VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií

Elektronika pro informační technologie

2017/2018

Semestrální projekt

Daniel Štěpán (xstepa60)

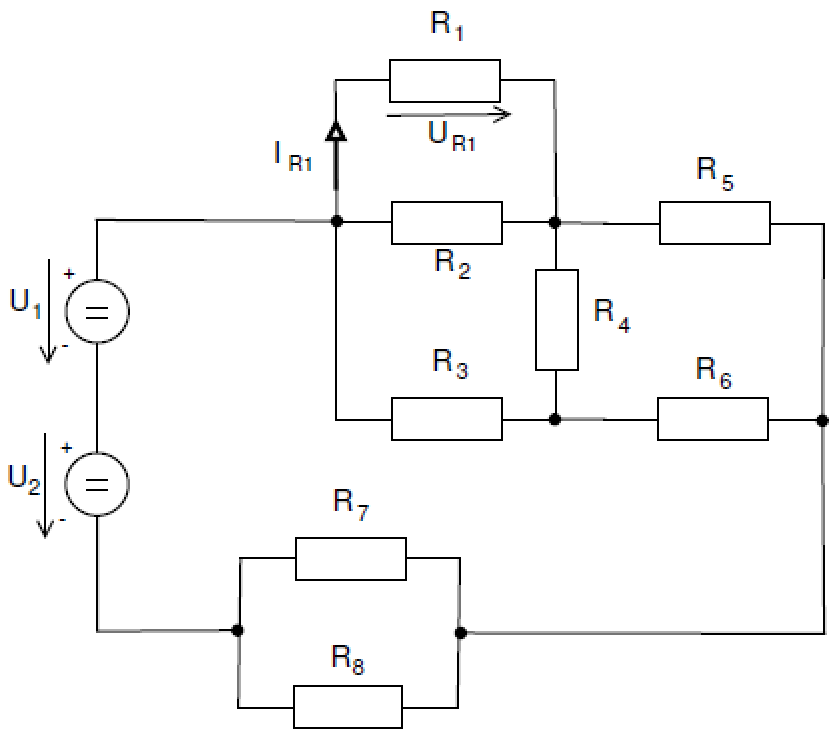
Brno, 20. prosince 2017

Obsah

1. Příklad

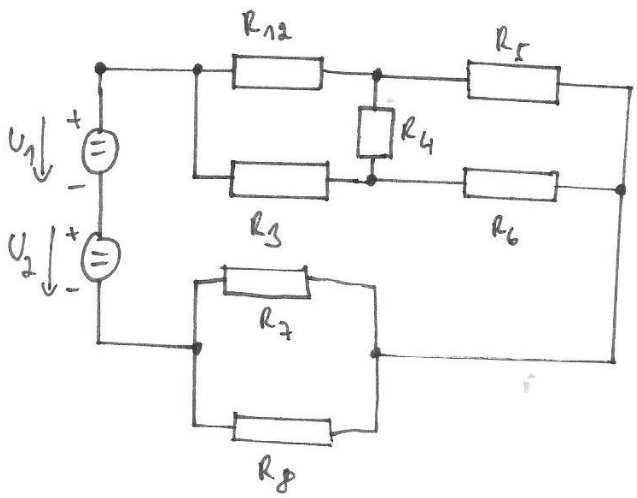
Stanovte napětí U_{R1} a proud I_{R1}. Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.

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]
C	100	80	450	810	190	220	220	720	260	180



V prvním kroku sloučíme paralelně zapojené rezistory R_1 a R_2:

$$R_{12} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{450 \times 810}{450 + 810} = 289.2857\ \Omega$$

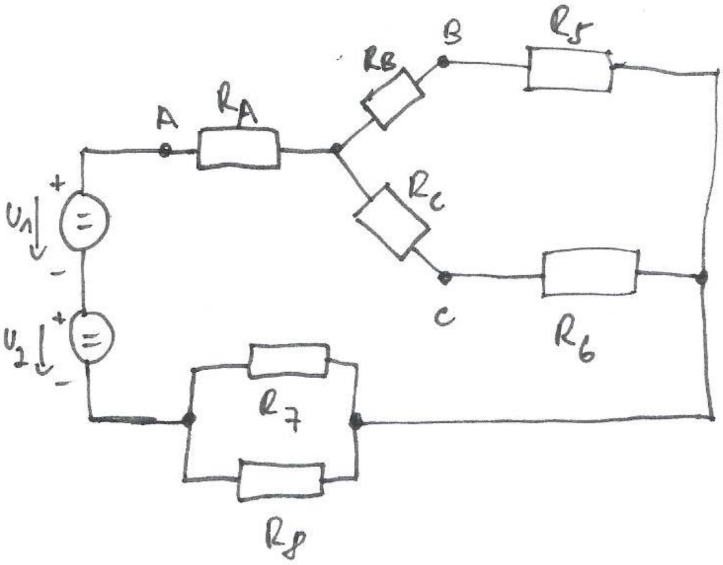


Jako druhý krok provedeme transfiguraci trojúhelník-hvězda:

$$R_A = \frac{R_{12} \times R_3}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{289.2857 \times 190}{289.2857 + 190 + 220} = 78.6006\ \Omega$$

$$R_B = \frac{R_{12} \times R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{289.2857 \times 220}{289.2857 + 190 + 220} = 91.0112\ \Omega$$

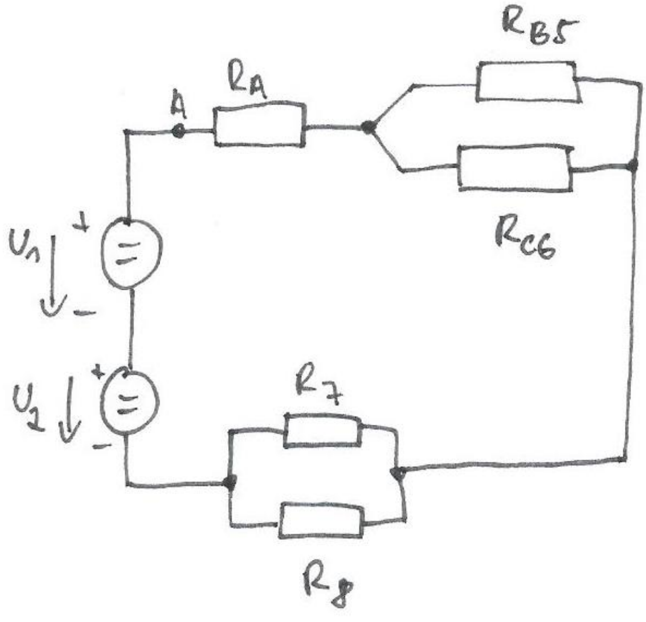
$$R_C = \frac{R_3 \times R_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{190 \times 220}{289.2857 + 190 + 220} = 59.7752\ \Omega$$



Nyní sloučíme sériově zapojený rezistor R_B s rezistorem R_5, a sériově zapojený rezistor R_C s rezistorem R_6:

$$R_{B5} = R_B + R_5 = 311.0112\ \Omega$$

$$R_{C6} = R_C + R_6 = 779.7753\ \Omega$$



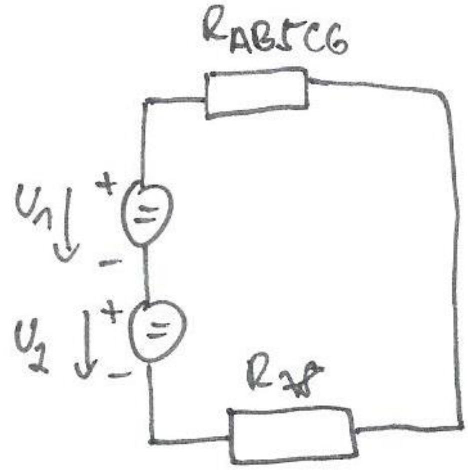
Rezistory R_{B5} a R_{C6} sloučíme paralelně, následně sériově s rezistorem R_A:

$$R_{B5C6} = \frac{R_{B5} \times R_{C6}}{R_{B5} + R_{C6}} = \frac{311.0112 \times 779.7753}{311.0112 + 779.7753} = 222.3339\ \Omega$$

$$R_{AB5C6} = R_A + R_{B5C6} = 78.6006 + 222.3339 = 300.9345\ \Omega$$

Sloučíme paralelně zapojené rezistory R_7 a R_8:

$$R_{78} = \frac{R_7 \times R_8}{R_7 + R_8} = \frac{260 \times 180}{260 + 180} = 106.3636\ \Omega$$

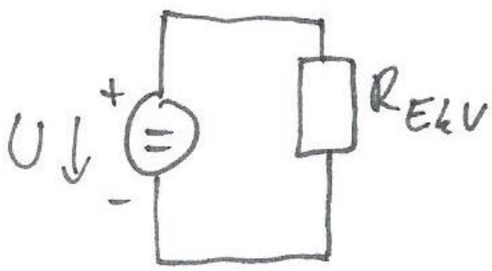


Už mám v obvodu jen dva rezistory, které sloučíme do jednoho rezistoru R_{EKV}:

$$R_{EKV} = R_{AB5C6} + R_{78} = 300.9345 + 106.3636 = 407.2981\ \Omega$$

Oba zdroje v obvodu si sloučíme do jednoho:

$$U = U_1 + U_2 = 100 + 80 = 180\ V$$



Můžeme vypočítat proud:

$$I = \frac{U}{R_{EKV}} = \frac{180}{407.2981} = 0.4419\ A$$

Teď můžeme „obvod skládat“ a zpětně počítat proudy a napětí na rezistorech, než se dostaneme k námi hledanému proudu a napětí:

$$U_{R_{AB5C6}} = I \times\ R_{AB5C6} = 0.4419 \times 300.9345 = 132.9830\ V$$

$$U_{R_{B5C6}} = I \times\ R_{B5C6} = 0.4419 \times 222.3339 = 98.2494\ V$$

$$I_{R_{B5}} = \frac{U_{R_{B5C6}}}{R_{B5}} = \frac{98.2493}{311.0112} = 0.3160\ A$$

$$I_{R_{C6}} = \frac{U_{R_{B5C6}}}{R_{C6}} = \frac{98.2493}{779.7752} = 0.1260\ A$$

$$U_{R_5} = I_{R_{B5}} \times\ R_5 = 0.3160 \times 220 = 69.5200\ V$$

$$U_{R_6} = I_{R_{C6}} \times\ R_6 = 0.1260 \times 720 = 90.7200\ V$$

$$U_{R_4} = U_{R_6} -\ U_{R_5} = 90.7200 - 69.5200 = 21.2000\ V$$

$$I_{R_5} = \frac{U_{R_5}}{R_5} = \frac{69.5200}{220} = 0.3160\ A$$

$$I_{R_4} = \frac{U_{R_4}}{R_4} = \frac{21.2000}{220} = 0.0964\ A$$

$$I_{R_{12}} = I_{R_5} - I_{R_4} = 0.3160 - 0.0964 = 0.2195\ A$$

$$I_{R_3} = I - I_{R_{12}} = 0.4419 - 0.2195 = 0.2224\ A$$

$$U_{R_3} = I_{R_5} \times R_3 = 0.2224 \times 190 = 42.2560\ A$$

$$U_{R_{12}} = U_{R_4} +\ U_{R_3} = 21.2000 - 42.2560 = 63.4560\ V$$

Nyní známe již vše potřebné k vypočítání námi hledaného proudu a napětí:

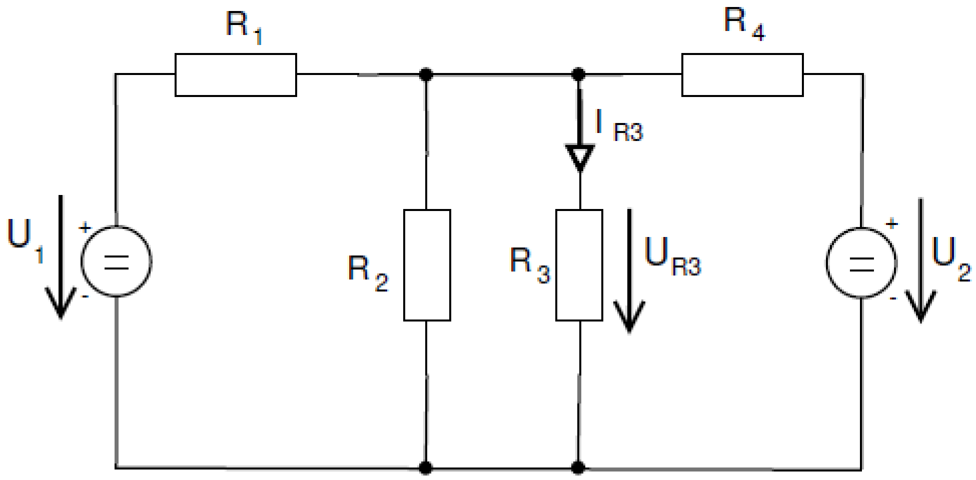
$$I_{R_1} = \frac{U_{R_{12}}}{R_1} = \frac{63.4560}{450} = \mathbf{0.1410\ A}$$

$$U_{R_1} =\ U_{R_{12}} =\ \mathbf{63.4560\ V}$$

2. Příklad

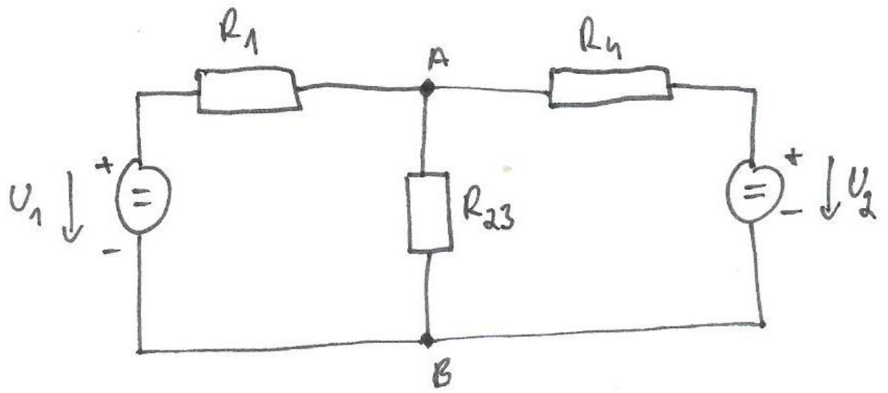
Stanovte napětí U_{R3} a proud I_{R3}. Použijte metodu Théveninovy věty.

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]
C	200	70	220	630	240	450



V prvním kroku sloučíme paralelně postavené rezistory R_2 a R_3:

$$R_{23} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{630 \times 240}{630 + 240} = \frac{151200}{870} = 173.7931\ \Omega$$



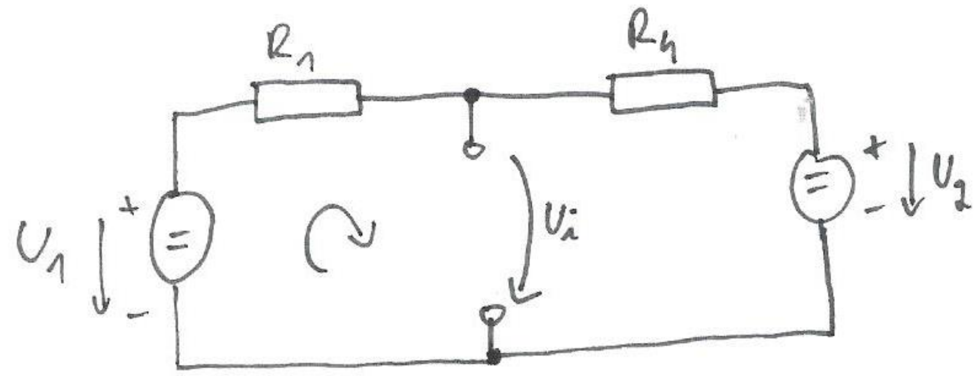
Nyní si spočítáme odpor R_i mezi body A a B (uzly větve, kterou chceme pomocí Thévenina počítat).

$$R_i = \frac{R_1 \times R_4}{R_1 + R_4} = \frac{220 \times 450}{220 + 450} = 147.7611\ \Omega$$

Z levé smyčky si vytvoříme rovnici pro výpočet U_i:

$$U_i = U_1 - U_{R_1}$$

$$U_i = U_1 - R_1 \times I$$



Musíme si ovšem prvně vypočítat proud I, protékající obvodem:

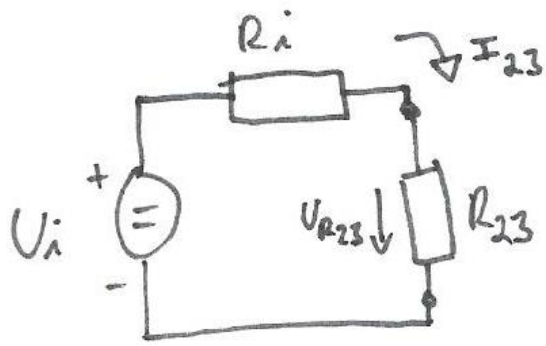
$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_{EKV}} = \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_4} = \frac{200 - 130}{220 + 450} = 0.1940\ A$$

Nyní můžeme proud I dosadit do předchozí rovnice pro výpočet U_i:

$$U_i = 200 - 220 \times 0.1940 = 157.32\ V$$

Již známe vše potřebné pro vytvoření tzv. ekvivalentního obvodu. Vypočítáme proud procházející rezistorem R_{23}:

$$I_{23} = \frac{U_i}{R_i + R_{23}} = \frac{157.32}{147.7611 + 173.7931} = 0.4892\ A$$



Dále můžeme zjistit napětí na rezistoru R_{23}:

$$U_{R_{23}} = I_{23} \times\ R_{23} = 0.4892 \times 173.7931 = 85.0196\ V$$

Pokud dříve sloučené rezistory R_2 a R_3 opět „rozpojíme“, víme, že na nich naměříme stejné napětí U_{R23}. Toho využijeme při výpočtu proudu I_{R3} procházejícím větví s rezistorem R_3:

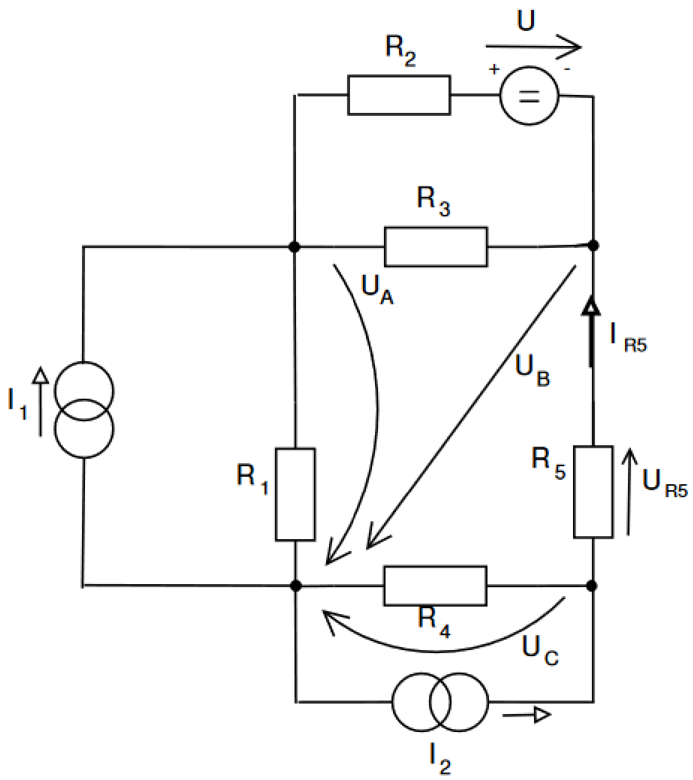
$$U_{R_3} = U_{R_{23}} = \mathbf{85.0196\,V}$$

$$I_{R_3} = \frac{U_{R_3}}{R_3} = \mathbf{0.3542\,A}$$

3. Příklad

Stanovte napětí U_{R5} a proud I_{R5} . 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]
A	120	0.9	0.7	53	49	65	39	32



Převedeme napěťové zdroje na proudové a rezistory převedeme na vodivosti:

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{54} = 0.0189\ S$$

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

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{65} = 0.0154\ S$$

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

$$G_5 = \frac{1}{R_5} = \frac{1}{32} = 0.0313\ S$$

$$G_{23} = G_2 + G_3 = 0.0204 + 0.0154 = 0.0358\ S$$

$$I_Z = \frac{U}{R_2} = \frac{120}{49} = 2.4490\ A$$

Sestavíme si rovnice pro jednotlivé uzly A, B a C.

Rovnice pro uzel A:

$$I_1 + I_Z - I_{G_1} - I_{G_{23}} = 0$$

$$I_1 + I_Z - G_1 U_A - G_{23}(U_A - U_B) = 0$$

$$I_1 + I_Z - G_1 U_A - G_{23} U_A + G_{23} U_B = 0$$

$$U_A(-G_1 - G_{23}) + U_B G_{23} = -I_1 - I_Z$$

Rovnice pro uzel B:

$$I_{G_5} + I_{G_{23}} - I_Z = 0$$

$$G_5(U_C - U_B) + G_{23}(U_A - U_B) - I_Z = 0$$

$$G_5 U_C - G_5 U_B + G_{23} U_A - G_{23} U_B - I_Z = 0$$

$$U_A G_{23} + U_B(-G_5 - G_{23}) + U_C G_5 = I_Z$$

Rovnice pro uzel C:

$$I_2 - I_{G_4} - I_{G_5} = 0$$

$$I_2 - G_4 U_C - G_5(U_C - U_B) = 0$$

$$I_2 - G_4 U_C - G_5 U_C + G_5 U_B = 0$$

$$U_B G_5 + U_C(-G_4 - G_5) = -I_2$$

Řešíme soustavu 3 rovnic o 3 neznámých, k výpočtu použijeme Cramerovo pravidlo:

$$U_A(-G_1 - G_{23}) + U_B G_{23} = -I_1 - I_Z$$

$$U_A G_{23} + U_B(-G_5 - G_{23}) + U_C G_5 = I_Z$$

$$U_B G_5 + U_C(-G_4 - G_5) = -I_2$$

$$\begin{pmatrix} -G_1 - G_{23} & G_{23} & 0 \\ G_{23} & -G_5 & G_5 \\ 0 & G_5 & -G_4 - G_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -I_1 - I_Z \\ I_Z \\ -I_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -0.0547 & 0.0358 & 0 \\ 0.0358 & -0.0671 & 0.0313 \\ 0 & 0.0313 & -0.0569 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.9 - 2.449 \\ 2.449 \\ -0.7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3.349 \\ 2.4490 \\ -0.7 \end{pmatrix}$$

Determinant matice:

$$\Delta_S = \begin{vmatrix} -0.0547 & 0.0358 & 0 \\ 0.0358 & -0.0671 & 0.0313 \\ 0 & 0.0313 & -0.0569 \end{vmatrix} = -2.08844053 \times 10^{-4} - (-1.26514359 \times 10^{-4})$$

$$= -8.2329694 \times 10^{-5} = -0.00008232$$

Determinant pro U_B:

$$\Delta_{U_B} = \begin{vmatrix} -0.0547 & -3.3490 & 0 \\ 0.0358 & 2.4490 & 0.0313 \\ 0 & -0.7 & -0.0569 \end{vmatrix} = 7.62234107 \times 10^{-3} - (8.02045698 \times 10^{-3})$$

$$= -3.981159 \times 10^{-4} = -0.0003981$$

S pomocí determinantu hlavní matice Δ_S a determinantu Δ_{U_B} můžeme nyní vypočítat napětí U_B:

$$U_B = \frac{\Delta_{U_B}}{\Delta_S} = \frac{-0.0003981}{-0.00008232} = 4.8360\ V$$

Determinant pro U_C:

$$\Delta_{U_C} = \begin{vmatrix} -0.0547 & 0.0358 & -3.34900 \\ 0.0358 & -0.0671 & 2.4490 \\ 0 & 0.0313 & -0.7 \end{vmatrix} = -6.32194746 \times 10^{-3} - (-5.09010539 \times 10^{-3})$$

$$= -1.23184207 \times 10^{-3} = -0.001231$$

S pomocí determinantu hlavní matice Δ_S a determinantu Δ_{U_C} můžeme nyní vypočítat napětí U_C:

$$U_C = \frac{\Delta_{U_C}}{\Delta_S} = \frac{-0.001231}{-0.00008232} = 14.9538\ V$$

Protože známe U_C i U_B, můžeme pomocí II. Kirchhoffova zákona vypočítat napětí U_{G5}:

$$U_{G_5} = U_C - U_B = 14.9538 - 4.8360 = 10.1178\ V$$

Nyní známe vše potřebné pro výpočet I_{R5}:

$$I_{R_5} = U_{G_5} \times G_5 = 10.1178 \times 0.0313 = \mathbf{0.3167\ A}$$

$$U_{R_5} = U_{G_5} = \mathbf{10.1178\ V}$$

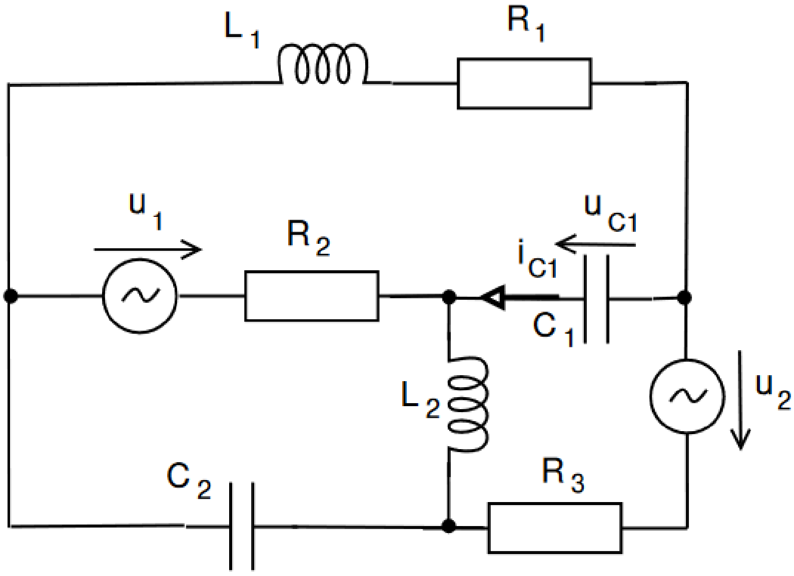
4. Příklad

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 $u_{C_1} = U_{C_1} \cdot sin(2\pi f t + \varphi_{C_1})$ určete $|U_{C_1}|$ a φ_{C_1}. Použijte metodu smyčkových proudů.

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

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	L_1 [mH]	L_2 [mH]	C_1 [μF]	C_2 [μF]	f [Hz]
C	35	45	10	13	11	220	70	230	85	75



Začneme sestavením rovnic pro jednotlivé proudy ve smyčkách.

Rovnice smyčkového proudu I_A (horní smyčka):

$$(Z_{L_1} + R_1)I_A + Z_{C_1}(I_A - I_C) + R_2(I_A - I_B) - U_1 = 0$$

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

Rovnice smyčkového proudu I_B (levá dolní smyčka):

$$R_2(I_B - I_A) + Z_{C_1}(I_B - I_C) + Z_{C_2} I_B + U_1 = 0$$

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

Rovnice smyčkového proudu I_C (pravá dolní smyčka):

$$R_3 I_C + Z_{L_2}(I_C - I_B) + Z_{C_1}(I_C - I_A) + U_2 = 0$$

$$-I_A Z_{C_1} - I_B Z_{L_2} + I_C\left(R_3 + Z_{L_2} + Z_{C_1}\right) = -U_2$$

Z vytvořených rovnic nyní sestavíme matici:

$$\begin{pmatrix} Z_{L_1} + R_1 + Z_{C_1} + R_2 & -R_2 & -Z_{C_1} \\ -R_2 & R_2 + Z_{L_2} + Z_{C_2} & -Z_{L_2} \\ -Z_{C_1} & -Z_{L_2} & R_3 + Z_{L_2} + Z_{C_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 \\ -U_1 \\ -U_2 \end{pmatrix}$$

Vypočítáme si hodnoty, které následně dosadíme do matice:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi 75 = 150\pi \ {}^{rad}/_{s}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \cdot 150\pi \cdot 220 \cdot 10^{-3} = 103.6726j\ \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \cdot 150\pi \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 32.9867j\ \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{-j}{150\pi \cdot 230 \cdot 10^{-6}} = -9.2264j\ \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{-j}{150\pi \cdot 85 \cdot 10^{-6}} = -24.9655j\ \Omega$$

Po dosazení do matice:

$$\begin{pmatrix} 23 + 94.4462j & -13 & 9.2264j \\ -13 & 13 + 8.0212j & -32.9867j \\ 9.2264j & -32.9867j & 11 + 23.7603j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 35 \\ -35 \\ -45 \end{pmatrix}$$

Nyní budeme počítat determinanty matic, abychom s využitím Cramerova pravidla získali požadované hodnoty I_A a I_C.

Determinant Δ matice:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 23 + 94.4462j & -13 & 9.2264j \\ -13 & 13 + 8.0212j & -32.9867j \\ 9.2264j & -32.9867j & 11 + 23.7603j \end{vmatrix} = -22239.2839 + 104075.7145j$$

Determinant matice pro I_A:

$$\Delta_{I_A} = \begin{vmatrix} 35 & -13 & 9.2264j \\ -35 & 13 + 8.0212j & -32.9867j \\ -45 & -32.9867j & 11 + 23.7603j \end{vmatrix} = 17431.2660 - 10811.6135j$$

Determinant matice pro I_C:

$$\Delta_{I_C} = \begin{vmatrix} 23 + 94.4462j & -13 & 35 \\ -13 & 13 + 8.0212j & -35 \\ 9.2264j & -32.9867j & -45 \end{vmatrix} = 139872.3680 - 75098.3140j$$

Nyní s pomocí vypočítaných determinantů zjistíme hodnoty I_A a I_C:

$$I_A = \frac{\Delta_{I_A}}{\Delta} = \frac{17431.2660 - 10811.6135j}{-22239.2839 + 104075.7145j} = -0.1336 - 0.1389j$$

$$I_C = \frac{\Delta_{I_C}}{\Delta} = \frac{139872.3680 - 75098.3140j}{-22239.2839 + 104075.7145j} = -0.9647 - 1.1378j$$

Ze schématu obvodu vidíme, že:

$$i_{C_1} = (I_A - I_C)$$

Již známe všechny hodnoty potřebné pro výpočet napětí u_{C_1} pomocí Ohmova zákona:

$$u_{C_1} = i_{C_1} \cdot Z_{C_1}$$

$$u_{C_1} = (I_A - I_C) \cdot Z_{C_1}$$

$$u_{C_1} = 9.2163 - 7.6680j$$

Vypočítáme amplitudu $|U_{C_1}|$:

$$\left|U_{C_1}\right| = \sqrt{(9.2163)^2 + (7.6680)^2} = \mathbf{11.9890\ V}$$

V posledním kroku spočítáme fázový posun φ:

$$\tan \varphi_{C_1} = \frac{7.6680}{9.2163} = 0.8320$$

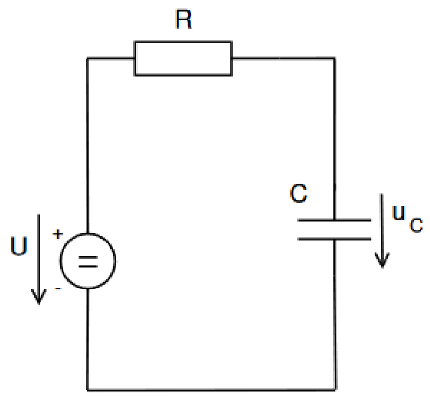
$$\varphi_{C_1} = \mathbf{39.7605\ deg}$$

5. Příklad

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]	*C* [F]	*R* [Ω]	u_C *(0)* [V]
C	60	5	30	7



Popíšeme si obvod rovnicemi:

1) z Ohmova zákona: $i = \frac{u_R}{R}$
2) II. Kirch. zák.: $u_R + u_C - u = 0$
3) $u_C' = \frac{i}{C}, u_C(0) = u_{CP}$

Dosadíme z 1. rovnice do 3.:

$$u_C = \frac{u_R}{RC}$$

Dosadíme u_R z 2. rovnice:

$$u_R = u - u_C \Rightarrow u_C' = \frac{u - u_C}{RC}$$

Získali jsme dif. rovnici 1. řádu:

$$* \; u_C' + \frac{u_C}{RC} = \frac{u}{RC}$$

$$* \; u_C' + \frac{u_C}{150} = 0.4$$

Vyjádříme λ z charakteristické rovnice ($u_C' \Leftrightarrow \lambda;\ u_C \Leftrightarrow 1$):

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

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

$$\lambda = -\frac{1}{150}$$

Očekávané řešení je ve tvaru:

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

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

$$u_C(t) = K(t)e^{\frac{-t}{150}}$$

Zderivujeme u_C:

$$u_C' = K'(t)e^{\frac{-t}{150}} + K(t)(-\frac{1}{150})e^{\frac{-t}{150}}$$

Dosadíme $u_C\ a\ u_C'$ do naší dif. rovnice označené *:

$$u_C' + \frac{u_C}{150} = 0.4$$

$$K'(t)e^{\frac{-t}{150}} + K(t)\left(-\frac{1}{150}\right)e^{\frac{-t}{150}} + \frac{K(t)e^{\frac{-t}{150}}}{150} = 0.4$$

$$K'(t)e^{\frac{-t}{150}} = 0.4$$

Obě strany vydělíme $e^{\frac{-t}{150}}$:

$$K'(t) = 0.4e^{\frac{t}{150}}$$

Integrace $k'(t)$:

$$K(t) = \frac{0.4}{\frac{1}{150}}e^{\frac{t}{150}} + k$$

$$K(t) = 60e^{\frac{t}{150}} + k$$

Dosadíme $k(t)$ do očekávaného řešení:

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

$$u_C(t) = \left(60e^{\frac{1}{150}} + k\right)e^{\frac{-t}{150}}$$

$$u_C(t) = 60 + ke^{\frac{-t}{150}}$$

Dosadíme počáteční podmínku $u_C(0) = \; u_{CP}$; $(u_C(0) = 7)$:

$$7 = 60 + ke^{\frac{-0}{150}}$$

$$7 = 60 + k$$

$$k = -53$$

Po dosazení konstanty do očekávaného řešení dostáváme výsledek:

$$\boldsymbol{u_C(t) = 60 - 53e^{\frac{-t}{150}}}$$

Nyní provedeme zkoušku:

$$u_C(t) = 60 - 53e^{\frac{-t}{150}}$$

Pro $t = 0$:

$$u_C(0) = 60 - 53e^{\frac{-0}{150}}$$

$$u_C(0) = 60 - 53$$

$$u_C(0) = 7$$

$$u_C(0) = u_{CP}$$

Pro $t = \; \infty$:

$$u_C(\infty) = u$$

$$60 = 60 - 53e^{\frac{-\infty}{150}}$$

$$60 = 60$$

Dosadíme u_C, u_C' do původní rovnice *:

$$u_C' = \frac{1}{-RC}(u_{CP} - u)e^{\frac{-t}{RC}} = \frac{u - u_{CP}}{RC}e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$u_C' = \; -\frac{1}{150} \times (-53)e^{\frac{-t}{150}} = \frac{53}{150}e^{\frac{-t}{150}}$$

$$\frac{u - u_{CP}}{RC} e^{\frac{-t}{RC}} + \frac{u}{RC} + \frac{u_{CP} - u}{RC} e^{\frac{-t}{RC}} = \frac{u}{RC}$$

$$\frac{60 - 7}{150} e^{\frac{-t}{150}} + \frac{60}{150} + \frac{7 - 60}{150} e^{\frac{-t}{150}} = \frac{60}{150}$$

$$\frac{u}{RC} = \frac{u}{RC}$$

$$\frac{60}{150} = \frac{60}{150}$$

$$L = P$$

Tabulka s variantami zadání

Příklad	**Skupina**	**Výsledek**
1	C	$U_{R_1} = 63.4560\ V;\ I_{R_1} = 0.1410\ A$
2	C	$U_{R_3} = 85.0196\ V;\ I_{R_3} = 0.3542\ A$
3	A	$U_{R_5} = 10.1178\ V;\ I_{R_5} = 0.3167\ A$
4	C	$\left\lvert U_{C_1} \right\rvert = 11.9890\ V;\ \varphi_{C_1} = 39.7605\ deg$
5	C	$u_C(t) = 60 - 53e^{\frac{-t}{150}}$