457}}}{R_{B457}}$$

$$I_{R_{B457}} = \frac{U_{R_{BC4567}}}{R_{B457}}$$



9) R_B , R_{45} a R_7 jsou zapojené sériově a taky podle Ohmova zákona:

$$I_{R_7} = I_{R_B} = I_{R_{45}} = I_{R_{B457}} ; \quad I_{R_7} = \frac{U_{R_7}}{R_7} \Rightarrow U_{R_7} = I_{R_7} \cdot R_7$$

$$U_{R_7} = I_{R_{B457}} \cdot R_7$$

10) Teď nám zbývá dosadit hodnoty do I_{R_7} a U_{R_7} :

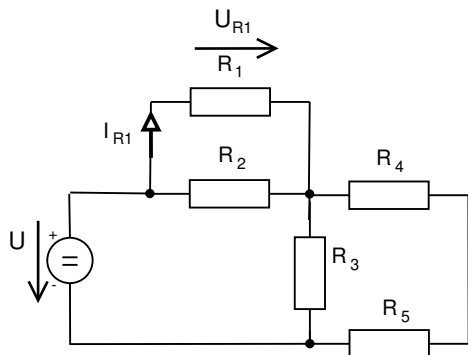
$$\begin{aligned} I_{R_7} = I_{R_{B457}} &= \frac{U_{R_{BC4567}}}{R_{B457}} = \frac{I_{EKV} \cdot R_{BC4567}}{R_{B457}} = \frac{\frac{U_1+U_2}{R_{EKV}} \cdot \frac{R_{B457} \cdot R_{C6}}{R_{B457}+R_{C6}}}{R_{B457}} = \\ &= \frac{(U_1+U_2) \cdot R_{C6}}{R_{EKV} \cdot (R_{B457} + R_{C6})} = \frac{(U_1+U_2) \cdot (R_C + R_6)}{R_{EKV} \cdot (R_B + R_{45} + R_7 + R_C + R_6)} = \\ &= \frac{(U_1+U_2) \cdot \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + R_6\right)}{R_{EKV} \cdot \left(\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4+R_5} + R_7 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + R_6\right)} \approx \\ &\approx \mathbf{0.1337 \text{ A}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{R_7} = I_{R_7} \cdot R_7 &= \frac{(U_1+U_2) \cdot \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + R_6\right) \cdot R_7}{R_{EKV} \cdot \left(\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4+R_5} + R_7 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3} + R_6\right)} \approx \\ &\approx \mathbf{34.0892 \text{ V}} \end{aligned}$$

Příklad 2

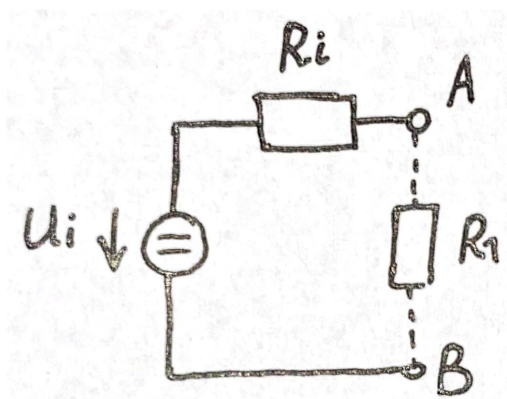
Stanovte napětí U_{R1} a proud I_{R1} . Použijte metodu Théveninovy věty.

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

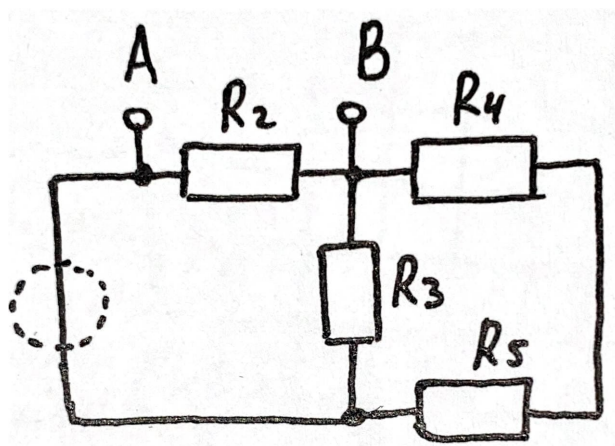


Řešení:

Podle Théveninovy věty musíme dostat ekvivalentní schéma:



1) Odpojíme R_1 a nahradíme napěťový zdroj „zkratem“:



2) Pomocí metody postupného zjednodušování obvodu najdeme R_{EKV} , které se rovněž bude rovnat R_i . R_4 a R_5 jsou zapojené sériově; R_2 , R_3 a R_{45} mají paralelní zapojení.

$$R_{45} = R_4 + R_5 ; \quad \frac{1}{R_{EKV}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}}$$

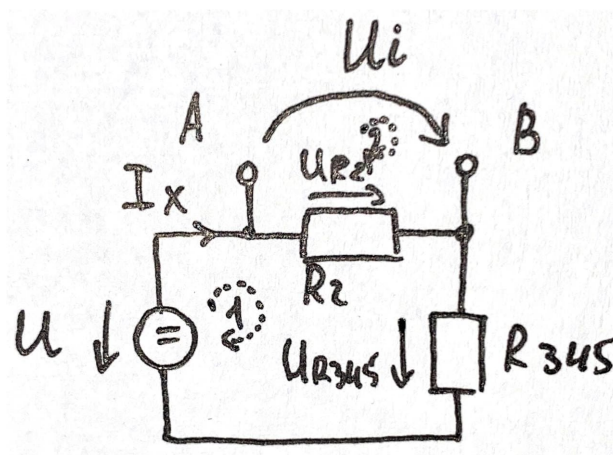
$$R_{EKV} = \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_{45}}{R_3 \cdot R_{45} + R_2 \cdot R_{45} + R_2 \cdot R_3} = \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot (R_4 + R_5)}{(R_4 + R_5) \cdot (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3} \approx$$

$$\approx 157.1556 \, \Omega$$

3) Ať obvodem prochází proud I_X , a místo rezistorů R_3 , R_4 a R_5 nahradíme ekvivalentní metodou postupného zjednodušování:

$$R_{45} = R_4 + R_5 ; \quad R_{345} = \frac{R_3 \cdot R_{45}}{R_3 + R_{45}}$$

$$R_{345} = \frac{R_3 \cdot (R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5}$$



4) Vypočítáme U_i pomocí 2. Kirchhoffova zákona pro smyčky 1 a 2 se zadaným směrem:

$$I_X \cdot R_2 + I_X \cdot R_{345} - U = 0$$

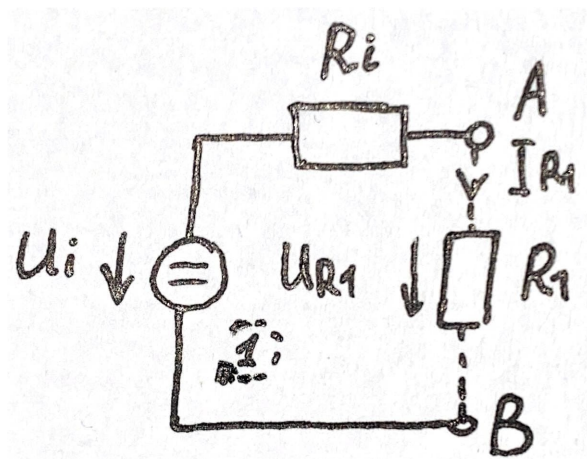
$$U_i - I_X \cdot R_2 = 0$$

$$I_X = \frac{U}{R_2 + R_{345}}$$

$$U_i = I_X \cdot R_2$$

$$U_i = \frac{U \cdot R_2}{R_2 + R_{345}} = \frac{U \cdot R_2}{R_2 + \frac{R_3 \cdot (R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5}} \approx 90.1968 \, V$$

5) Podle 2. Kirchhoffova zákona pro ekvivalentní obvod:



$$I_{R_1} \cdot R_i + I_{R_1} \cdot R_1 - U_i = 0$$

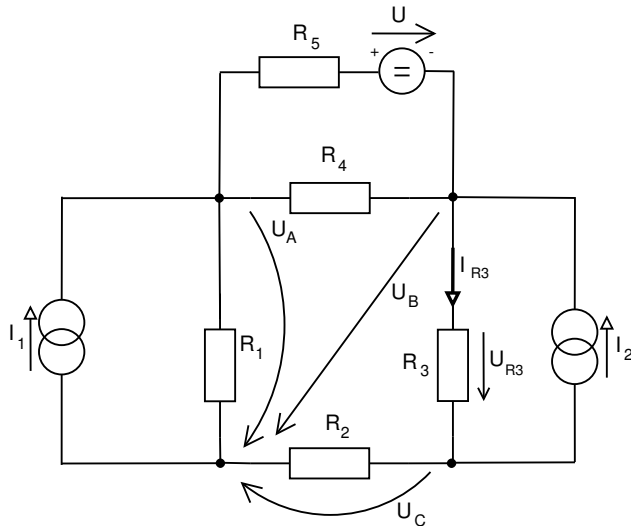
$$I_{R_1} = \frac{U_i}{R_i + R_1} \approx 0.2215 \text{ A}$$

$$U_{R_1} = I_{R_1} \cdot R_1 = \frac{U_i \cdot R_1}{R_i + R_1} \approx 55.3823 \text{ V}$$

Příklad 3

Stanovte napětí U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu uzlových napětí (U_A, U_B, U_C).

sk.	U [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]
C	110	0.85	0.75	44	31	56	20	30

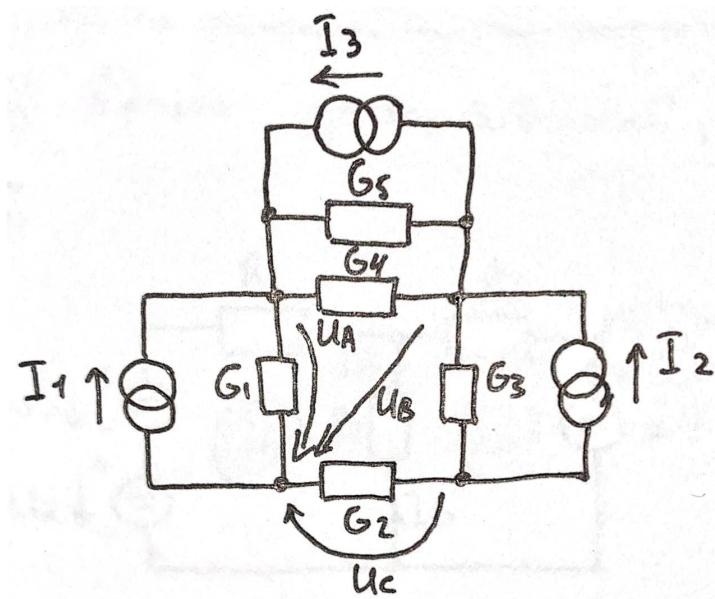


Řešení:

1) Uděláme ze zdroje napětí U ideální proudový zdroj a budeme počítat pomocí vodivostí rezistorů místo odporů:

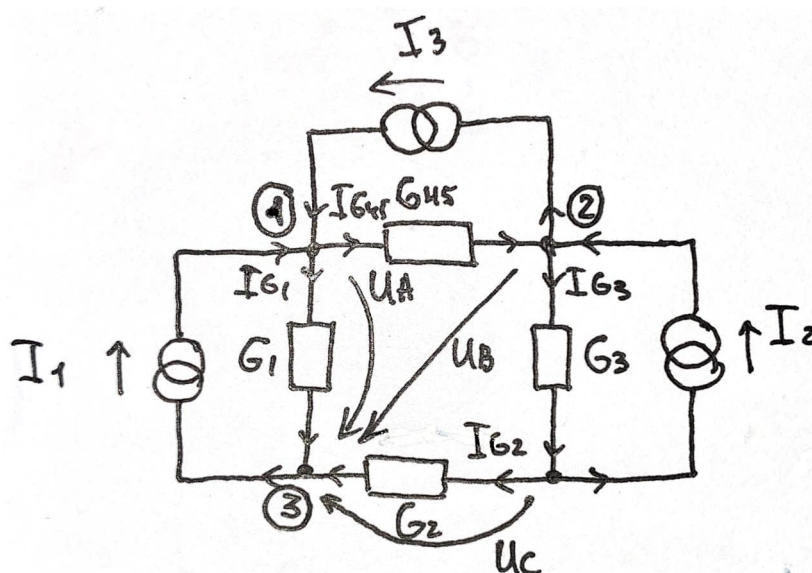
$$G = \frac{1}{R}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_5}$$

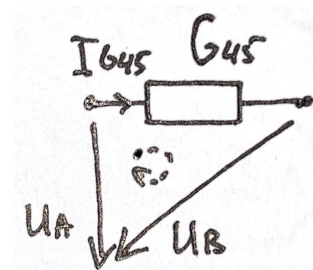
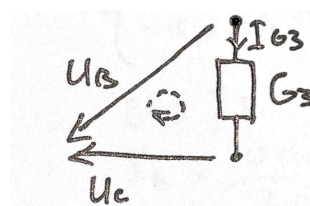
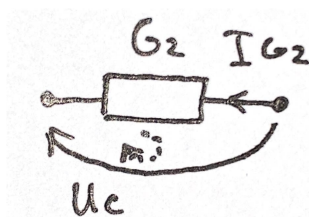
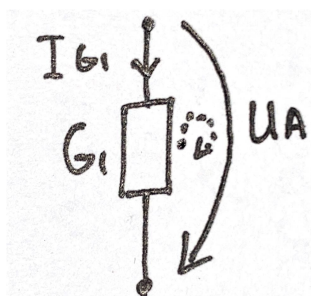


2) Rezistory G_4 a G_5 jsou zapojené paralelně:

$$G_{45} = G_4 + G_5$$



3) Náhradní obvody pro určení proudů:



Podle 2. Kirchhoffova zákona a Ohmova zákona:

$$U_A - \frac{I_{G1}}{G_1} = 0 ; \quad U_C - \frac{I_{G2}}{G_2} = 0$$

$$\frac{I_{G3}}{G_3} + U_C - U_B = 0 ; \quad \frac{I_{G45}}{G_{45}} + U_B - U_A = 0$$

$$I_{G1} = U_A \cdot G_1 ; \quad I_{G2} = U_C \cdot G_2$$

$$I_{G3} = (U_B - U_C) \cdot G_3 ; \quad I_{G45} = (U_A - U_B) \cdot G_{45}$$

4) Pro smyčky 1, 2 a 3 podle 1. Kirchhoffova zákona (směry proudů bereme z obrázku):

$$(1) \quad I_1 + I_3 - I_{G45} - I_{G1} = 0$$

$$(2) \quad I_2 + I_{G45} - I_3 - I_{G3} = 0$$

$$(3) \quad I_{G2} + I_{G1} - I_1 = 0$$

$$(1) \quad (U_A - U_B) \cdot G_{45} + U_A \cdot G_1 = I_1 + I_3$$

$$(2) \quad (U_A - U_B) \cdot G_{45} - (U_B - U_C) \cdot G_3 = I_3 - I_2$$

$$(3) \quad U_C \cdot G_2 + U_A \cdot G_1 = I_1$$

$$(1) \quad U_A \cdot (G_{45} + G_1) + U_B \cdot (-G_{45}) + U_C \cdot (0) = I_1 + I_3$$

$$(2) \quad U_A \cdot (G_{45}) + U_B \cdot (-G_{45} - G_3) + U_C \cdot (G_3) = I_3 - I_2$$

$$(3) \quad U_A \cdot (G_1) + U_B \cdot (0) + U_C \cdot (G_2) = I_1$$

5) Pomocí matice, Cramerova pravidla a Sarrusova pravidla najdeme napětí:

$$\begin{pmatrix} G_{45} + G_1 & -G_{45} & 0 \\ G_{45} & -G_{45} - G_3 & G_3 \\ G_1 & 0 & G_2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 + I_3 \\ I_3 - I_2 \\ I_1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{44} & -\frac{1}{20} - \frac{1}{30} & 0 \\ \frac{1}{20} + \frac{1}{30} & -\frac{1}{20} - \frac{1}{30} - \frac{1}{56} & \frac{1}{56} \\ \frac{1}{44} & 0 & \frac{1}{31} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.85 + \frac{110}{30} \\ \frac{110}{30} - 0.75 \\ 0.85 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{7}{66} & -\frac{1}{12} & 0 \\ \frac{1}{12} & -\frac{1}{168} & \frac{1}{56} \\ \frac{1}{44} & 0 & \frac{1}{31} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{271}{60} \\ \frac{35}{12} \\ \frac{17}{20} \end{pmatrix}$$

$$|M| = \begin{vmatrix} \frac{7}{66} & -\frac{1}{12} & 0 \\ \frac{1}{12} & -\frac{1}{168} & \frac{1}{56} \\ \frac{1}{44} & 0 & \frac{1}{31} \end{vmatrix} = -\frac{13}{83328}$$

$$|M_A| = \begin{vmatrix} \frac{271}{60} & -\frac{1}{12} & 0 \\ \frac{35}{12} & -\frac{1}{168} & \frac{1}{56} \\ \frac{17}{20} & 0 & \frac{1}{31} \end{vmatrix} = -\frac{3403}{416640} \quad ; \quad U_A = \frac{|M_A|}{|M|} = \frac{3403}{65} \text{ V}$$

$$|M_B| = \begin{vmatrix} \frac{7}{66} & \frac{271}{60} & 0 \\ \frac{1}{12} & \frac{35}{12} & \frac{1}{56} \\ \frac{1}{44} & \frac{17}{20} & \frac{1}{31} \end{vmatrix} = -\frac{2963}{1527680} \quad ; \quad U_B = \frac{|M_B|}{|M|} = \frac{8889}{715} \text{ V}$$

$$|M_C| = \begin{vmatrix} \frac{7}{66} & -\frac{1}{12} & \frac{271}{60} \\ \frac{1}{12} & -\frac{1}{168} & \frac{35}{12} \\ \frac{1}{44} & 0 & \frac{17}{20} \end{vmatrix} = \frac{81}{49280} \quad ; \quad U_C = \frac{|M_C|}{|M|} = -\frac{7533}{715} \text{ V}$$

6) Spočítáme U_{R_3} a I_{R_3} :

$$\mathbf{U}_{R_3} = U_B - U_C = \frac{8889}{715} \text{ V} - \left(-\frac{7533}{715} \text{ V}\right) \approx \mathbf{22.9678 \text{ V}}$$

$$\mathbf{I}_{R_3} = \frac{U_{R_3}}{R_3} \approx \mathbf{0.4101 \text{ A}}$$

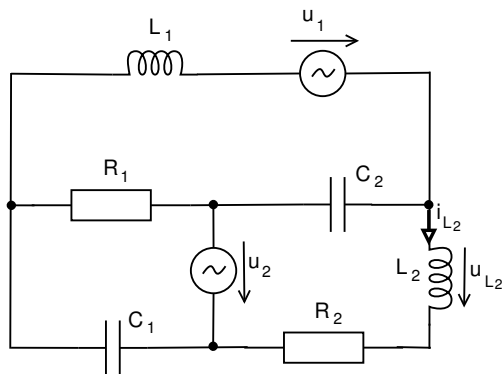
Příklad 4

Pro napájecí napětí platí: $u_1 = U_1 \cdot \sin(2\pi ft)$, $u_2 = U_2 \cdot \sin(2\pi ft)$.

Ve vztahu pro napětí $u_{L_2} = U_{L_2} \cdot \sin(2\pi ft + \varphi_{L_2})$ určete $|U_{L_2}|$ a φ_{L_2} . Použijte metodu smyčkových proudů.

Pozn: Pomocné směry šipek napájecích zdrojů platí pro speciální časový okamžik ($t = \frac{\pi}{2\omega}$).

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]
E	5	3	14	13	130	60	100	65	90



Řešení:

- 1) Najdeme úhlovou rychlost a impedance jednotlivých kondenzátorů a cívek:

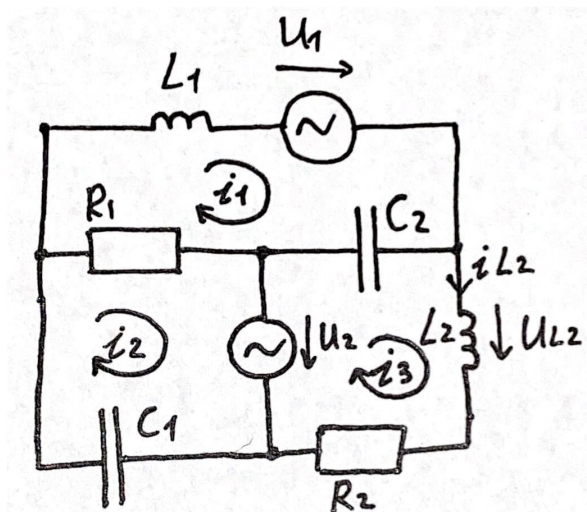
$$Z_L = j\omega L ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C} ; \quad \omega = 2\pi f$$

$$\omega = 180\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j23.4\pi \Omega ; \quad Z_{L_2} = j\omega L_2 = j10.8\pi \Omega$$

$$Z_{C_1} = -\frac{j}{\omega C_1} = -j\frac{10^3}{18\pi} \Omega ; \quad Z_{C_2} = -\frac{j}{\omega C_2} = -j\frac{10^4}{117\pi} \Omega$$

- 2) Pomocí metody smyčkových proudů a 2. Kirchhoffova zákona spočítáme obvod:



$$\begin{aligned}
i_1 : \quad & I_1 \cdot (Z_{L_1} + Z_{C_2} + R_1) + I_2 \cdot (-R_1) + I_3 \cdot (-Z_{C_2}) + U_1 = 0 \\
i_2 : \quad & I_1 \cdot (-R_1) + I_2 \cdot (R_1 + Z_{C_1}) + I_3 \cdot (0) + U_2 = 0 \\
i_3 : \quad & I_1 \cdot (-Z_{C_2}) + I_2 \cdot (0) + I_3 \cdot (Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2) - U_2 = 0
\end{aligned}$$

3) Pomocí matice, Cramerova pravidla a Sarrusova pravidla najdeme napětí:

$$\begin{aligned}
& \begin{pmatrix} Z_{L_1} + Z_{C_2} + R_1 & -R_1 & -Z_{C_2} \\ -R_1 & R_1 + Z_{C_1} & 0 \\ -Z_{C_2} & 0 & Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -U_1 \\ -U_2 \\ U_2 \end{pmatrix} \\
& \begin{pmatrix} j23.4\pi - j\frac{10^4}{117\pi} + 14 & -14 & j\frac{10^4}{117\pi} \\ -14 & 14 - j\frac{10^3}{18\pi} & 0 \\ j\frac{10^4}{117\pi} & 0 & -j\frac{10^4}{117\pi} + j10.8\pi + 13 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ -3 \\ 3 \end{pmatrix} \\
& |M| = \begin{vmatrix} j23.4\pi - j\frac{10^4}{117\pi} + 14 & -14 & j\frac{10^4}{117\pi} \\ -14 & 14 - j\frac{10^3}{18\pi} & 0 \\ j\frac{10^4}{117\pi} & 0 & -j\frac{10^4}{117\pi} + j10.8\pi + 13 \end{vmatrix} = 18315.0473 - j2377.4364 \\
& |M_3| = \begin{vmatrix} j23.4\pi - j\frac{10^4}{117\pi} + 14 & -14 & -5 \\ -14 & 14 - j\frac{10^3}{18\pi} & -3 \\ j\frac{10^4}{117\pi} & 0 & 3 \end{vmatrix} = 4862.2710 + j4249.1966 \\
& I_3 = \frac{|M_3|}{|M|} = 0.2315 + j0.2621 \text{ A}
\end{aligned}$$

4) Počítání I_1 a I_2 je zbytečné, protože hledaný proud $i_{L_2} = i_3$. Pomocí Ohmova zákona najdeme U_{L_2} a $|U_{L_2}|$, pomocí grafu se souřadnicemi Re-Im pro U_{L_2} určíme φ_{L_2} :

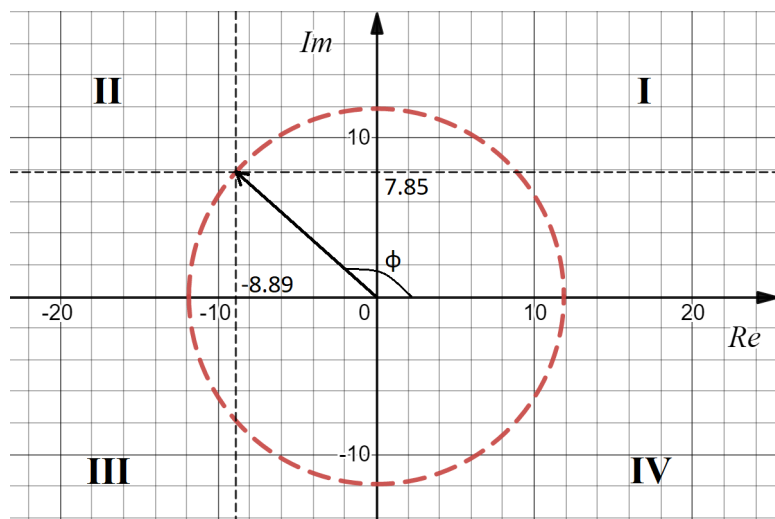
$$i_{L_2} = |I_{L_2}| \cdot \sin(\omega t + \varphi_{L_2})$$

$$I_{L_2} = I_3$$

$$U_{L_2} = I_{L_2} \cdot Z_{L_2}$$

$$U_{L_2} = I_3 \cdot Z_{L_2} = -8.8911 + j7.8533 \text{ V}$$

$$|U_{L_2}| = \sqrt{(\text{Re } U_{L_2})^2 + (\text{Im } U_{L_2})^2} \approx \mathbf{11.8628 \text{ V}}$$



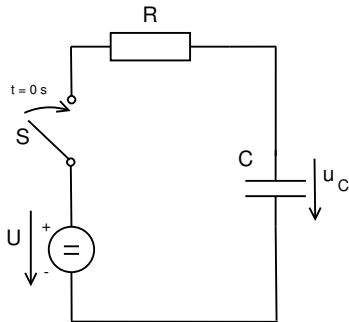
U_{L_2} se nachází ve II. kvadrantu grafu, proto:

$$\varphi_{L_2} = \pi + \arctan \frac{Im\ U_{L_2}}{Re\ U_{L_2}} \approx \mathbf{2.4181\ rad = 138^{\circ}32'49''}$$

Příklad 5

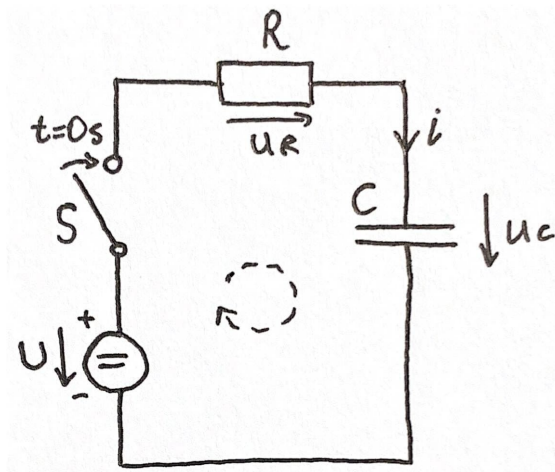
V obvodu na obrázku níže v čase $t = 0$ [s] sepne spínač S . Sestavte diferenciální rovnici popisující chování obvodu na obrázku, dále ji upravte dosazením hodnot parametrů. Vypočítejte analytické řešení $u_C = f(t)$. Proveďte kontrolu výpočtu dosazením do sestavené diferenciální rovnice.

sk.	U [V]	R [Ω]	C [F]	$u_C(0)$ [V]
H	8	50	40	4



Řešení:

1) Uděláme popis rovnicemi pomocí Ohmova a 2. Kirchhoffova zákonů:



$$i = \frac{u_R}{R}$$

$$u_R + u_C - U = 0$$

$$u'_C = \frac{i}{C} ; U_{Cp} = u_C(0)$$

Dosadíme i do poslední rovnice:

$$u'_C = \frac{u_R}{RC}$$

$$u_R = U - u_C$$

$$u'_C = \frac{U - u_C}{RC}$$

Dostaneme obyčejnou diferenciální rovnici:

$$(*) \quad \mathbf{u}'_C + \frac{\mathbf{u}_C}{RC} - \frac{\mathbf{U}}{RC} = \mathbf{0} ; \quad \mathbf{U}_{Cp} = \mathbf{u}_C(0)$$

$$u_C(t) = k(t) \cdot e^{\lambda t}$$

2) Řešíme charakteristickou rovnici:

$$\lambda + \frac{1}{RC} - 0 = 0$$

$$\lambda = -\frac{1}{RC}$$

$$u_C(t) = k(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

3) Zderivujeme:

$$u'_C = k'(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + k(t) \cdot \left(-\frac{1}{RC}\right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

4) Dosadíme $u_C(t)$ a u'_C do (*):

$$k'(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + k(t) \cdot \left(-\frac{1}{RC}\right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + \frac{k(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}}{RC} - \frac{U}{RC} = 0$$

$$k'(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{U}{RC}$$

$$k'(t) = \frac{U}{RC} \cdot e^{\frac{t}{RC}}$$

$$\int k'(t) dt = \int \frac{U}{RC} \cdot e^{\frac{t}{RC}} dt$$

$$\mathbf{k(t)} = \mathbf{U \cdot e^{\frac{t}{RC}} + K}$$

$$u_C(t) = (U \cdot e^{\frac{t}{RC}} + K) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = U + K \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$U_{Cp} = u_C(0) = U + K$$

$$\mathbf{K = U_{Cp} - U}$$

5) Dosadíme $k(t)$ do $u_C(t)$:

$$u_C(t) = k(t) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = (U \cdot e^{\frac{t}{RC}} + U_{Cp} - U) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$u_C(t) = U + (U_{Cp} - U) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = \mathbf{8 - 4e^{-\frac{t}{2000}} \quad [V]}$$

6) Uděláme zkoušku:

$$t = 0: \quad U_{Cp} = 8 - 4e^0 \quad V = 4 \quad V = u_C(0)$$

$$t \longrightarrow \infty: \quad u_C(„\infty“) = 8 - 4e^{-\infty} \quad V = 8 \quad V = U \quad (\text{kondenzátor nabit})$$

Dosadíme u_C a u'_C do původní (*):

$$u_C(t) = U + (U_{Cp} - U) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$u'_C = (U_{Cp} - U) \cdot \left(-\frac{1}{RC}\right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\begin{aligned} (U_{Cp} - U) \cdot \left(-\frac{1}{RC}\right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + \frac{U + (U_{Cp} - U) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}}{RC} - \frac{U}{RC} = \\ = \frac{(U_{Cp} - U)(e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{t}{RC}}) + U - U}{RC} = 0 \end{aligned}$$

Shrnutí výsledků

Příklad	Skupina	Výsledky
1	E	$U_{R7} = 34.0892 \text{ V}$ $I_{R7} = 0.1337 \text{ A}$
2	G	$U_{R1} = 55.3823 \text{ V}$ $I_{R1} = 0.2215 \text{ A}$
3	C	$U_{R3} = 22.9678 \text{ V}$ $I_{R3} = 0.4101 \text{ A}$
4	E	$ U_{L2} = 11.8628 \text{ V}$ $\varphi_{L2} = 2.4181 \text{ rad}$
5	H	$u_C = 8 - 4e^{-\frac{t}{2000}} \text{ V}$