

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií

ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE
2016/2017

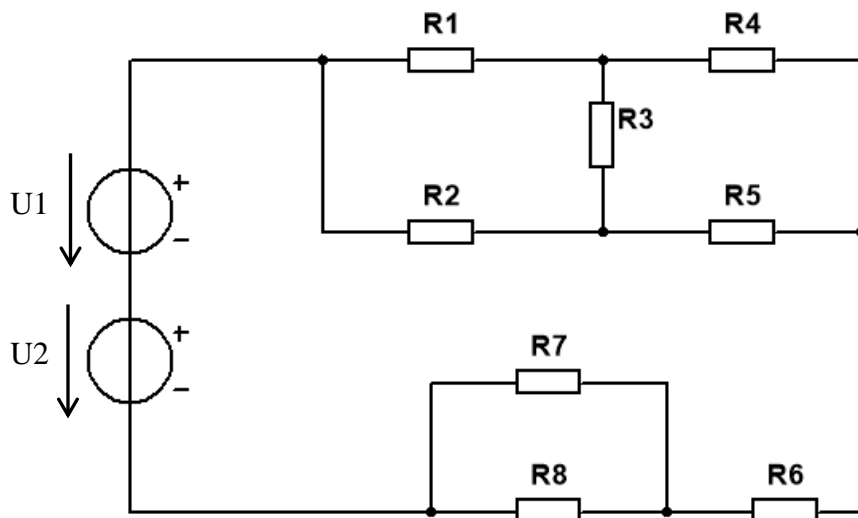
Semestrální projekt

Matúš Liščinský (xlisci02)

Brno, 22. prosince 2016

1.příklad

Stanovte napětí U_{R8} a proud I_{R8} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.



Zadanie F

$$U1 = 125 \text{ V}$$

$$U2 = 65 \text{ V}$$

$$R1 = 510 \, \Omega$$

$$R2 = 500 \, \Omega$$

$$R3 = 550 \, \Omega$$

$$R4 = 250 \, \Omega$$

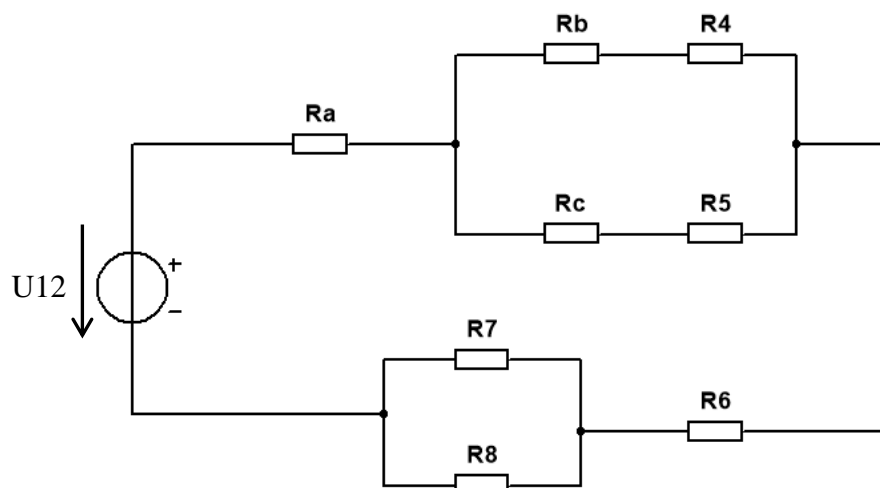
$$R5 = 300 \, \Omega$$

$$R6 = 800 \, \Omega$$

$$R7 = 330 \, \Omega$$

$$R8 = 250 \, \Omega$$

Zapojenie si môžeme prekresliť do tejto podoby:



Sériové zapojenie zdrojov $U1$ a $U2$ nahradíme jedným zdrojom $U12$

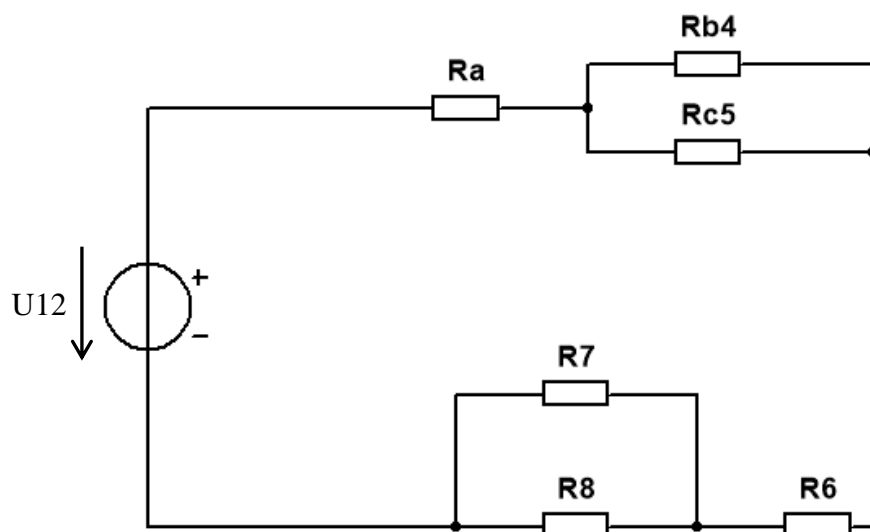
$$U12 = U1 + U2 = 125\text{V} + 65\text{V} = 190\text{V}$$

$$Ra = \frac{R1 * R2}{R1 + R2 + R3} = \frac{255000 \, \Omega^2}{1560 \, \Omega} = \frac{2125}{13} \, \Omega$$

$$Rb = \frac{R1 * R3}{R1 + R2 + R3} = \frac{280500 \, \Omega^2}{1560 \, \Omega} = \frac{4675}{26} \, \Omega$$

$$Rc = \frac{R2 * R3}{R1 + R2 + R3} = \frac{275000 \, \Omega^2}{1560 \, \Omega} = \frac{6875}{39} \, \Omega$$

Dvojice rezistorov Rb, R4 a Rc, R5 nahradíme rezistormi Rb4,Rc5

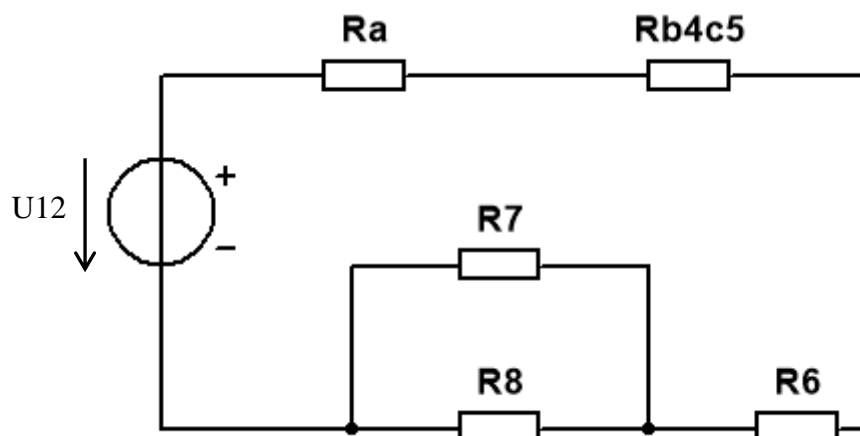


Ide o sériové zapojenie rezistorov

$$Rb4 = Rb + R4 = \frac{4675}{26} \Omega + 250 \Omega = \frac{11175}{26} \Omega$$

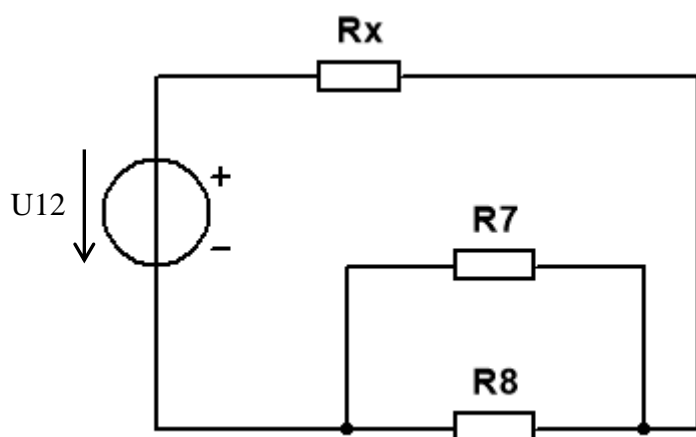
$$Rc5 = Rc + R5 = \frac{6875}{39} \Omega + 300 \Omega = \frac{18575}{39} \Omega$$

Rezistor Rb4c5 predstavuje paralélne spojenie rezistorov Rb4 a Rc5



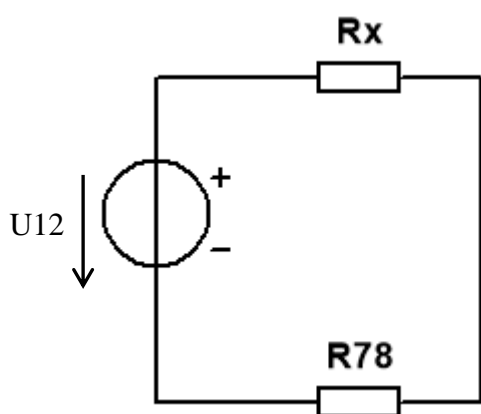
$$Rb4c5 = \frac{Rb4 * Rc5}{Rb4 + Rc5} = \frac{\frac{11175}{26} \Omega * \frac{18575}{39} \Omega}{\frac{11175}{26} \Omega + \frac{18575}{39} \Omega} = 225,9265 \Omega$$

Sériové zapojenie rezistorov R_a , R_{b4c5} a R_6 nahradíme rezistorom R_x



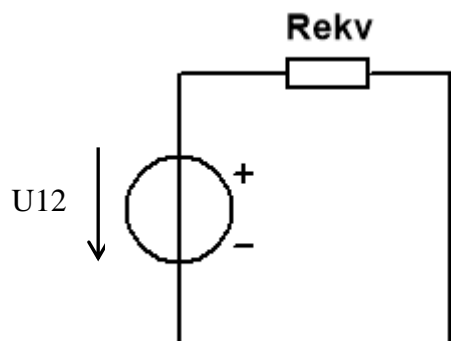
$$R_x = R_a + R_{b4c5} + R_6 = \frac{2125}{13} \, \Omega + 225,9265 \, \Omega + 800 \, \Omega = 1189,3880 \, \Omega$$

Rezistor R_{78} predstavuje paralelne zapojené rezistory R_7 a R_8



$$R_{78} = \frac{R_7 * R_8}{R_7 + R_8} = \frac{330 \, \Omega * 250 \, \Omega}{330 \, \Omega + 250 \, \Omega} = \frac{4125}{29} \, \Omega$$

Nakoniec nahradíme sériové spojenie rezistorov R_x a R_{78} rezistorom R_{kv}



$$R_{kv} = R_x + R_{78} = 1189,3880 \, \Omega + \frac{4125}{29} \, \Omega = 1331,6294 \, \Omega$$

Vypočítame prúd tečúci zjednodušeným obvodom

$$I = \frac{U_{12}}{R_{ekv}} = \frac{190V}{1331,6294 \Omega} = 0,1427A$$

Požadované hodnoty:

- Napätie na rezistore R8 (U_{R8})

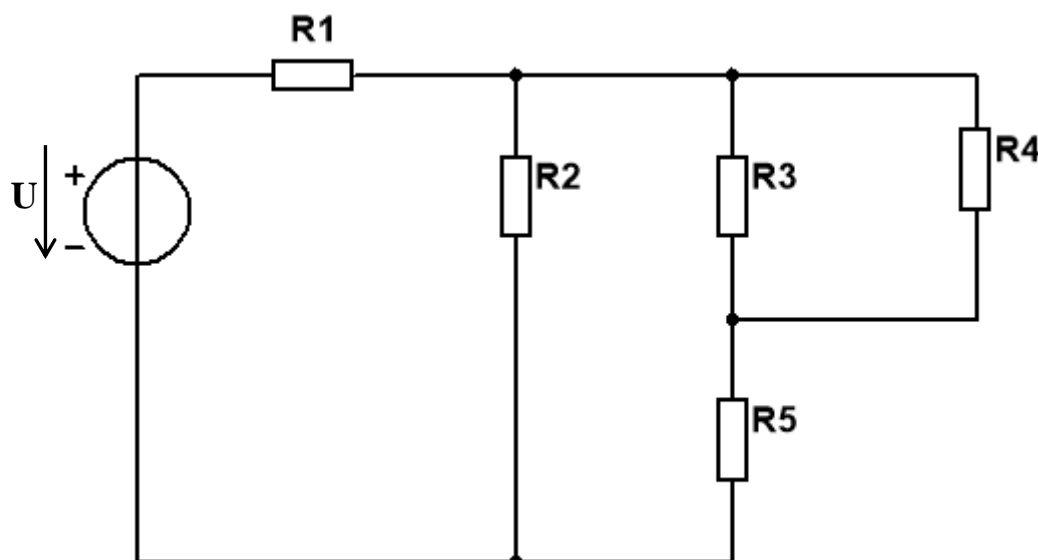
$$U_{R8} = I * R_{78} = 0,1427A * \frac{4125}{29} \Omega = 20,2978 V$$

- Prúd tečúci rezistorom R8 (I_{R8})

$$I_{R8} = \frac{U_{R8}}{R8} = \frac{20,2978 V}{250 \Omega} = 0,0812 A$$

2.příklad

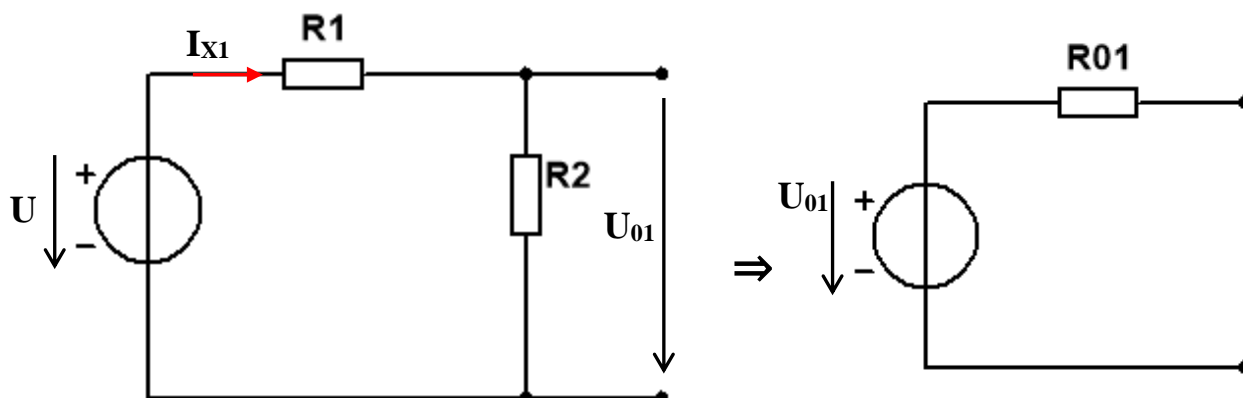
Stanovte napětí U_{R4} a proud I_{R4} . Použijte metodu Théveninovy věty



Zadanie **H**:

$U = 220V$
 $R1 = 360 \Omega$
 $R2 = 580 \Omega$
 $R3 = 205 \Omega$
 $R4 = 560 \Omega$
 $R5 = 350 \Omega$

Odoberieme si časť obvodu a nahradíme ho ideálnym zdrojom napätia U_{01} a v sérii k nemu pripojeným odporom R_{01}

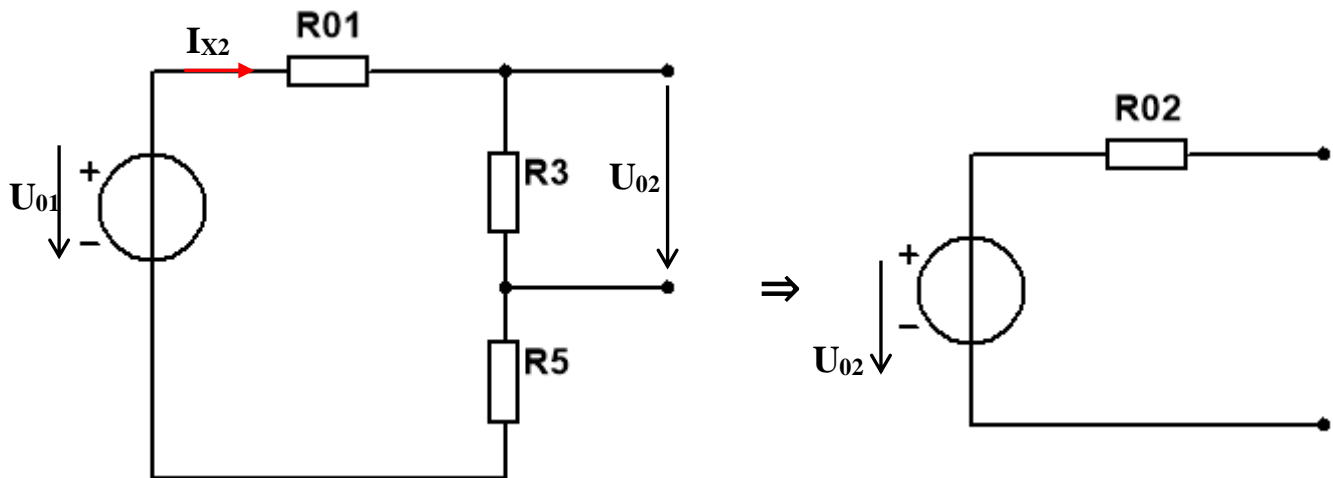


$$R_{01} = \frac{R1 * R2}{R1 + R2} = \frac{360 \Omega * 580 \Omega}{360 \Omega + 580 \Omega} = \frac{10440}{47} \Omega$$

$$I_{X1} = \frac{U}{R1 + R2} = \frac{220V}{360 \Omega + 580 \Omega} = \frac{11}{47} A$$

$$U_{01} = R2 * I_{X1} = 580 \Omega * \frac{11}{47} A = \frac{6380}{47} V$$

K nemu teraz pripojíme zvyšnú časť obvodu okrem rezistora R4 a zopakujeme postup

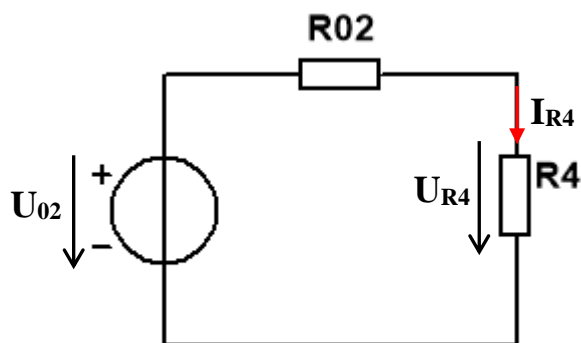


$$R_{02} = \frac{R_{01} * (R3 + R5)}{R_{01} + R3 + R5} = \frac{\frac{10440}{47} \Omega * 555 \Omega}{\frac{10440}{47} \Omega + 555 \Omega} = 210,4864 \Omega$$

$$I_{x2} = \frac{U_{01}}{R_{01} + R3 + R5} = \frac{\frac{6380}{47} V}{\frac{10440}{47} \Omega + 555 \Omega} = \frac{1276}{7305} A$$

$$U_{02} = R3 * I_{x2} = 205 \Omega * \frac{1276}{7305} A = 35,8084 V$$

Nakoniec rezistor R4 pripojíme k náhradnému zdroju



- Prúd tečúci rezistorom R4 (I_{R4}):

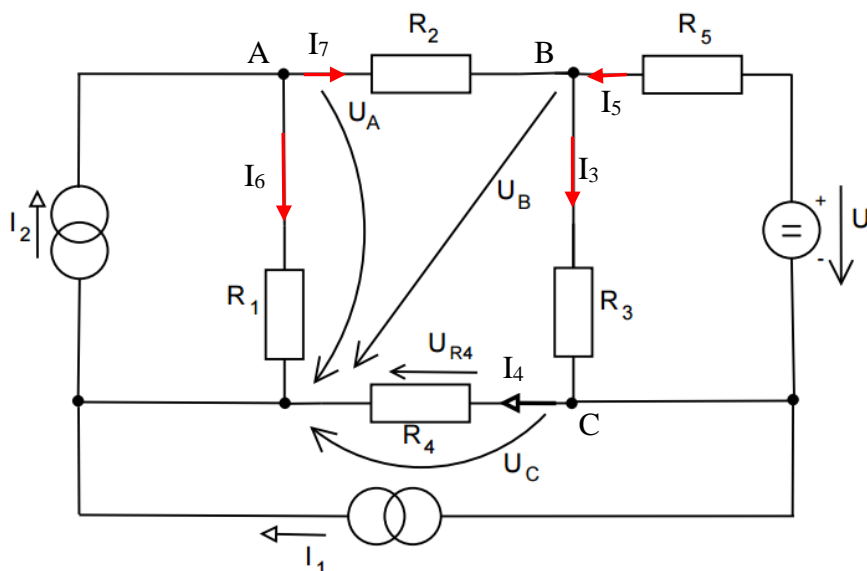
$$I_{R4} = \frac{U_{02}}{R_{02} + R4} = \frac{35,8084 V}{210,4864 \Omega + 560 \Omega} = 50,3687 \text{ mA}$$

- Napätie na rezistore R4 (U_{R4}):

$$U_{R4} = R4 * I_{R4} = 560 \Omega * 50,3687 \text{ mA} = 28,2065 V$$

3.příklad

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



Zadanie E:

$U = 135 \text{ V}$
 $I_1 = 0,55 \text{ A}$
 $I_2 = 0,65 \text{ A}$
 $R_1 = 52 \Omega$
 $R_2 = 42 \Omega$
 $R_3 = 52 \Omega$
 $R_4 = 42 \Omega$
 $R_5 = 21 \Omega$

Podľa 1.Kirch.zákona platí pre uzly:

$$A: I_2 - I_6 - I_7 = 0$$

$$B: I_7 + I_5 - I_3 = 0$$

$$C: I_3 - I_1 - I_4 - I_5 = 0$$

d'alej platí:

$$I_3 = \frac{U_B - U_C}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{U_C}{R_4}$$

$$I_5 = \frac{U + U_C - U_B}{R_5}$$

$$I_6 = \frac{U_A}{R_1}$$

$$I_7 = \frac{U_A - U_B}{R_2}$$

Dosadením do sústavy rovníc dostaneme :

$$-\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) * U_A + \frac{1}{R_2} * U_B = -I_2$$

$$\frac{1}{R_2} * U_A \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) * U_B + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) * U_C = -\frac{U}{R_5}$$

$$\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) * U_B - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) * U_C = \frac{U}{R_5} + I_1$$

Po dosadení hodnôt, ktoré poznáme dostávame:

$$-\frac{47}{1092} * U_A + \frac{1}{42} * U_B = -0,65$$

$$\frac{1}{42} * U_A - \frac{33}{364} * U_B + \frac{73}{1092} * U_C = -\frac{135}{21}$$

$$-\frac{33}{364} * U_C + \frac{73}{1092} * U_B = \frac{977}{140}$$

Riešenie tejto sústavy 3 rovníc o 3 neznámych:

$$U_A = 47,3252 \text{ V}$$

$$U_B = 58,2494 \text{ V}$$

$$U_C = -34,0242 \text{ V}$$

- Napätie na rezistore R4 (U_{R4}):

$$U_{R4} = U_C = -34,0242 \text{ V}$$

- Prúd tečúci rezistorom R4 (I_{R4}):

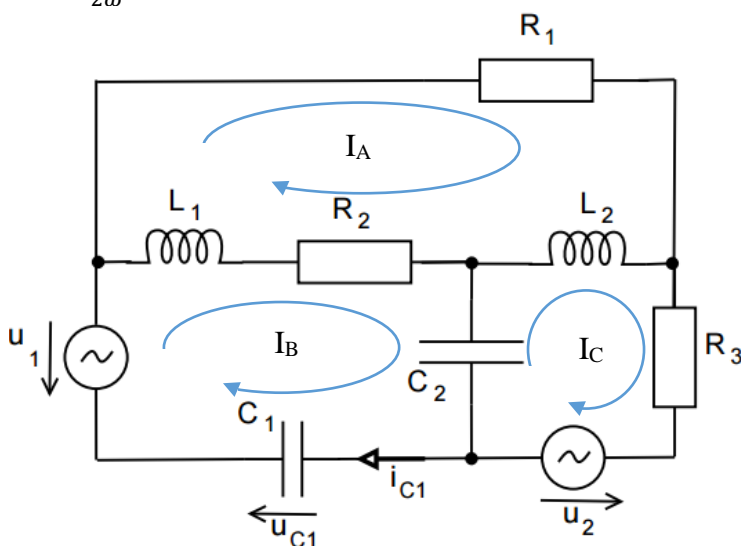
$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} = -\frac{34,0242 \text{ V}}{42 \Omega} = -0,8101 \text{ A}$$

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 $u_{C1} = U_{C1} \cdot \sin(2\pi f t + \phi_{C1})$ určete $|U_{C1}|$ a ϕ_{C1} . Použijte metodu smyčkových proudů.

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



Zadanie F:

$U_1 = 20 \text{ V}$
 $U_2 = 35 \text{ V}$
 $R_1 = 12 \Omega$
 $R_2 = 10 \Omega$
 $R_3 = 15 \Omega$
 $L_1 = 170 \text{ mH}$
 $L_2 = 80 \text{ mH}$
 $C_1 = 150 \mu\text{F}$
 $C_2 = 90 \mu\text{F}$
 $f = 65 \text{ Hz}$

Platí, že $\omega = 2\pi f$

$$I_A: I_A \cdot R_1 + I_A \cdot \omega L_2 j + I_A \cdot \omega L_1 j - I_B \cdot R_2 - I_B \cdot \omega L_1 j - I_C \cdot \omega L_2 j = 0$$

$$I_A \cdot (22 + 102.1018j) - I_B \cdot (10 + 69.4292j) - I_C \cdot (32.6726j) = 0$$

$$I_B: -I_A \cdot (R_2 + \omega L_1 j) + I_B \cdot \left(\omega L_1 j + R_2 - \frac{1}{\omega C_1} j - \frac{1}{\omega C_2} j \right) - I_C \cdot -\frac{1}{\omega C_2} j - U_1 = 0$$

$$I_A \cdot (-10 - 69.4292j) + I_B \cdot (10 + 25.8996j) + I_C \cdot 27.2060j = 20$$

$$I_C: -I_A \cdot (\omega L_2 j) - I_B \cdot -\frac{1}{\omega C_2} j + I_C \cdot (\omega L_2 j + R_3 - \frac{1}{\omega C_2} j) = U_2$$

$$I_A \cdot -32.6726j + I_B \cdot 27.206j + I_C \cdot (15 + 5.4666j) = 35$$

Riešenie tejto sústavy rovníc:

$$I_A = 1,0946 + 0,6797j$$

$$I_B = 0,7451 + 0,6343j$$

$$I_C = 2,1001 + 0,2671j$$

$$U_{C1} = I_B \cdot -\frac{1}{\omega C_1} j = (0,7451 + 0,6343j) \cdot \left(-\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 65 \text{ Hz} \cdot 150 \cdot 10^{-6} \text{ F}} \right) j$$

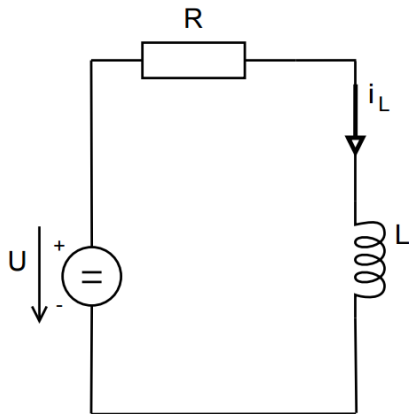
$$U_{C1} = 10,3540 - 12,1627j$$

$$|U_{C1}| = \sqrt{10,3540^2 + 12,1627^2} = 15,973 \text{ V}$$

$$\phi_{C1} = \arctan\left(\frac{\text{Im}U_{C1}}{\text{Re}U_{C1}}\right) = \arctan\left(\frac{-12,1627}{10,3540}\right) = 49,5925^\circ (-0,8656 \text{ rad})$$

5.příklad

Sestavte diferenciální rovnici popisující chování obvodu na obrázku, dále ji upravte dosazením hodnot parametrů. Vypočítejte analytické řešení $i_L = f(t)$. Proved'te kontrolu výpočtu dosazením do sestavené diferenciální rovnice.



Zadanie H:

$$U = 5V$$

$$L = 50H$$

$$R = 40\Omega$$

$$i_L(0) = 2A$$

$$i_L' = \frac{1}{L} * u_L$$

$$i_L' = \frac{1}{L} * (U - R * i_L)$$

$$i_L' = \frac{1}{50} * (5 - 40 * i_L)$$

$$i_L' = 0,1 - 0,8 * i_L$$

$$i_L' + 0,8 * i_L = 0,1$$

Vypočítame charakteristický koreň rovnice:

$$\lambda + 0,8 = 0$$

$$\lambda = -0,8$$

Dosadíme:

$$i_L(t) = c(t) * e^{-0,8t}$$

Zderivujeme:

$$i_L'(t) = c'(t) * e^{-0,8t} - 0,8c(t) * e^{-0,8t}$$

A dosadíme do pôvodnej rovnice:

$$i_L' + 0,8 * i_L = 0,1$$

$$c'(t) * e^{-0,8t} - 0,8c(t) * e^{-0,8t} + 0,8 * c(t) * e^{-0,8t} = 0,1$$

$$c'(t) * e^{-0,8t} = 0,1$$

$$c'(t) = 0,1 * e^{0,8t}$$

$$\int c'(t) = \int 0,1 * e^{0,8t}$$

$$c(t) + K_1 = \frac{1}{8} * e^{0,8t} + K_2$$

$$c(t) = \frac{e^{0,8t}}{8} + K$$

Dosadíme do predchádzajúceho výsledku:

$$i_L(t) = c(t) * e^{-0,8t}$$

$$i_L(t) = \left(\frac{e^{0,8t}}{8} + K \right) * e^{-0,8t}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{8} + K * e^{-0,8t}$$

$$2 = \frac{1}{8} + K * e^{-0,8*0}$$

$$16 = 1 + 8K$$

$$\frac{15}{8} = K$$

Úplný výsledok:

$$i_L(t) = \frac{1}{8} + \frac{15}{8} * e^{-0,8t}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{8} * (1 + 15 * e^{-0,8t}) A$$

Kontrola výpočtu:

$$i_L' + 0,8 * i_L = 0,1$$

$$-\frac{3}{2}e^{-0,8t} + 0,8 * \left(\frac{1}{8} * (1 + 15 * e^{-0,8t}) \right) = 0,1$$

$$-\frac{3}{2}e^{-0,8t} + 0,1 * (1 + 15 * e^{-0,8t}) = 0,1$$

$$-\frac{3}{2}e^{-0,8t} + 0,1 + \frac{3}{2}e^{-0,8t} = 0,1$$

$$0,1 = 0,1$$

Tabuľka výsledkov

Číslo príkladu	Zadanie	Výsledky
1	F	$U_{R8} = 20,2978 \text{ V}$ $I_{R8} = 0,0812 \text{ A}$
2	H	$I_{R4} = 50,3687 \text{ mA}$ $U_{R4} = 28,2065 \text{ V}$
3	E	$U_{R4} = -34,0242 \text{ V}$ $I_{R4} = -0,8101 \text{ A}$
4	F	$ U_{C1} = 15,973 \text{ V}$ $\phi_{C1} = 49,5925^\circ (-0,8656 \text{ rad})$
5	H	$i_L(t) = \frac{1}{8} * (1 + 15 * e^{-0,8t}) \text{ A}$