

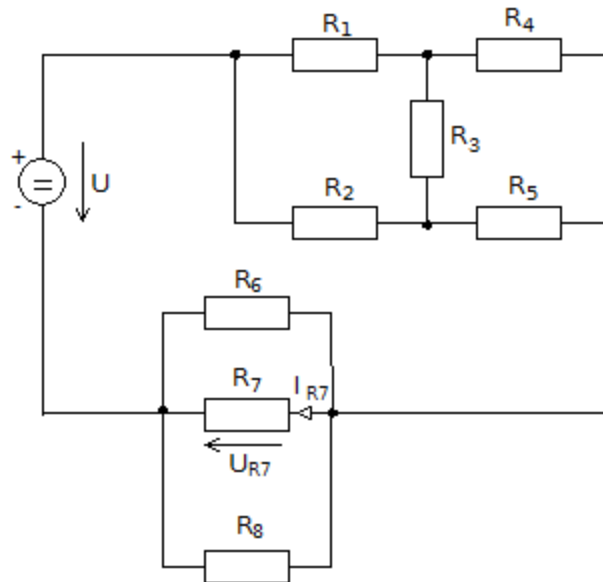
# Semestrální projekt

## ITO - 2013

Autor: Martin Kačmarčík (xkacma03)  
Fakulta informačních technologií  
Vysoké učení technické v Brně

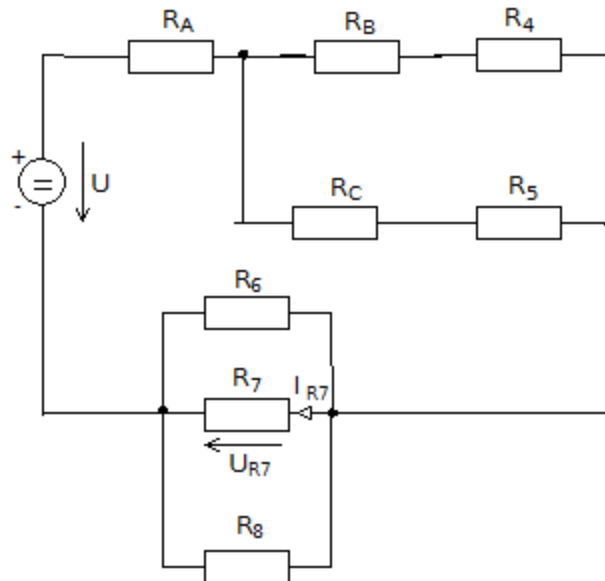
## První příklad:

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



$U = 105 \text{ V}$ ,  $R_1 = 420 \text{ } \Omega$ ,  $R_2 = 980 \text{ } \Omega$ ,  $R_3 = 330 \text{ } \Omega$ ,  $R_4 = 280 \text{ } \Omega$ ,  $R_5 = 310 \text{ } \Omega$ ,  $R_6 = 710 \text{ } \Omega$ ,  $R_7 = 240 \text{ } \Omega$ ,  $R_8 = 200 \text{ } \Omega$

*Upravení obvodu, kdy z trojúhelníku dostanu hvězdu.*



$$R_A = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2 + R_3) = 237.9191 \text{ } \Omega$$

$$R_B = R_1 \cdot R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 80.1156 \text{ } \Omega$$

$$R_C = R_2 \cdot R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 186.9364 \text{ } \Omega$$

*Dále postupuju klasicky.*

$$R_{B4} = R_B + R_4 = 360.1156 \text{ } \Omega$$

$$R_{C5} = R_C + R_5 = 496.9364 \text{ } \Omega$$

$$R_{B4C5} = (R_{B4} * R_{C5}) / (R_{B4} + R_{C5}) = 208.8024 \, \Omega$$

$$R_{AB4C5} = R_A + R_{B4C5} = 446.7215 \, \Omega$$

$$R_{67} = R_6 * R_7 / (R_6 + R_7) = 179.3684 \, \Omega$$

$$R_{678} = R_{67} * R_8 / (R_{67} + R_8) = 94.5616 \, \Omega$$

$$R_{AB4C5678} = R_{AB4C5} + R_{678} = 541.2831 \, \Omega$$

$$I = U/R = 105/541.2831 = 0.194 \, A$$

Nyni jsem našel proud protekající prvním tranzistorem tzn  $R_A$  . Dale budu zpětne a postupne dosazovat, dokud se nedostanu až k proudu  $I_7$  .

$$U_{R678} = R_{678} * I = 18.345 \, V$$

$$I_{R67} = U_{R678} / R_{67} = 0.1023 \, A$$

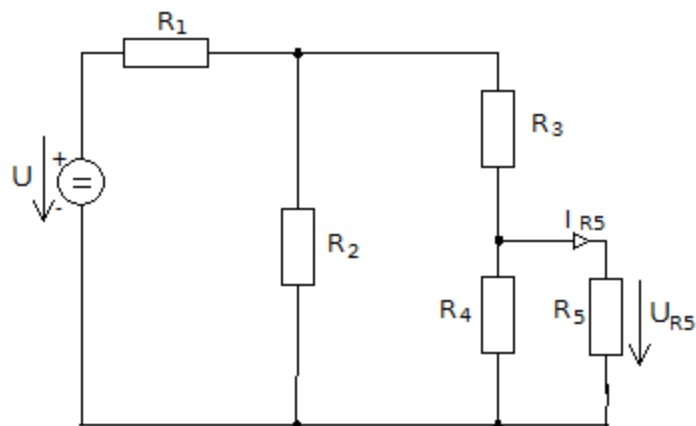
$$U_{R67} = I_{R67} * R_{67} = 18.3494 \, V$$

$$I_7 = U_{R67} / R_7 = 0.0765 \, A$$

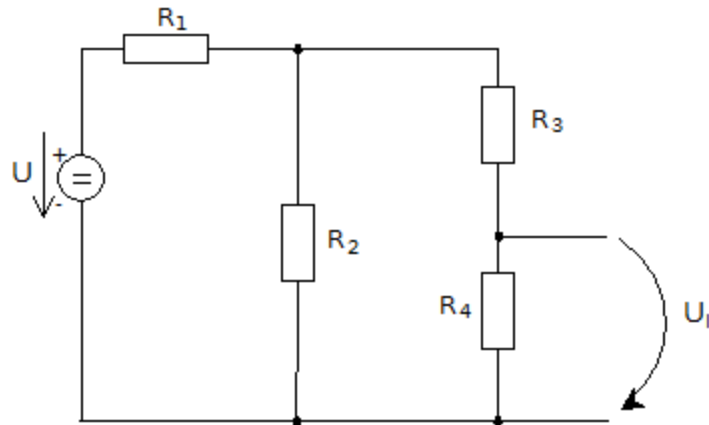
**VYSLEDEK:  $I_7 = 0.0765 \, A$**

**Druhý příklad:**

Stanovte napeti  $U_{R5}$  a proud  $I_{R5}$ . Použijte metodu Theveninovy věty.



$$U = 130 \, V, R_1 = 350 \, \Omega, R_2 = 600 \, \Omega, R_3 = 195 \, \Omega, R_4 = 320 \, \Omega, R_5 = 280 \, \Omega$$



Vytvorim si nahradni zapojeni. Dale se snazim ziskat  $R_1$  zjednodusený obvod.

### Vypocet $U_1$

Postupuji z prava do leva.

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 515 \, \Omega$$

$$R_{234} = R_2 * R_{34} / (R_2 + R_{34}) = 277.13 \, \Omega$$

$$R_{1234} = R_1 + R_{234} = 627.13 \, \Omega$$

$$I_1 = U / R_{1234} = 0.2073 \, A$$

$$U_{R1} = R_1 * I_1 = 72.555 \, V$$

$$U_{R2} = U - U_{R1} = 57.45 \, V$$

$$I_2 = U_{R2} / R_2 = 0.0958 \, A$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0.1116 \, A$$

$$U_{R4} = R_4 * I_3 = U_1 = 35.712 \, V$$

### Vypocet $R_1$

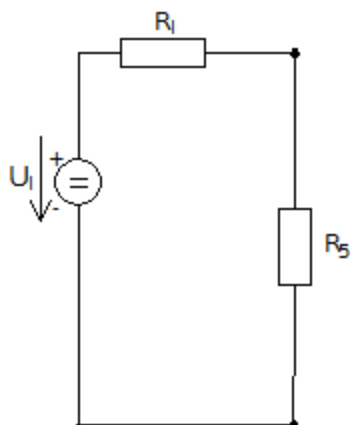
Postupuji z leva do prava.

$$R_{12} = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2) = 221.0526 \, \Omega$$

$$R_{123} = R_{12} + R_3 = 416.0526 \, \Omega$$

$$R_{1234} = R_1 = R_{123} * R_4 / (R_{123} + R_4) = 180.8795 \, \Omega$$

Nyni mam obvod s  $U_1$ ,  $R_1$  a  $R_5$



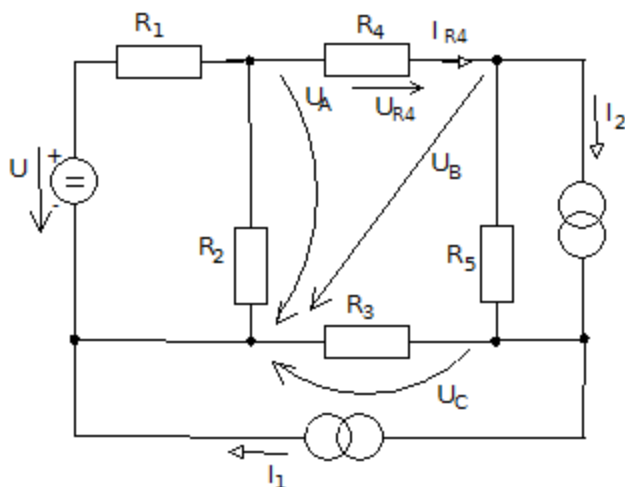
$$I_5 = U_1 / (R_1 + R_5) = 0.0775 \text{ A}$$

$$U_{R5} = I_5 \cdot R_5 = 21.6862 \text{ V}$$

**Vysledek:  $I_5 = 0.0775 \text{ A}$  ,  $U_{R5} = 21.6862 \text{ V}$**

**Třetí příklad:**

Stanovte napětí  $U_{R4}$  a proud  $I_{R4}$ . Použijte metodu uzlových napětí.



$U = 130 \text{ V}$ ,  $I_1 = 95 \text{ A}$ ,  $I_2 = 0.5 \text{ A}$ ,  $R_1 = 470 \text{ } \Omega$ ,  $R_2 = 390 \text{ } \Omega$ ,  $R_3 = 580 \text{ } \Omega$ ,  $R_4 = 280 \text{ } \Omega$ ,  $R_5 = 205 \text{ } \Omega$

---


$$\text{Uzel A: } I_{R1} = I_{R2} + I_{R4}$$

$$\text{Uzel B: } I_{R4} = I_{R5} + I_2$$

$$\text{Uzel C: } I_{R5} + I_2 = I_{R3} + I_1$$

---


$$\text{A: } (U - U_A)/R_1 = U_A / R_2 + (U_A - U_B)/R_4$$

$$\text{B: } (U_A - U_B)/R_4 = (U_B - U_C) / R_5 + I_2$$

$$C: (U_B - U_C)/R_5 + I_2 = U_C / R_3 + I_1$$

$$(130 - U_A)/470 = U_A/390 + (U_A - U_B)/280$$

$$(U_A - U_B)/280 = (U_B - U_C)/205 + 0.5$$

$$(U_B - U_C)/205 + 0.5 = U_C/580 + 95$$

$$1092(130 - U_A) = 1316 U_A + 1833(U_A - U_B)$$

$$41(U_A - U_B) = 56(U_B - U_C) + 5740$$

$$116(U_B - U_C) + 11890 = 41U_C + 2259100$$

$$1092(130 - U_A) = 1316 U_A + 1833 (U_A - U_B)$$

$$41U_A - 41 U_B = 56 U_B - 56 U_C + 5740$$

$$116U_B - 116 U_C + 11890 = 41 U_C + 2259100$$

$$141960 = 4241 U_A - 1833 U_B$$

$$-5740 = -41U_A + 97U_B - 56U_C$$

$$-2247210 = -116U_B + 157 U_C$$

$$U_C = (116U_B - 2247210)/157$$

$$141960 = 4241 U_A - 1833 U_B$$

$$-5740 = -41U_A + 97U_B - 56 (116U_B - 2247210)/157$$

$$U_A = (141960 + 1833U_B)/4241$$

$$-5740 = -41 ( (141560 + 1833U_B)/4241) + 97U_B - 56*(116U_B - 2247210)/157$$

$$U_B = -21262.4571 \text{ V}$$

$$U_A = -9156.32 \text{ V}$$

$$I_{R4} = (U_A - U_B)/R_4 = 48.2362 \text{ A}$$

$$U_{R4} = I_{R4} * R_4 = 12106.136 \text{ V}$$

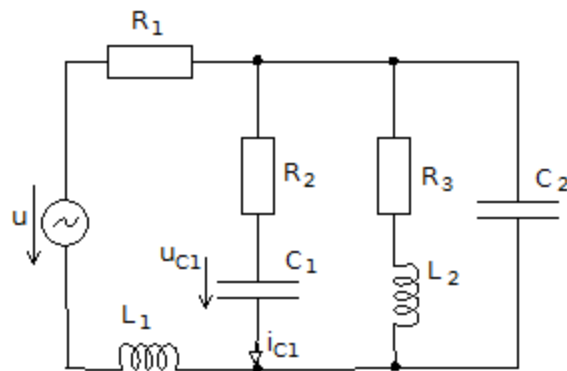
$$\text{Vysledek: } I_{R4} = 48.2362 \text{ A} , U_{R4} = 12106.136 \text{ V}$$

## Čtvrtý příklad:

Stanovte napětí  $U_{R4}$  a proud  $I_{R4}$ . Použijte metodu uzlových napětí.

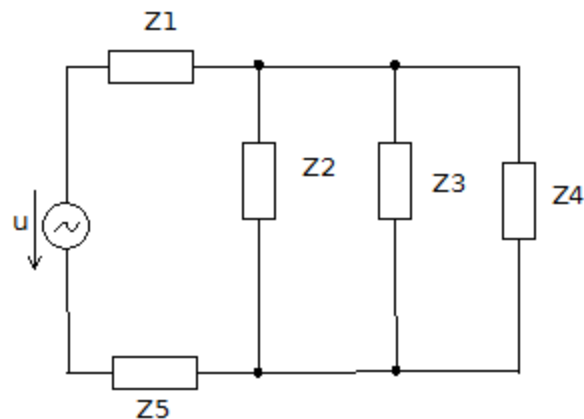
Pro napájecí napětí platí:  $u = U \cdot \sin(2\pi ft)$ . Ve vztahu pro napětí na kondenzátoru  $C_1$ :  $u_{C_1} = U_{C_1} \cdot \sin(2\pi ft + \varphi_{C_1})$  určete  $|U_{C_1}|$  a  $\varphi_{C_1}$ . Použijte metodu zjednodušování obvodu.

Pozn: Pomocný "směr šipky napájecího zdroje platí pro speciální časový okamžik ( $t = \frac{\pi}{2\omega}$ )."



$U = 50 \text{ V}$ ,  $R_1 = 190 \, \Omega$ ,  $R_2 = 180 \, \Omega$ ,  $R_3 = 220 \, \Omega$ ,  $L_1 = 0.42 \text{ H}$ ,  $L_2 = 0.27$ ,  $C_1 = 120 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $C_2 = 205 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ,  $f = 90 \text{ Hz}$ ,  $\omega = 2\pi f = 565.4867 \text{ rad/s}$

Na začátku vypočítám impedance  $Z$ .



$$\begin{aligned} Z_1 &= R_1 \\ Z_2 &= R_2 - j \cdot (1/\omega \cdot C_1) \\ Z_3 &= R_3 + j \omega L_2 \\ Z_4 &= -j(1/\omega \cdot C_2) \\ Z_5 &= j\omega L_1 \end{aligned}$$

$$Z_1 = 190 \, \Omega$$

$$Z_2 = 180 - j14.7366 \, \Omega$$

$$Z_3 = 220 + j152.6814 \, \Omega$$

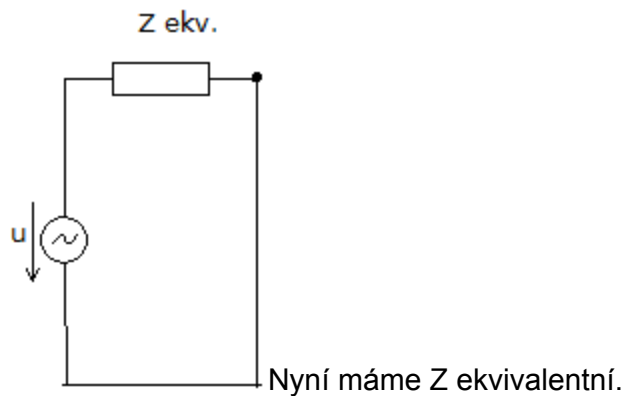
$$Z_4 = -j5.6263 \, \Omega$$

$$Z_5 = j237.5044 \, \Omega$$

$$Z_{34} = Z_3 * Z_4 / (Z_3 + Z_4) = 0.2367 - j8.7813$$

$$Z_{234} = Z_{34} * Z_2 / (Z_{34} + Z_2) = 0.6541 - j8.7038$$

$$Z_{12345} = Z_1 + Z_{234} + Z_5 = 190.6541 + j228.8006$$



$$I = U / Z_{\text{ekv.}} = 0.1075 - j0.129$$

$$U_{Z_{234}} = I * Z_{234} = -1.0523 - j1.0198$$

$$I_{Z_2} = U_{Z_{234}} / Z_2 = -0.0053 - j0.0061$$

$$U_{C_1} = -j * (1/\omega * C_1) * I_{Z_2} = -0.0899 + j0.0787$$

$$|U_{C_1}| = \text{velikost vektoru určeného reálnou a imaginární částí napětí na } C_1 = \sqrt{(0.0899)^2 + (0.0787)^2} = 0.1194 \, \text{V}$$

$$\varphi_{C_1} = \arctan(\text{imag}/\text{real}) = \arctan(0.0787/-0.0899) = -41.22^\circ$$

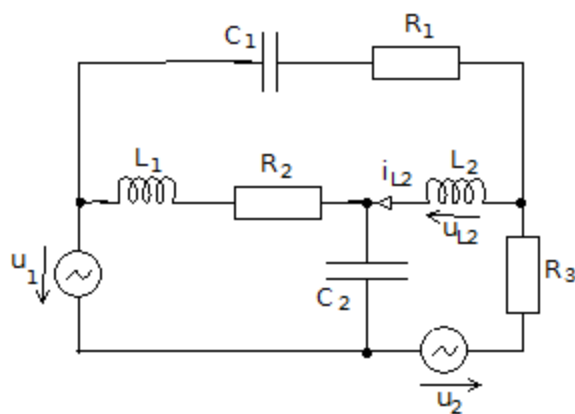
$$\textbf{Vysledek: } |U_{C_1}| = 0.1194 \, \text{V} , \, \varphi_{C_1} = -41.22^\circ$$



## Pátý příklad:

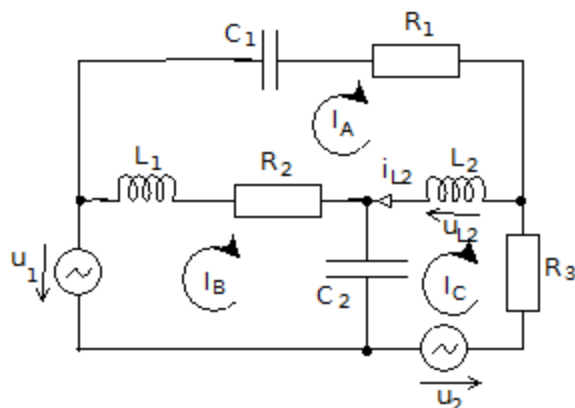
Pro napájecí napětí platí:  $u_1 = U_1 \cdot \sin(2\pi ft)$ ,  $u_2 = U_2 \cdot \sin(2\pi ft)$ . Ve vztahu pro napětí na cívce  $L_2$ :  $u_{L_2} = U_{L_2} \cdot \sin(2\pi ft + \varphi_{L_2})$  určete  $|U_{L_2}|$  a  $\varphi_{L_2}$ . Použijte metodu smyčkových proudů.

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



$U_1 = 20 \text{ V}$ ,  $U_2 = 35 \text{ V}$ ,  $R_1 = 120 \, \Omega$ ,  $R_2 = 100 \, \Omega$ ,  $R_3 = 170 \, \Omega$ ,  $L_1 = 0.17 \text{ H}$ ,  $L_2 = 0.08 \text{ H}$ ,  $C_1 = 150 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ,  $C_2 = 90 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ,  $f = 65 \text{ Hz}$

Jako první si zvolím směry svých virtuálních proudů  $I_A$ ,  $I_B$  a  $I_C$ .



$$I_A: I_A(R_1 + R_2 + jXL_2 + jXL_1 - jXC_1) - I_B(R_2 + jXL_1) - I_C * jXL_2 = 0$$

$$I_B: -I_A(R_2 + jXL_1) + I_B(R_2 + jXL_1 - jXC_2) + I_C * jXC_2 = u_1$$

$$I_C: -I_A * jXL_2 + I_B * jXC_2 + I_C(R_3 + jXL_2 - jXC_2) = u_2$$

Nyni dosadim hodnoty do vzorecku vyse a ziskam 3 rovnice o trech neznamych.

$$I_A: I_A(120 + 100 + j32.6726 + j69.4292 - j16.3236) - I_B(100 + j69.4292) - I_C * j32.6726 = 0$$

$$I_B: -I_A(100 + j69.4292) + I_B(100 + j69.4292 - j27.206) + I_C * j27.206 = 20$$

$$I_C: -I_A * j32.6726 + I_B * j27.206 + I_C(170 + j32.6726 - j27.206) = 35$$

Dále jsem použil matici a determinanty. Vzhledem k velice nepříjemnému přepisování z papíru do počítače tyto operace vynechám. Reálně jsem potřeboval spočítat pouze proudy  $I_A$  a  $I_C$  proto  $I_B$  spocítan není (práce nav

$$I_A = 0.1777 + j0.0587 \text{ A}$$

$$I_C = 0.1925 - j0.0243 \text{ A}$$

$$I_2 = I_A - I_C = -0,0148 + j0,083 \text{ A}$$

$$\text{Dále můžu spočítat } U_{L2} = I_{L2} * L_2 = -2,7117 - j0,4846 \text{ V}$$

$$|U_{L1}| = \text{velikost vektoru určeného reálnou a imaginární částí napětí na } L_2 = \sqrt{(2,7117)^2 + (0,4846)^2} = 2,7546 \text{ V}$$

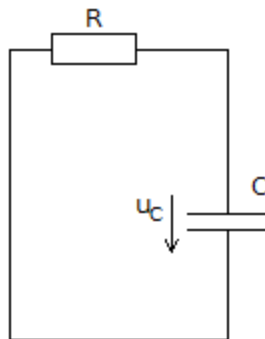
$$\varphi_{L1} = \arctan(\text{imag}/\text{real}) = \arctan(-0,4846/-2,7117) = 10.13^\circ$$

**Výsledek:  $|U_{L1}| = 2.7546 \text{ V}$  ,  $\varphi_{L1} = 10.13^\circ$**

## Šestý 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.

$$R = 40 \, \Omega, C = 50 \text{ F}, u_C(0) = 9 \text{ V} \rightarrow \text{počáteční podmínka}$$



$$U_C + U_R = 0$$

$$U_R = R * I$$

$$U_C + R * I = 0 \rightarrow i = -U_C / R$$

$$u'_c = 1/C * i_c \rightarrow \text{AXIOM}$$

$$u'_c = 1/C * -u_c/R = 1/50 * (-u_c/40) \quad // * 200$$

$$200u'_c + u_c = 0$$

$$200 \lambda + 1 = 0$$

$$\lambda = -1/200$$

$$u_c(t) = c(t) * e^{\lambda t}$$

$$u_c(t) = c(t) * e^{-1/200 * t}$$

$$u'_c(t) = c'(t) * e^{-1/200 * t} + c(t) * e^{-1/200 * t} * (-1/200)$$

$$200c'(t) * e^{-1/200 * t} - c(t) * e^{-1/200 * t} + c(t) * e^{-1/200 * t} = 0 \quad // \text{ty 2 posledni cleny se odectou}$$

$$200c'(t) * e^{-1/200 * t} = 0$$

Protoze e nikdy nemuze byt rovno nule, vime, ze  $c'(t) = 0$ . A kdy je derivace rovna nule? V pripade, ze se jedna o konstantu.

$$\rightarrow c'(t) = 0$$

$$\rightarrow c(t) = K$$

$$u_c(t) = K * e^{-1/200 * t} \rightarrow u_c(0) = 9$$

$$9 = K * 1$$

$$K = 9$$

$$\textbf{Zaver: } u_c(t) = 9 * e^{-1/200 * t}$$

Kontrola reseni:

$$u_c(t) = 9 * e^{-1/200 * t}$$

$$u'_c(t) = 9 * e^{-1/200 * t} * (-1/200)$$

$$200u'_c + u_c = 0$$

$$200 * (9 * e^{-1/200 * t} * (-1/200)) + (9 * e^{-1/200 * t}) = 0 \quad // \text{ty dvoustovky se vykrati a diky zlomku v prvni} \\ \text{clenu se stane prvni clen zapornym tzn se odectou a vyjde:}$$

$$0 = 0$$

**Kontrola provedena uspesne.**

## TABULKA S VYSLEDKY:

Číslo úlohy	Varianta	Výsledek / Výsledky
1	D	$I_7 = 0.0765 \text{ A}$
2	F	$I_5 = 0.0775 \text{ A}$ , $U_{R5} = 21.6862 \text{ V}$
3	H	$I_{R4} = 48.2362 \text{ A}$ , $U_{R4} = 12106.136 \text{ V}$
4	D	$ U_{C1}  = 0.1194 \text{ V}$ , $\varphi_{C1} = -41.22^\circ$
5	F	$ U_{L1}  = 2.7546 \text{ V}$ , $\varphi_{L1} = 10.13^\circ$
6	H	$u_c(t) = 9 * e^{-1/200 * t}$