

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií

ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÉ TECHNOLOGIE
2019/2020

Semestrální projekt

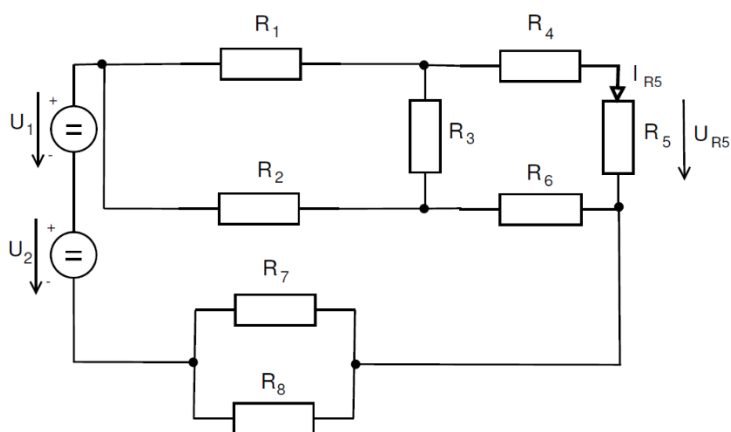
Obsah

1. Úloha.....	3
2. Úloha.....	6
3. Úloha.....	8
4. Úloha.....	10
5. Úloha.....	13
Tabuľka výsledkov.....	15

1. Úloha

Stanovte napätie U_{R5} a prúd I_{R5} . Použite metódu postupného zjednodušovania 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	275



Obrázok 1: Zadaný obvod

Zdroje napätia sú zapojené za sebou, čiže ich môžem sčítať.

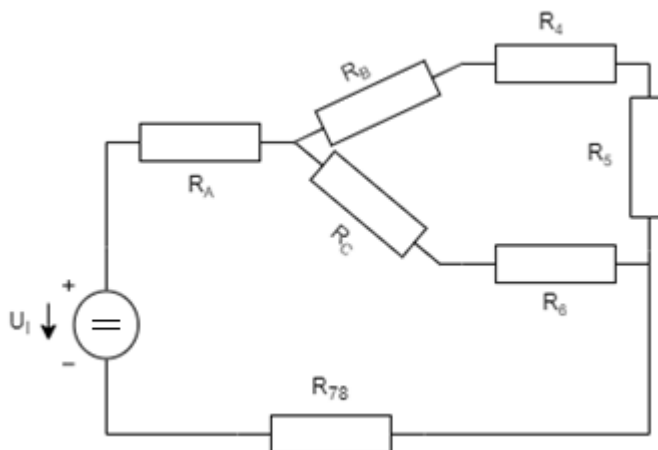
$$U_1 + U_2 = 190 \text{ V}$$

Postupne zjednodušujem obvod. Odpor R_7 a R_8 sú zapojené paralelne, môžem ich spočítať.

$$R_{78} = \frac{R_7 * R_8}{R_7 + R_8} = \frac{410 * 275}{685} = \frac{22550}{137} \Omega$$

Tiež vidím, že rezistory R_1 , R_2 a R_3 tvoria trojuholník, ktorý môžem previesť na hviezdu (viď Obrázok 2).

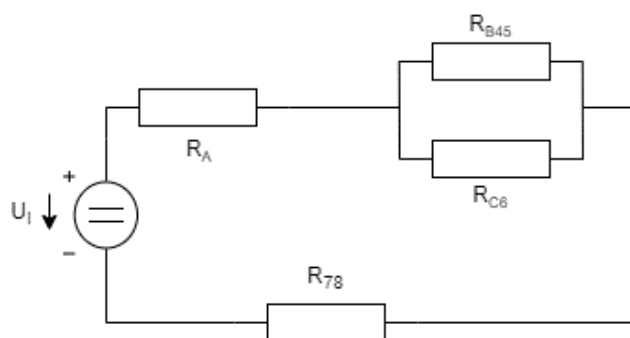
$$R_A = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{15\,960}{113} \Omega, \quad R_B = \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12\,540}{113} \Omega, \quad R_C = \frac{R_2 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{13\,860}{113} \Omega$$



Obrázok 2: Obvod po úprave

Zrejme rezistory R_B , R_4 a R_5 rovnako ako rezistory R_C a R_6 sú zapojené sériovo, môžem ich teda spočítať (viď Obrázok 3).

$$R_B + R_4 + R_5 = \frac{113\,110}{113} \Omega, R_C + R_6 = \frac{87\,310}{113} \Omega$$

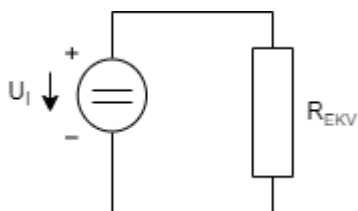


Obrázok 3: Obvod po úprave

Ďalej môžem spočítať paralelne zapojené rezistory R_{B45} a R_{C6} a následne mi ostanú tri sériovo zapojené rezistory (R_A , R_{BC456} a R_{78}), ktorých spočítaním získam ekvivalentný odpor k danému obvodu.

$$R_{BC456} = \frac{R_{B45} * R_{C6}}{R_{B45} + R_{C6}} = \frac{\frac{113\,110}{113} * \frac{87\,310}{113}}{\frac{113\,110}{113} + \frac{87\,310}{113}} = \frac{493\,781\,705}{1\,132\,373} \Omega$$

$$R_{EKV} = R_A + R_{BC456} + R_{78} = \frac{15\,960}{113} + \frac{493\,781\,705}{1\,132\,373} + \frac{22\,550}{137} = \frac{1\,018\,532\,935}{1\,372\,877} \Omega$$



Obrázok 4: Zjednodušený obvod

Pomocou Ohmovho zákona si teraz môžem vypočítať prúd v obvode.

$$I = \frac{U_I}{R_{EKV}} = \frac{190}{\frac{1\,018\,532\,935}{1\,372\,877}} = \frac{52\,169\,326}{203\,706\,587} A \doteq 256,1\,mA$$

Teraz si viem vyjadriť napätie U_{RBC456} , čo sa rovná U_{RB45} . Z neho si viem zistiť prúd I_{RB45} , ktorý je rovnaký ako prúd I_{R5} . Nakoniec už len dopočítam U_{R5} .

$$U_{RBC456} = U_{RB45} = R_{BC456} * I = \frac{493\,781\,705}{1\,132\,373} * \frac{52\,169\,326}{203\,706\,587} = \frac{2\,570\,627\,556\,230}{23\,018\,844\,331} V$$

$$I_{RB45} = I_{R5} = \frac{U_{RB45}}{R_{B45}} = \frac{\frac{2\,570\,627\,556\,230}{23\,018\,844\,331}}{\frac{113\,110}{113}} = \frac{22\,726\,793}{203\,706\,587} A$$

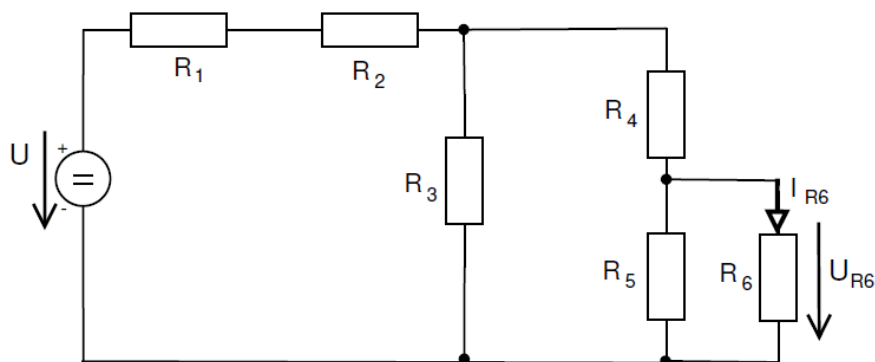
$$U_{R5} = I_{R5} * R_5 = \frac{22\,726\,793}{203\,706\,587} * 450 = \frac{10\,227\,056\,850}{203\,706\,587} V$$

$$I_{R5} \doteq 0,11 A, \quad U_{R5} \doteq 50,2 V$$

2. Úloha

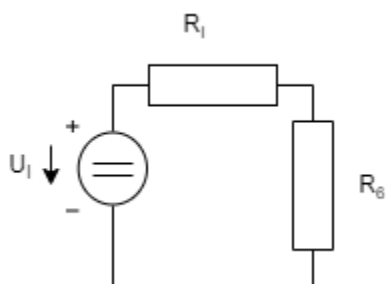
Stanovte napätie U_{R6} a prúd I_{R6} . Použite metódu Théveninovy vety.

skupina	U [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]	R_6 [Ω]
C	200	70	220	630	240	450	300

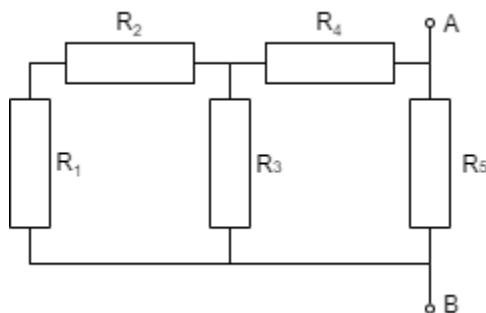


Obrázok 5: Zadaný obvod

Najprv obvod prekreslím bez rezistora R_6 a zdroje napätia nahradím skratom.



Obrázok 6: Ekvivalentný obvod



Obrázok 7: Upravený obvod

Teraz môžem vypočítať odpor R_i medzi svorkami A a B.

$$R_{123} = \frac{(R_1 + R_2) * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad R_i = \frac{(R_{123} + R_4) * R_5}{R_{123} + R_4 + R_5} = \frac{24\,210}{109} \Omega$$

Ďalej si vypočítam odpor R v obvode a jeho dosadením do Ohmovho zákona dopočítam prúd I.

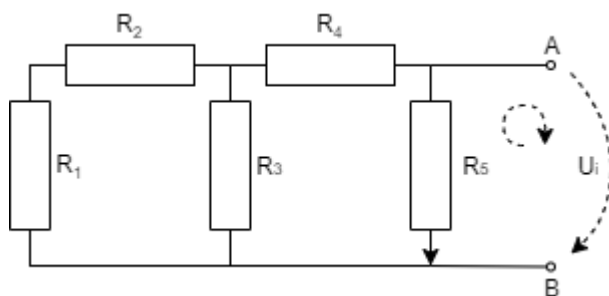
$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 * (R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{13\,625}{22} \Omega, \quad I = \frac{U}{R} = \frac{200}{\frac{13\,625}{22}} = \frac{176}{545} A$$

Využitím Kirchhoffových zákonov si vyjadrím a dopočítam U_{R5} .

$$U_{R345} = I * R_{345} = \frac{7245}{22} * \frac{176}{545} = \frac{11592}{109} V = U_{R45},$$

$$I_{R45} = \frac{U_{R45}}{R_{45}} = \frac{\frac{11592}{109}}{690} = \frac{54}{545} A = I_{R5}, \quad U_{R5} = I_{R5} * R_5 = \frac{54}{545} * 450 = \frac{7560}{109} V$$

Následne si so slučky (viď Obrázok 8) vyjadrím U_i a pomocou neho môžem dopočítať I_{R6} aj U_{R6} .



Obrázok 8: Upravený obvod

$$U_i = U_{R5} = \frac{7560}{109} V$$

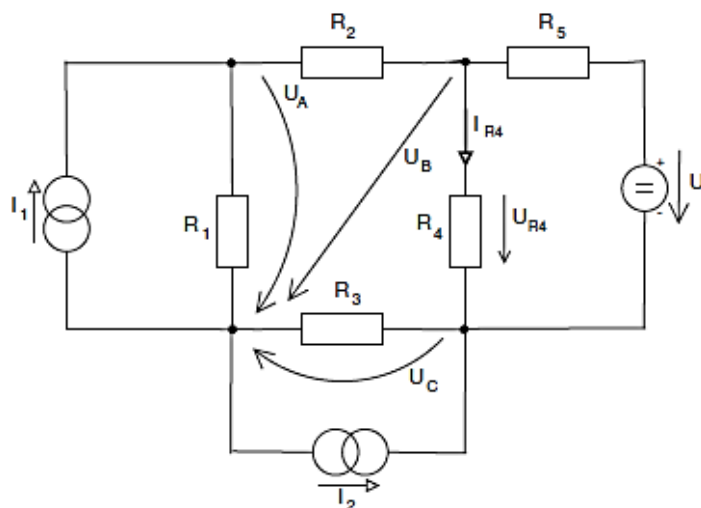
$$I_{R6} = \frac{U_i}{R_i + R_6} = \frac{\frac{7560}{109}}{\frac{24\,210}{109} + \frac{13\,625}{22}} = \frac{36}{271} A, \quad U_{R6} = I_{R6} * R_6 = \frac{36}{271} * 300 = \frac{10\,800}{271} V$$

$$I_{R6} \doteq 0,13 A, \quad U_{R6} \doteq 39,85 V$$

3. Úloha

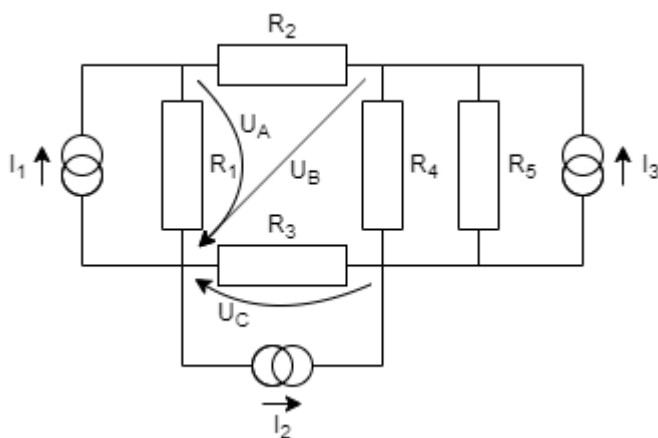
Stanovte napätie U_{R4} a prúd I_{R4} . Použite metódu uzlových napätí (U_A , U_B , U_C).

skupina	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



Obrázok 9: Zadaný obvod

Na začiatok si prevediem zdroj napätia na prúdový zdroj a odpory na vodivosti.



Obrázok 10: Upravený obvod

$$I_3 = \frac{U}{R_2} = \frac{160}{29} \text{ A}$$

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{46} \text{ S}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{41} \text{ S}, \quad G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{53} \text{ S}, \quad G_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{33} \text{ S}, \quad G_5 = \frac{1}{R_5} = \frac{1}{29} \text{ S}$$

Následne si vytvorím sústavu rovníc, ktorú budem počítať cez maticu.

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

Potom pomocou Sarrusovho a Cramerovho pravidla vypočítam U_B a U_C .

$$D = \begin{vmatrix} \frac{1}{48} + \frac{1}{41} & -\frac{1}{41} & 0 \\ -\frac{1}{41} & \frac{1}{41} + \frac{1}{33} + \frac{1}{29} & -\frac{1}{33} - \frac{1}{29} \\ 0 & -\frac{1}{33} - \frac{1}{29} & \frac{1}{53} + \frac{1}{33} + \frac{1}{29} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{89}{1968} & -\frac{1}{41} & 0 \\ -\frac{1}{41} & \frac{3499}{39\,237} & -\frac{62}{957} \\ 0 & -\frac{62}{957} & \frac{4243}{50\,721} \end{vmatrix} =$$

$$= \left(\frac{89}{1968} * \frac{3499}{39\,237} * \frac{4243}{50\,721} \right) - \left(\left(-\frac{1}{41} \right) * \left(-\frac{1}{41} \right) * \frac{4243}{50\,721} \right) - \left(\left(-\frac{62}{957} \right) * \left(-\frac{62}{957} \right) * \frac{89}{1968} \right) = \frac{9761}{99\,818\,928}$$

$$D_B = \begin{vmatrix} G_1 + G_2 & I_1 & 0 \\ -G_2 & I_3 & -G_4 - G_5 \\ 0 & I_2 - I_3 & G_3 + G_4 + G_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{89}{1968} & \frac{65}{100} & 0 \\ -\frac{1}{41} & \frac{160}{29} & -\frac{62}{957} \\ 0 & -\frac{2939}{580} & \frac{4243}{50\,721} \end{vmatrix} =$$

$$= \left(\frac{89}{1968} * \frac{160}{29} * \frac{4243}{50\,721} \right) - \left(\left(-\frac{62}{957} \right) * \left(-\frac{2939}{580} \right) * \frac{89}{1968} \right) - \left(\frac{65}{100} * \left(-\frac{1}{41} \right) * \frac{4243}{50\,721} \right) = \frac{28\,119}{3\,824\,480}$$

$$D_C = \begin{vmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 & I_1 \\ -G_2 & G_2 + G_4 + G_5 & I_3 \\ 0 & -G_4 - G_5 & I_2 - I_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{89}{1968} & -\frac{1}{41} & \frac{65}{100} \\ -\frac{1}{41} & \frac{3499}{39\,237} & \frac{160}{29} \\ 0 & -\frac{62}{957} & -\frac{2939}{580} \end{vmatrix} =$$

$$= \left(\frac{89}{1968} * \frac{3499}{39\,237} * \left(-\frac{2939}{580} \right) \right) + \left(\left(-\frac{1}{41} \right) * \left(-\frac{62}{957} \right) * \frac{65}{100} \right) - \left(\frac{89}{1968} * \frac{160}{29} * \left(-\frac{62}{957} \right) \right) - \left(\left(-\frac{1}{41} \right) * \left(-\frac{1}{41} \right) * \left(-\frac{2939}{580} \right) \right) = -\frac{2879}{12\,555\,840}$$

Dopočítam U_B a U_C .

$$U_B = \frac{D_B}{D} = \frac{\frac{28\,119}{3\,824\,480}}{\frac{9761}{99\,818\,928}} = \frac{7\,339\,059}{97\,610} V, \quad U_C = \frac{D_C}{D} = \frac{-\frac{2879}{12\,555\,840}}{\frac{9761}{99\,818\,928}} = -\frac{457\,761}{195\,220} V$$

Teraz môžem vypočítať U_{R4} a následne aj I_{R4} .

$$U_{R4} = U_B - U_C = \frac{7\,339\,059}{97\,610} - \left(-\frac{457\,761}{195\,220} \right) = \frac{15\,135\,879}{195\,220} V$$

$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} = \frac{\frac{15\,135\,879}{195\,220}}{33} = \frac{458\,663}{195\,220} A$$

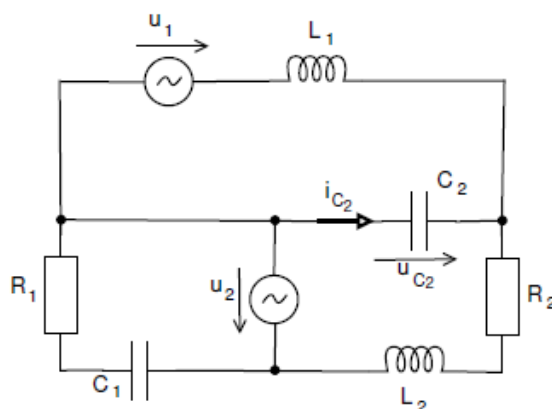
$$I_{R4} \doteq 2,35 A, \quad U_{R4} \doteq 77,53 V$$

4. Úloha

Pre napájacie napätie platí: $u_1 = U_1 * \sin(2\pi ft)$, $u_2 = U_2 * \sin(2\pi ft)$. Vo vzťahu pre napätie $u_{C_2} = U_{C_2} * \sin(2\pi ft + \varphi_{C_2})$ určite $|U_{C_2}|$ a φ_{C_2} . Použite metódu slučkových prúdov.

Pozn.: Pomocné smery šípok napájacích zdrojov platí pre špeciálny časový moment $(t = \frac{\pi}{2\omega})$.

skupina	$U_1 [V]$	$U_2 [V]$	$R_1 [\Omega]$	$R_2 [\Omega]$	$L_1 [mH]$	$L_2 [mH]$	$C_1 [\mu F]$	$C_2 [\mu F]$	$f [Hz]$
B	25	40	11	15	100	85	220	95	80



Obrázok 11: Zadaný obvod

Najprv si premením zadané hodnoty na jednotné jednotky.

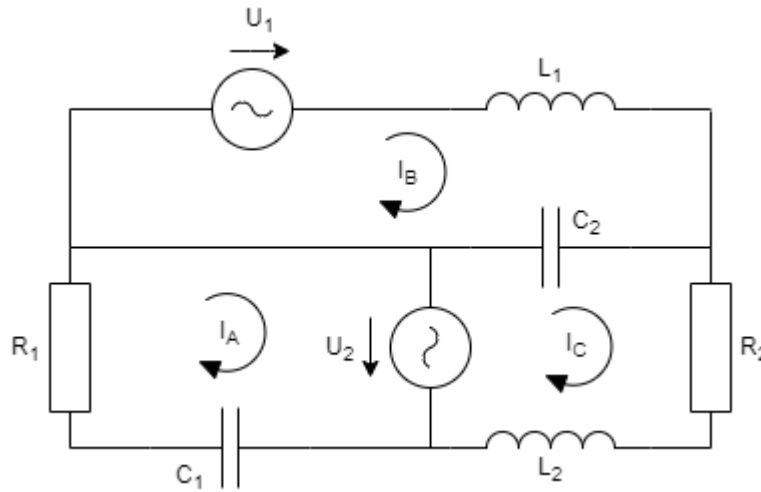
$$L_1 = 100 \text{ mH} = 0,1 \text{ H}, \quad L_2 = 85 \text{ mH} = 0,085 \text{ H}, \\ C_1 = 220 \text{ } \mu\text{F} = 2,2 * 10^{-4} \text{ F}, \quad C_2 = 95 \text{ } \mu\text{F} = 9,5 * 10^{-5} \text{ F}$$

Hneď si tiež môžem vypočítať ω , Z_{C_1} , Z_{C_2} , Z_{L_1} a Z_{L_2} .

$$\omega = 2\pi f = 160\pi, \quad Z_{C_1} = -j * \frac{1}{160\pi * 2,2 * 10^{-4}} = -\frac{625}{22\pi} j \Omega, \quad Z_{C_2} = -j * \frac{1}{160\pi * 9,5 * 10^{-5}} = -\frac{1250}{19\pi} j \Omega,$$

$$Z_{L_1} = j * 160\pi * 0,1 = 16\pi j \Omega, \quad Z_{L_2} = j * 160\pi * 0,085 = \frac{68}{5} \pi j \Omega$$

Teraz si využitím metódy slučkových prúdov (viď Obrázok 12) zostavím sústavu rovníc, ktorú si následne vpišem do matice a využitím Sarrusovho a Cramerovho pravidiel vypočítam jednotlivé slučkové prúdy.



Obrázok 12: Obvod s vyznačenými slučkovými prúdmi

$$\text{A: } I_A R_1 + I_A Z_{C_1} + u_2 = 0,$$

$$\text{B: } I_B Z_{L_1} + I_B Z_{C_2} - I_C Z_{C_2} + u_1 = 0,$$

$$\text{C: } I_C Z_{C_2} - I_B Z_{C_2} + I_C Z_{L_2} + I_C R_2 - u_2 = 0$$

$$\begin{bmatrix} R_1 + Z_{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{L_1} + Z_{C_2} & -Z_{C_2} \\ 0 & -Z_{C_2} & Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -u_2 \\ -u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} R_1 + Z_{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{L_1} + Z_{C_2} & -Z_{C_2} \\ 0 & -Z_{C_2} & Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2 \end{bmatrix} = \begin{vmatrix} 11 - \frac{625}{22\pi}j & 0 & 0 \\ 0 & 16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j & \frac{1250}{19\pi}j \\ 0 & \frac{1250}{19\pi}j & -\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \end{vmatrix} =$$

$$= \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * \left(16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j \right) * \left(-\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \right) \right) - \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) \right) \doteq 1774.7809 + 6649.3744i$$

$$D_A = \begin{vmatrix} -u_2 & 0 & 0 \\ -u_1 & Z_{L_1} + Z_{C_2} & -Z_{C_2} \\ u_2 & -Z_{C_2} & Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -40 & 0 & 0 \\ -25 & 16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j & \frac{1250}{19\pi}j \\ 40 & \frac{1250}{19\pi}j & -\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \end{vmatrix} =$$

$$= \left((-40) * \left(16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j \right) * \left(-\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \right) \right) - \left((-40) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) \right) \doteq 8010.2999 - 17594.4255i$$

$$\begin{aligned}
D_B &= \begin{vmatrix} R_1 + Z_{C_1} & -u_2 & 0 \\ 0 & -u_1 & -Z_{C_2} \\ 0 & u_2 & Z_{C_2} + Z_{L_2} + R_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 11 - \frac{625}{22\pi}j & -40 & 0 \\ 0 & -25 & \frac{1250}{19\pi}j \\ 0 & 40 & -\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \end{vmatrix} = \\
&= \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * (-25) * \left(-\frac{1250}{19\pi}j + \frac{68}{5}\pi j + 15 \right) \right) - \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) * 40 \right) \doteq -16624.6594 - 11813.8087i \\
D_C &= \begin{vmatrix} R_1 + Z_{C_1} & 0 & -u_2 \\ 0 & Z_{L_1} + Z_{C_2} & -u_1 \\ 0 & -Z_{C_2} & u_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 11 - \frac{625}{22\pi}j & 0 & -40 \\ 0 & 16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j & -25 \\ 0 & \frac{1250}{19\pi}j & 40 \end{vmatrix} = \\
&= \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * \left(16\pi j - \frac{1250}{19\pi}j \right) * 40 \right) - \left(\left(11 - \frac{625}{22\pi}j \right) * (-25) * \left(\frac{1250}{19\pi}j \right) \right) \doteq 15341.2497 + 18661.4747i
\end{aligned}$$

Dopočítam I_A , I_B a I_C .

$$I_A = \frac{D_A}{D} \doteq -2.1699 - 1.7838i \text{ A}, \quad I_B = \frac{D_B}{D} \doteq -2.2814 + 1.8912i \text{ A}, \quad I_C = \frac{D_C}{D} \doteq 3.1947 - 1.4545i$$

Zo slučkových prúdov si teraz môžeme dopočítať I_{C_2} a U_{C_2} .

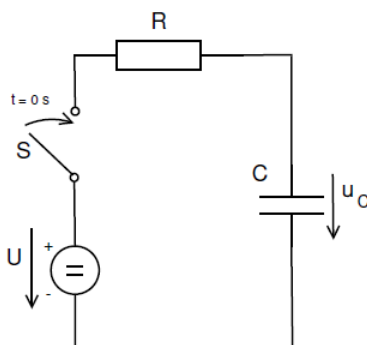
$$\begin{aligned}
I_{C_2} &= I_C - I_B \doteq 5.4762 - 3.3457i \text{ A} \\
U_{C_2} &= I_{C_2} * Z_{C_2} = -70.0640 - 114.6791i \text{ V}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
|U_{C_2}| &\doteq 134.3885 \text{ V} \\
\varphi_{C_2} &\doteq 1.0224 \text{ rad}
\end{aligned}$$

5. Úloha

V obvode na obrázku sa v čase $t = 0[s]$ zopne spínač S. Zostavte diferenciálnu rovnicu popisujúcu správanie obvodu na obrázku, ďalej ju upravte dosadením hodnôt parametrov. Vypočítajte analytické riešenie $u_C = f(t)$. Prevedte kontrolu výpočtu dosadením do zostavenej diferenciálnej rovnice.

Skupina	$U [V]$	$C [F]$	$R [\Omega]$	$u_C(0) [V]$
C	35	5	30	14



Obrázok 13: Zadaný obvod

Na začiatok si využitím II. Kirchhoffovho a Ohmovho zákona vytvorím rovnicu na vyjadrenie prúdu.

$$U_R + U_C - U = 0, \quad U_R = I * R$$

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

Stanovená počiatočná podmienka: $u_C(0) = u_{CP}$

Vytvorím si diferenciálnu rovnicu prvého rádu a dosadím známe hodnoty.

$$u_C' + U_C \frac{1}{CR} = \frac{U}{CR}$$

$$u_C' + U_C \frac{1}{150} = \frac{75}{150} = \frac{1}{2}$$

Teraz riešim charakteristickú rovnicu (substitúcia: $u_C' = \lambda, u_C = 1$).

$$\lambda + \frac{1}{CR} = 0, \quad \lambda = -\frac{1}{150}$$

Očakávaný tvar riešenia:

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

Dosadím do všeobecnej rovnice a následne zderivujem.

$$u_C'(t) = k'(t)e^{-\frac{t}{150}} + k(t) * \left(-\frac{t}{150}\right)e^{-\frac{t}{150}}$$

Môžem dosadiť do rovnice popisujúcej obvod.

$$k'(t)e^{-\frac{t}{150}} + k(t) * \left(-\frac{t}{150}\right)e^{-\frac{t}{150}} + k(t) * \left(\frac{1}{150}\right)e^{-\frac{t}{150}} = \frac{1}{2}$$

$$k'(t)e^{-\frac{t}{150}} = \frac{1}{2}$$

Teraz sa chcem zbaviť derivácie, tak integrujem.

$$k'(t) = \frac{1}{2} e^{\frac{t}{150}}$$

$$\int k'(t) = \int \frac{1}{2} e^{\frac{t}{150}} dt$$

$$k(t) = \frac{1}{2} \int e^{\frac{t}{150}} dt$$

$$k(t) = \frac{1}{2} * \frac{1}{\frac{1}{150}} * e^{\frac{t}{150}} + K$$

$$k(t) = 75 * e^{\frac{t}{150}} + K$$

Hodnoty môžem dosadiť do očakávaného riešenia:

$$u_c(t) = \left(75 * e^{\frac{t}{150}} + K \right) e^{-\frac{t}{150}}$$

$$u_c(t) = 75 + K * e^{-\frac{t}{150}}$$

Dosadením počiatočnej podmienky dopočítam K.

$$u_c(0) = 75 + K * e^{-\frac{0}{150}}$$

$$14 = 75 + K * 1$$

$$K = -61$$

Riešenie teda je:

$$u_c(t) = 75 - 61 * e^{-\frac{t}{150}}$$

Nakoniec ešte môžem overiť správnosť výsledku.

$$u_c' + u_c \frac{1}{150} = \frac{1}{2}, \quad u_c(t) = 75 - 61 * e^{-\frac{t}{150}}$$

$$u_c' + \frac{75 - 61 * e^{-\frac{t}{150}}}{150} = \frac{1}{2}$$

$$u_c' + \frac{75}{150} - \frac{61 * e^{-\frac{t}{150}}}{150} = \frac{1}{2}$$

$$u_c' = \frac{61 * e^{-\frac{t}{150}}}{150}$$

$$\frac{61}{150} * e^{-\frac{t}{150}} + \frac{1}{150} * \left(75 - 61 * e^{-\frac{t}{150}} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\frac{61}{150} * e^{-\frac{t}{150}} - \frac{61 * e^{-\frac{t}{150}}}{150} + \frac{75}{150} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{75}{150} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \quad \checkmark$$

Tabuľka výsledkov

Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5
$U_{R5} \doteq 50,2 \text{ V}$ $I_{R5} \doteq 0,11 \text{ A}$	$U_{R6} \doteq 39,85 \text{ V}$ $I_{R6} \doteq 0,13 \text{ A}$	$U_{R4} \doteq 77,53 \text{ V}$ $I_{R4} \doteq 2,35 \text{ A}$	$ U_{C2} \doteq 134.39 \text{ V}$ $\varphi_{C2} \doteq 1,02 \text{ rad}$	$u_c(t) = 75 - 61 * e^{-\frac{t}{150}}$