

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií

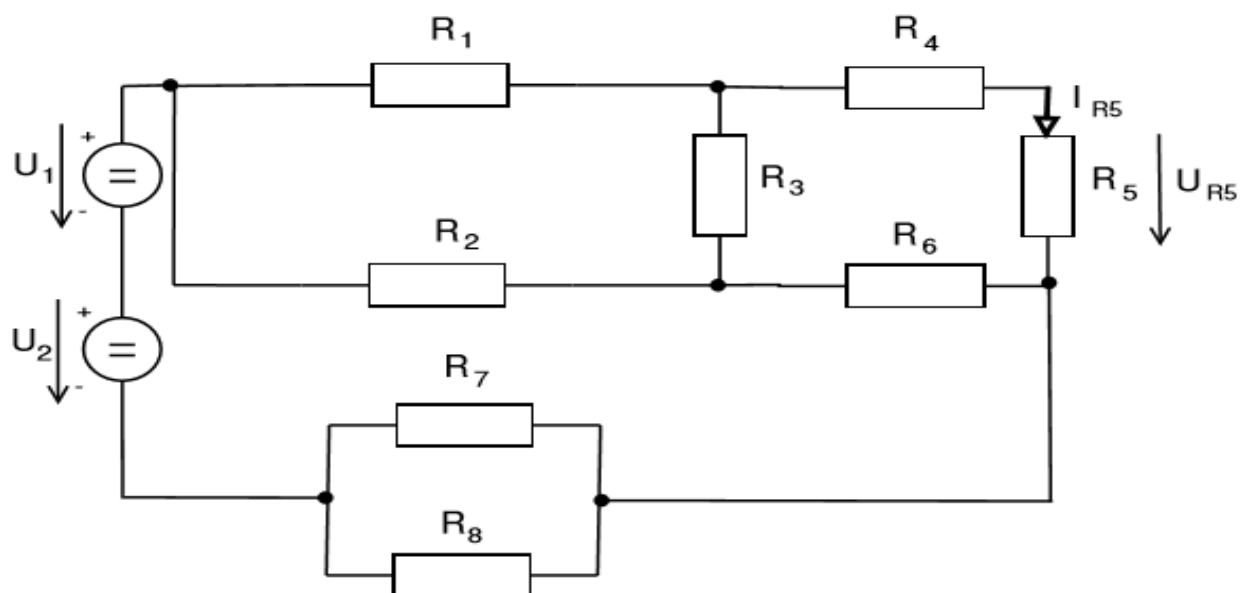
Elektronika pro informační technologie
2019/2020

Semestrální projekt

Príklad č. 1 – varianta C

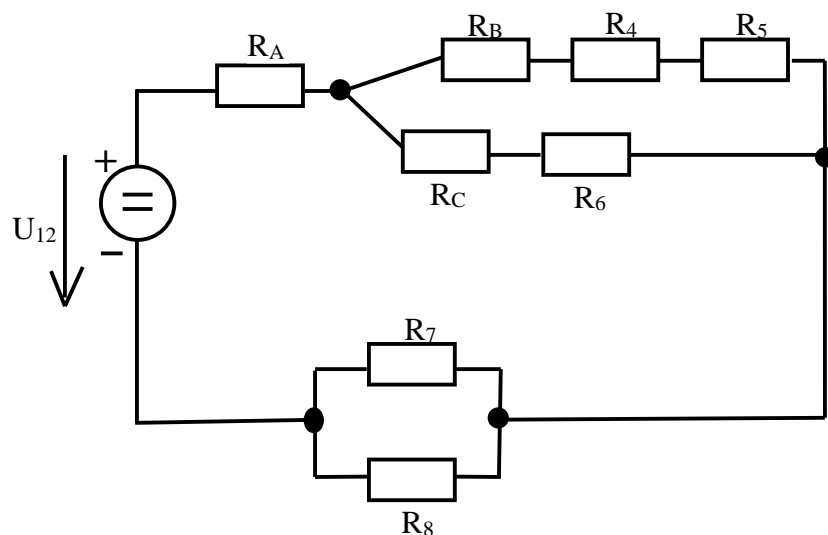
Stanovte napätí U_{R5} a prúd I_{R5} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.

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



$$\text{Napätie pre obvod: } U_{12} = U_1 + U_2 \Rightarrow U_{12} = 100 + 80 \Rightarrow \\ \Rightarrow \mathbf{U_{12} = 180 \text{ V}}$$

Prevod: trojuholník \rightarrow hviezda



Vypočítame R_A : $R_A = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{450 \cdot 810}{450 + 810 + 190} = \frac{7290}{29} = 251,3793 \, \Omega$

Vypočítame R_B : $R_B = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{450 \cdot 190}{450 + 810 + 190} = \frac{1710}{29} = 58,9655 \, \Omega$

Vypočítame R_C : $R_C = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{810 \cdot 190}{450 + 810 + 190} = \frac{3078}{29} = 106,1379 \, \Omega$

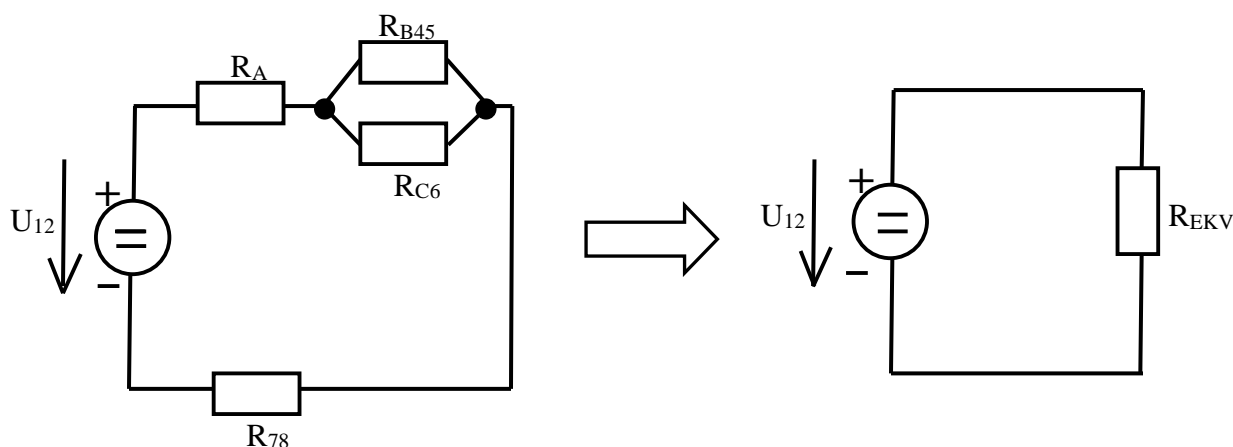
Vypočítame odpor paralelne zapojených rezistorov R_7 , R_8 :

$$R_{78} = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8} = \frac{260 \cdot 180}{260 + 180} = \frac{1170}{11} = 106,3636 \, \Omega$$

Vypočítame odpory R_{B45} a R_{C6} :

$$R_{B45} = R_B + R_4 + R_5 = \frac{1710}{29} + 220 + 220 = \frac{14470}{29} = 498,9655 \, \Omega$$

$$R_{C6} = R_C + R_6 = \frac{3078}{29} + 720 = \frac{23958}{29} = 826,138 \, \Omega$$



Vypočítame celkový odpor R_{EKV} :

$$R_{EKV} = R_A + \frac{R_{B45} \cdot R_{C6}}{R_{B45} + R_{C6}} + R_{78} = \frac{7290}{29} + \frac{\frac{14470}{29} \cdot \frac{23958}{29}}{\frac{14470}{29} + \frac{23958}{29}} + \frac{1170}{11} = 668,8238 \, \Omega$$

Vypočítame prúd I :

$$I = \frac{U}{R_{EKV}} = \frac{180}{668,8238} = 0,2691 \, A$$

Vypočítame prúd I_{R5} :

$$I_{R5} = \frac{I}{R_{B45} + R_{C6}} \cdot R_{C6} = \frac{0,2691}{\frac{14470}{29} + \frac{23958}{29}} \cdot \frac{23958}{29} = 0,1678 \, A$$

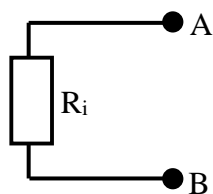
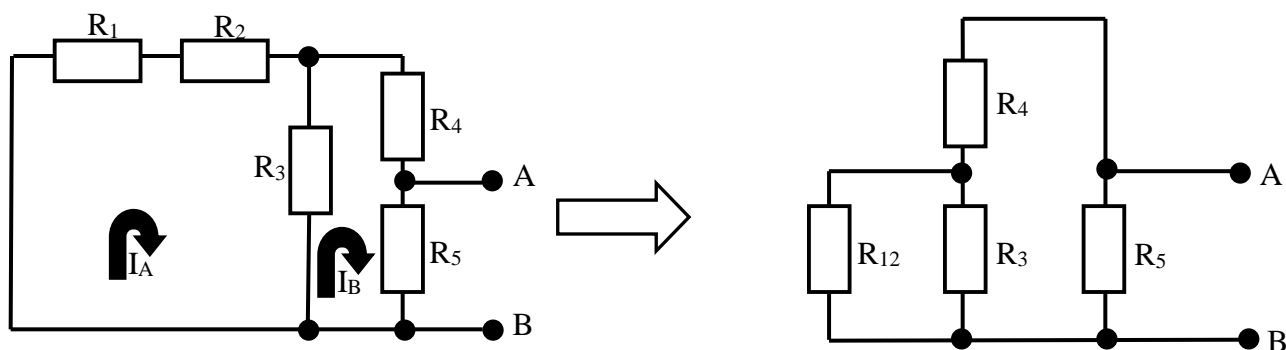
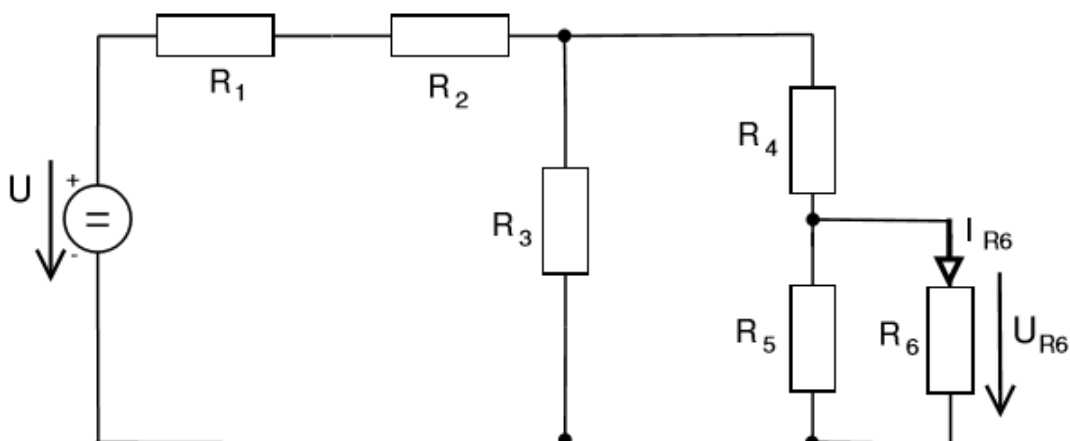
Vypočítame napätie U_{R5} :

$$U_{R5} = I_{R5} \cdot R_5 = 0,1678 \cdot 220 = 36,9136 \, V$$

Príklad č. 2 – varianta A

Stanovte napätí 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]
A	50	100	525	620	210	530	100



Vypočítame odpor R_i :

$$R_i = \frac{R_5 \cdot \left(\frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} + R_4 \right)}{R_5 + \left(\frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} + R_4 \right)} = \frac{530 \cdot \left(\frac{625 \cdot 620}{625 + 620} + 210 \right)}{530 + \left(\frac{625 \cdot 620}{625 + 620} + 210 \right)} = \mathbf{262,7930 \, \Omega}$$

Vypočítame smyčkový prúd I_B :

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_3 + R_4 + R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1245 & -620 \\ -620 & 1360 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 50 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \Delta = 1308800$$

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & U \\ -R_3 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1245 & 50 \\ -620 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \Delta_2 = 31000$$

$$I_B = \frac{\Delta_2}{\Delta} \Rightarrow \frac{31000}{1308800} = \frac{155}{6544} = 0,0237 \text{ A}$$

Vypočítame napätie U_i :

$$U_i = I_B \cdot R_5 = 0,0237 \cdot 530 = 12,5535 \text{ V}$$

Vypočítame prúd I_{R6} :

$$I_{R6} = \frac{U_i}{R_i + R_6} = \frac{12,5535}{262,7930 + 100} = \mathbf{0,0346 \text{ A}}$$

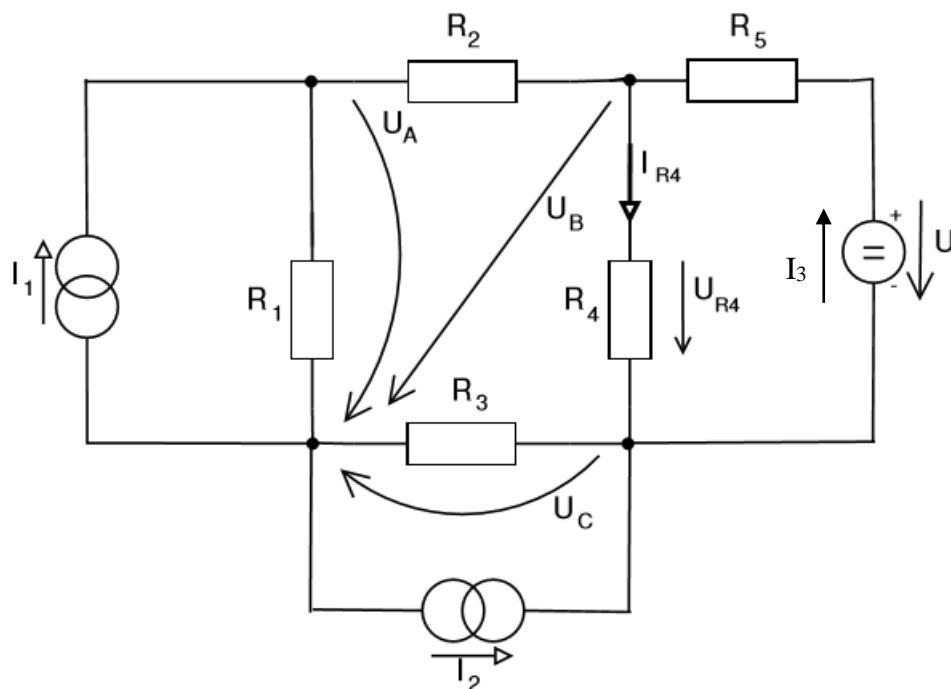
Vypočítame napätie U_{R6} :

$$U_{R6} = I_{R6} \cdot R_6 = \mathbf{3,4602 \text{ V}}$$

Príklad č. 3 – varianta G

Stanovte napätí U_{R4} a prúd I_{R4} . Použite metodu uzlových napätí (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]
G	160	0.65	0.45	46	41	53	33	29



Vypočítame prúd I_{R3} :

$$I_{R3} = \frac{U}{R_5} = \frac{160}{29} = 5,5172 \text{ A}$$

Nahradíme si odpory R , vodivosťami G , pričom $G = \frac{1}{R}$

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{46} \text{ S}$$

$$G_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{33} \text{ S}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{41} \text{ S}$$

$$G_5 = \frac{1}{R_5} = \frac{1}{29} \text{ S}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{53} \text{ S}$$

Zostavíme maticu:

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

$$\begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{87}{1886} & -\frac{1}{41} & 0 \\ -\frac{1}{41} & \frac{3499}{39237} & -\frac{62}{957} \\ 0 & -\frac{62}{957} & \frac{4243}{50721} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,65 \\ \frac{160}{29} \\ -\frac{2939}{580} \end{bmatrix}$$

Vypočítame determinant matice a determinanty matice po dosadení pravej strany za jednotlivé stĺpce matice:

$$\Delta = \frac{419}{4159122} = 1,0074 \cdot 10^{-4}$$

$$\Delta_1 = \frac{223379}{41591220} = 5,3708 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta_2 = \frac{3574363}{478299030} = 7,4731 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta_3 = -\frac{2273}{7219608} = -3,1484 \cdot 10^{-4}$$

Následne vypočítame U_A , U_B , U_C :

$$U_A = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{5,3708 \cdot 10^{-3}}{1,0074 \cdot 10^{-4}} = \mathbf{53,3124 \text{ V}}$$

$$U_B = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{7,4731 \cdot 10^{-3}}{1,0074 \cdot 10^{-4}} = \mathbf{74,1800 \text{ V}}$$

$$U_C = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-3,1484 \cdot 10^{-4}}{1,0074 \cdot 10^{-4}} = \mathbf{-3,1252 \text{ V}}$$

$$U_{R4} = U_B - U_C = 74,1800 - (-3,1252) = \mathbf{77,3052 \text{ V}}$$

$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} = \frac{77,3052}{33} = \mathbf{2,3426 \text{ A}}$$

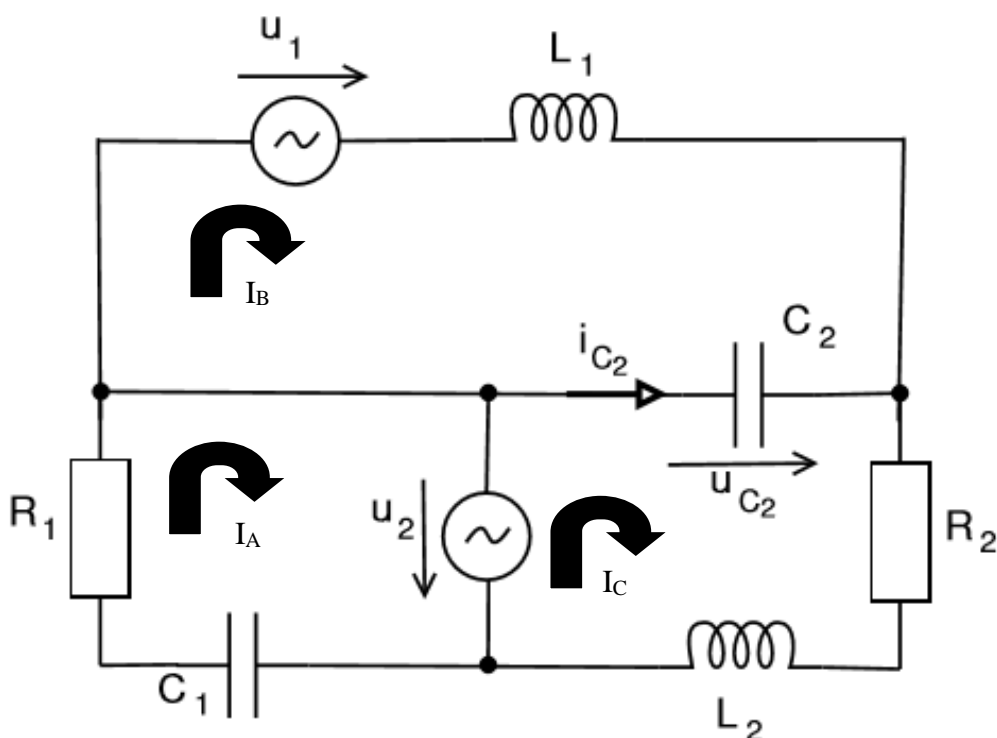
Príklad č. 4 – varianta C

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 $u_{C_2} = U_{C_2} \cdot \sin(2\pi ft + \varphi_{C_2})$ určete $|U_{C_2}|$ a φ_{C_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]
C	35	45	10	13	220	70	230	85	75



$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 75 = 150\pi = 471,2389 \text{ rad/s}$$

Vypočítame impedancie kodenzátorov a cievok:

$$Z_{C1} = \frac{-j}{\omega \cdot C_1} = \frac{-j}{150\pi \cdot (230 \cdot 10^{-6})} = \frac{-j}{0,1084} = -9,2264j$$

$$Z_{C2} = \frac{-j}{\omega \cdot C_2} = \frac{-j}{150\pi \cdot (85 \cdot 10^{-6})} = \frac{-j}{0,0401} = -24,9655j$$

$$Z_{L1} = j \cdot \omega \cdot L_1 = j \cdot 150\pi \cdot (220 \cdot 10^{-3}) = 103,6726j$$

$$Z_{L2} = j \cdot \omega \cdot L_2 = j \cdot 150\pi \cdot (70 \cdot 10^{-3}) = 32,9867j$$

Zostavíme sústavu rovníc:

$$I_A: I_A \cdot R_1 + U_2 + I_A \cdot Z_{C1} = 0$$

$$I_B: U_1 + I_B \cdot Z_{L1} + I_B \cdot Z_{C2} - I_C \cdot Z_{C2} = 0$$

$$I_C: -U_2 + I_C \cdot Z_{C2} + I_C \cdot R_2 + I_C \cdot Z_{L2} - I_B \cdot Z_{C2} = 0$$

$$I_A \cdot (R_1 + Z_{C1}) = -U_2$$

$$I_B \cdot (Z_{L1} + Z_{C2}) - I_C \cdot (Z_{C2}) = -U_1$$

$$I_C \cdot (Z_{C2} + R_2 + Z_{L2}) - I_B \cdot (Z_{C2}) = U_2$$

$$\begin{pmatrix} R_1 + Z_{C1} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{L1} + Z_{C2} & -Z_{C2} \\ 0 & -Z_{C2} & R_2 + Z_{C2} + Z_{L2} \end{pmatrix} \begin{vmatrix} -45 \\ -35 \\ 45 \end{vmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 10 - 9,2264j & 0 & 0 & -45 \\ 0 & 78,7071j & 24,9655j & -35 \\ 0 & 24,9655j & 13 + 8,0212j & 45 \end{pmatrix}$$

$$I_A: x_1 = -2,4308 - 2,2427j$$

$$I_B: x_2 = -0,4296 - 0,1266j$$

$$I_C: x_3 = 1,8010 - 1,3543j$$

Vypočítame I_{C2} , U_{C2} :

$$I_{C2} = I_C - I_B = 2,2305 - 1,4809j = \mathbf{2,6774 \text{ A}}$$

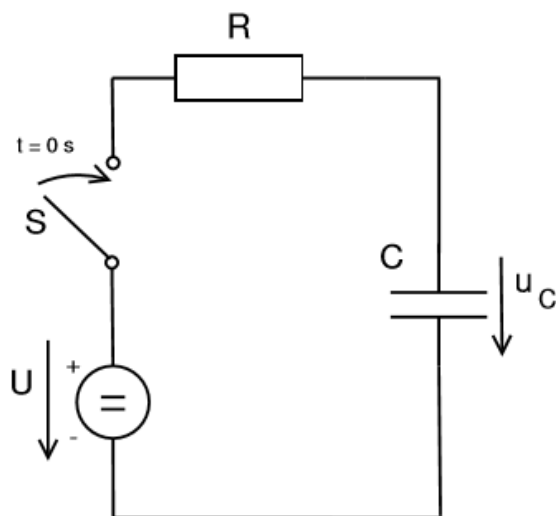
$$U_{C2} = I_{C2} \cdot Z_{C2} = \mathbf{66,8413 \text{ V}}$$

$$\varphi_{C2} = \mathbf{-123,5803^\circ}$$

Príklad č. 5 – varianta A

V obvode na obrázku nižšie v čase $t = 0[\text{s}]$ sepne spínač S . Sestavte diferenciálnu rovnicu popisujúcu chovanie obvodu na obrázku, ďalej ju upravte dosadením hodnôt parametrov. Vypočítajte analytické riešenie $u_C = f(t)$. Provedte kontrolu výpočtu dosadením do sestavenej diferenciálnej rovnice.

sk.	U [V]	C [F]	R [Ω]	$u_C(0)$ [V]
A	40	50	10	16



Axióm:

$$U'_C = \frac{1}{C} \cdot I_C$$

Pre celkové napätie platí:

$$U_R + U_C - U = 0$$

$$U = R \cdot I + U_C$$

$$I_C = \frac{U - U_C}{R}$$

Dosadenie zadanej hodnoty:

$$U'_C = \frac{1}{C} \cdot \frac{U - U_C}{R} = \frac{1 \cdot (40 - U_C)}{500}$$

$$k \Rightarrow 0$$

$$U_c \Rightarrow 1$$

$$U'_c \Rightarrow \lambda$$

Charakteristická rovnica:

$$C \cdot R \cdot U'_c + U_c = U$$

$$50 \cdot 10 \cdot U'_c + U_c = 40$$

$$500 \cdot U'_c + U_c = 40 \quad U_c(0) = 16$$

$$500\lambda + 1 = 0$$

$$\lambda = -0,002$$

Očakávané riešenie:

$$U_c(t) = C(t) \cdot e^{\lambda t} = C(t) \cdot e^{-0,002t}$$

$$U'_c(t) = C'(t) \cdot e^{\lambda t} + C(t) \cdot \lambda \cdot e^{\lambda t}$$

Dosadíme do charakteristickej rovnice:

$$500 \cdot (C'(t) \cdot e^{\lambda t} + C(t) \cdot \lambda \cdot e^{\lambda t}) - 40$$

$$500 \cdot C'(t) \cdot e^{\lambda t} = 40$$

$$C'(t) \cdot e^{\lambda t} = 0,08$$

$$C'(t) = \frac{0,08}{e^{\lambda t}} = \frac{0,08}{e^{-0,002t}} = 0,08 e^{0,002t}$$

Integrácia:

$$C(t) = 0,08 \cdot \frac{1}{0,002} \cdot e^{-0,002t} = 40 \cdot e^{-0,002t} + q$$

Dosadíme do očakávaného riešenia:

$$U_c(t) = (40 \cdot e^{0,002t} + q) \cdot e^{-0,002t} = 40 + q \cdot e^{-0,002t}$$

Nájdeme q:

$$U_c(0) = 16$$

$$16 = 40 + q \cdot e^0$$

$$q = -24$$

$$U_c = 40 - 24 \cdot e^{-0,002t}$$

Skúška:

$$500 \cdot U'_c + U_c = 40$$

$$0 + 16 \cdot e^{-0,002t} + 40 - 16 \cdot e^{-0,002t} = 40$$

$$40 = 40$$

Diferenciálna rovnica je správna.

Súhrn výsledkov

úloha	varianta	výsledky
1	C	$I_{R5} = 0,1678 \text{ A}$, $U_{R5} = 36,9136 \text{ V}$
2	A	$I_{R6} = 0,0346 \text{ A}$, $U_{R6} = 3,4602 \text{ V}$
3	G	$I_{R4} = 2,3426 \text{ A}$, $U_{R4} = 77,3052 \text{ V}$
4	C	$U_{C2} = 66,8413 \text{ V}$, $\varphi_{C2} = -123,5803^\circ$
5	A	