

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta informačních technologií

ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

2020/2021

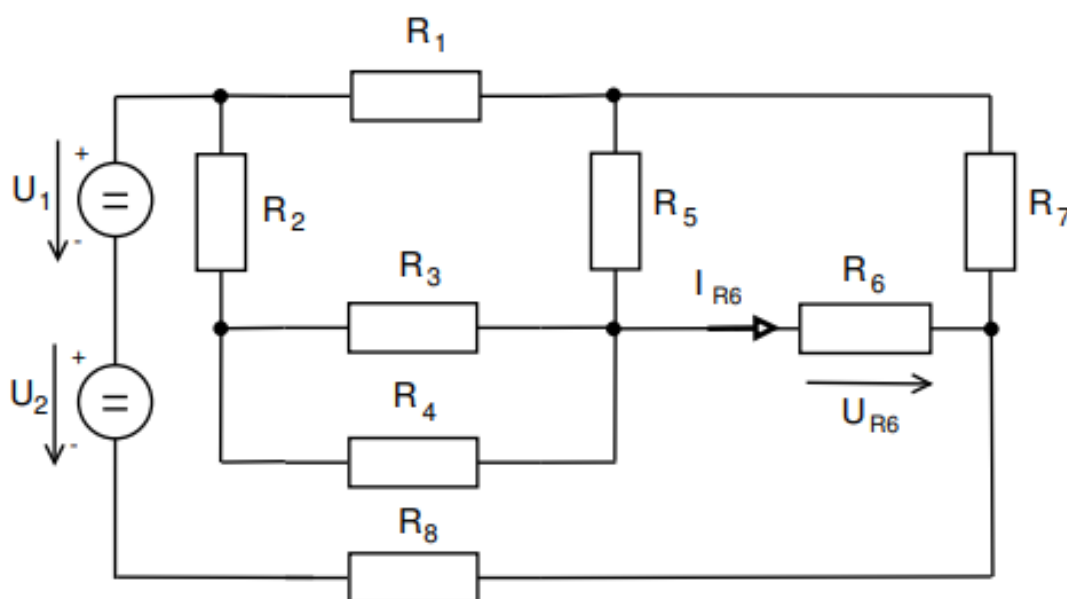
SEMESTRÁLNÍ PROJEKT

Vypracoval: Pavel Heřmann

Login: xherma34

1.) Stanovte napětí UR6 a proud IR6. Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu

sk.	U1 [V]	U2 [V]	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	R5 [Ω]	R6 [Ω]	R7 [Ω]	R8 [Ω]
B	95	115	650	730	340	330	410	830	340	220



V tomto příkladě budeme postupným zjednodušováním obvodu počítat odpory, dokud nedojdeme až na výsledné Rekv. Z tohoto bodu půjdeme opačným směrem a budeme zpátky obvod „skládat“ a dopočítávat hodnoty, dokud nenajdeme hledanou hodnotu UR6 a IR6

1. Sečteme napětí U1 a U2, zjednodušíme paralelně zapojené R3 a R4 na R34.

$$U = U_1 + U_2$$

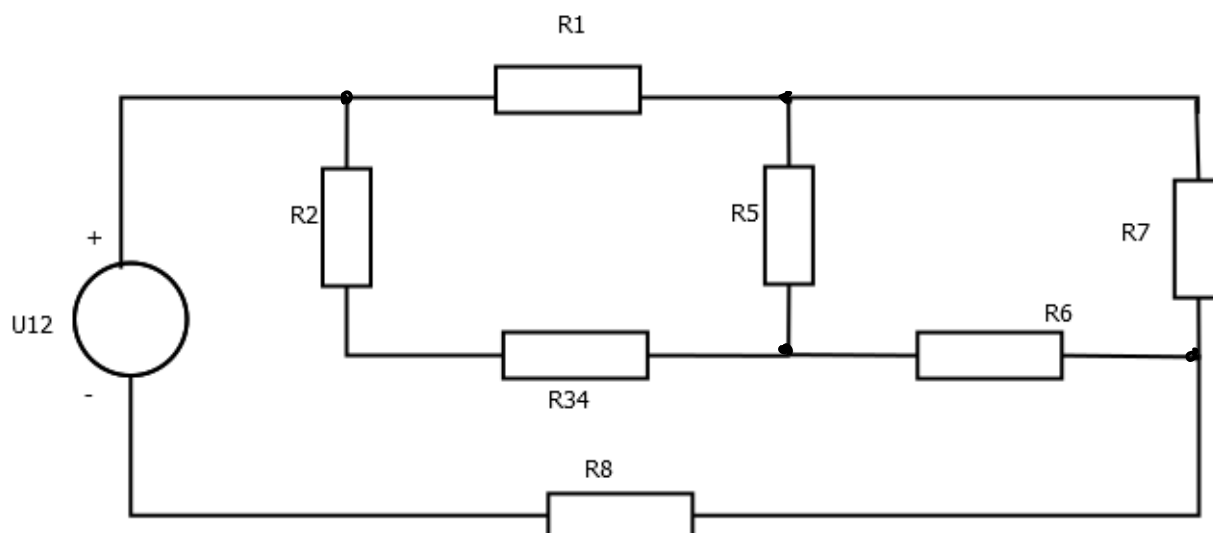
$$U = 95 + 115$$

$$U = 210V$$

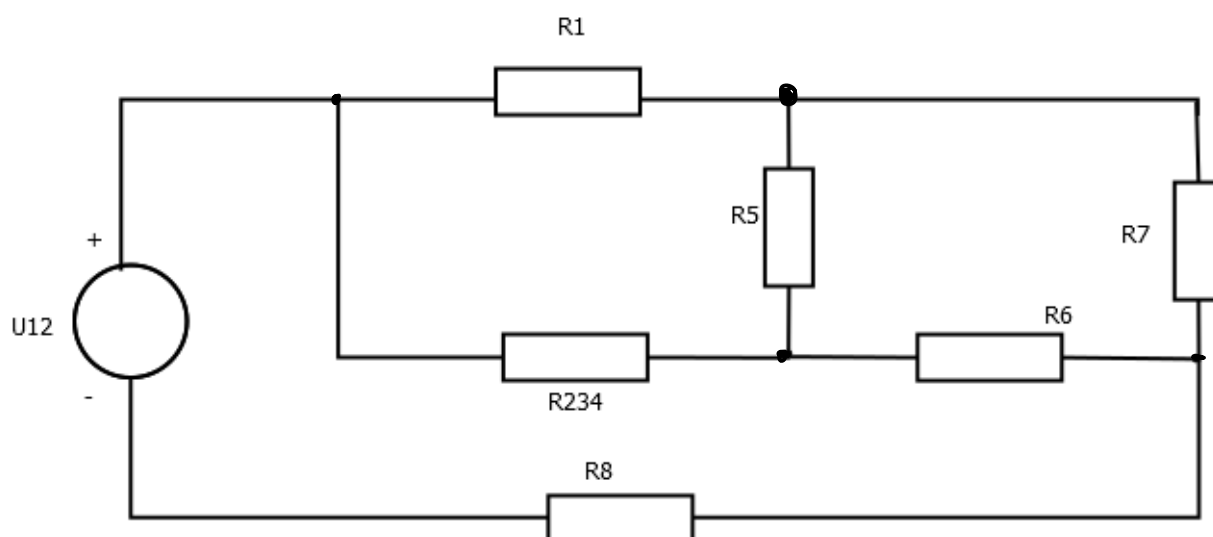
$$R_{34} = \frac{R_3 * R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{34} = \frac{340 * 330}{340 + 330}$$

$$R_{34} = 167,4627\Omega$$



2. Nyní zjednodušíme sériově zapojené R2 a R34



$$R_{234} = R_2 + R_{34}$$

$$R_{234} = 730 + 167,4627$$

$$R_{234} = 897,4627\Omega$$

3. Teď už můžeme provést zapojení hvězda -> trojúhelník

$$R_A = \frac{R_1 * R_{234}}{R_1 + R_{234} + R_5}$$

$$R_A = \frac{650 * 897,4627}{650 + 897,4627 + 410}$$

$$R_A = 298,0137\Omega$$

$$R_B = \frac{R_1 * R_5}{R_1 + R_{234} + R_5}$$

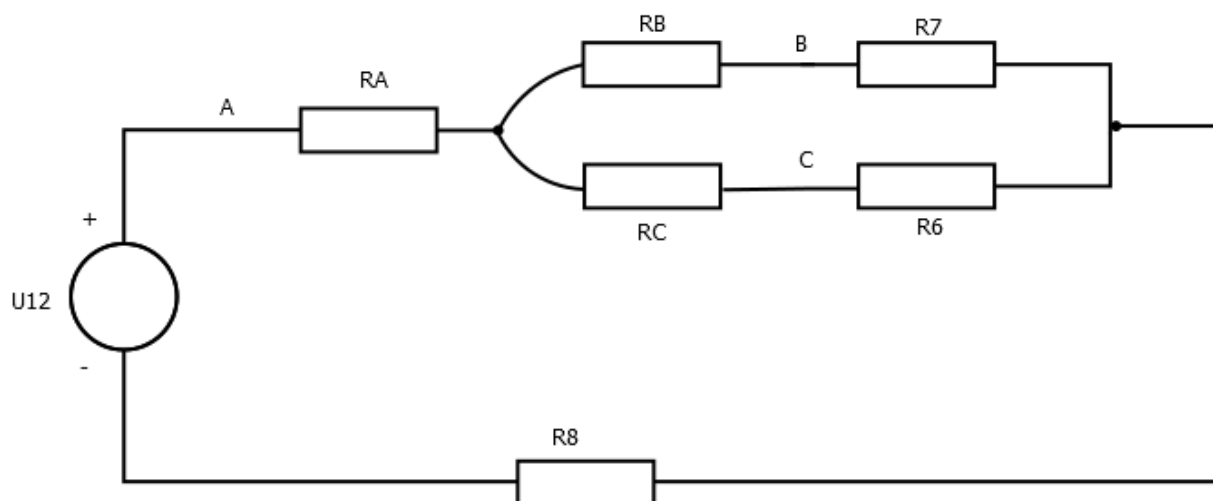
$$R_B = \frac{650 * 410}{650 + 897,4627 + 410}$$

$$R_B = 136,1456\Omega$$

$$R_C = \frac{R_{234} * R_5}{R_1 + R_{234} + R_5}$$

$$R_C = \frac{897,4627 * 410}{650 + 897,4627 + 410}$$

$$R_C = 187,9779\Omega$$



4. Zjednodušíme dvojice R_B a R_7 , R_C a R_6 , které jsou sériově zapojené

$$R_{B7} = R_B + R_7$$

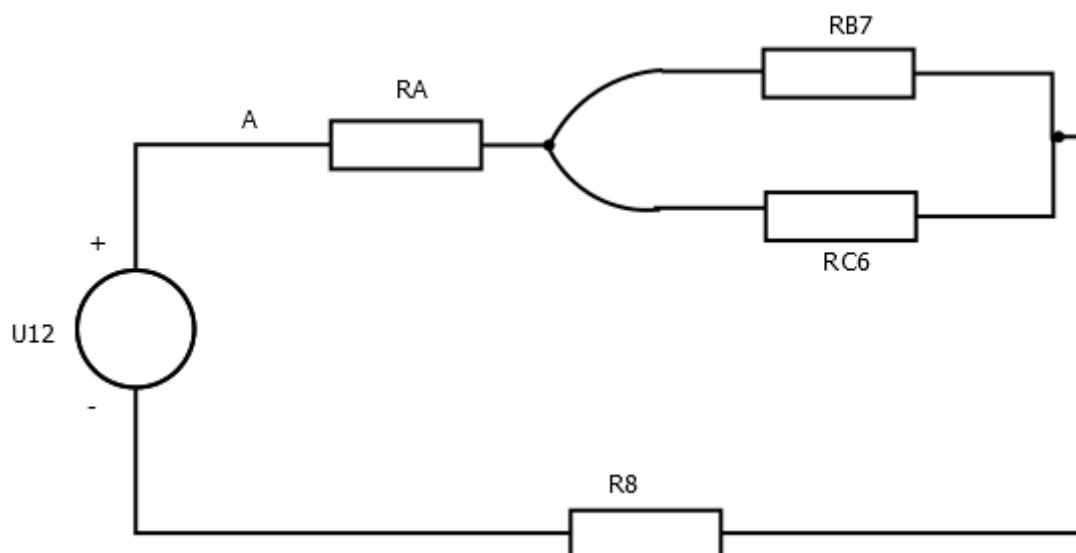
$$R_{B7} = 136,1456 + 340$$

$$R_{B7} = 476,1456\Omega$$

$$R_{C6} = R_C + R_6$$

$$R_{C6} = 187,9779 + 830$$

$$R_{C6} = 1017,9779\Omega$$

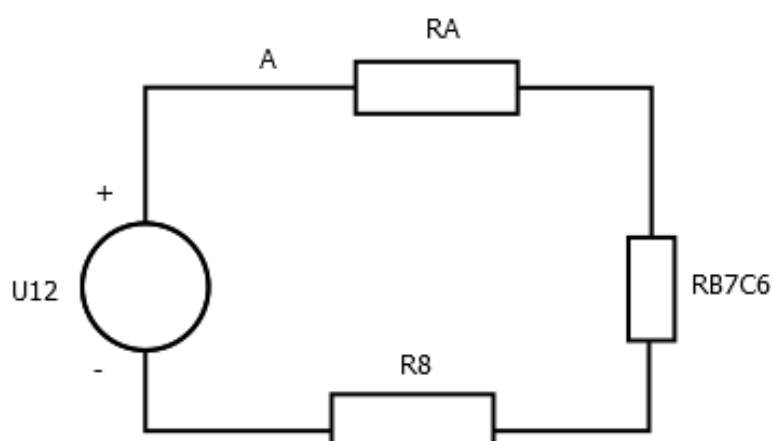


5. Teď zjednodušíme paralelně zapojené rezistory RB7 a RC6

$$R_{B7C6} = \frac{R_{B7} * R_{C6}}{R_{B7} + R_{C6}}$$

$$R_{B7C6} = \frac{476,1456 * 1017,9779}{476,1456 + 1017,9779}$$

$$R_{B7C6} = 324,4081\Omega$$



6. V posledním kroce zjednodušování dopočítáme výsledné Rekv ze zbylých rezistorů

$$R_{ekv} = R_A + R_8 + R_{B7C6}$$

$$R_{ekv} = 298,0137 + 220 + 324,4081$$

$$R_{ekv} = 842,4218\Omega$$

Teď musíme zpětně obvod „skládat“ a počítat hodnoty, dokud se nedostaneme na hledané IR6 a UR6

7. Nejdříve si vypočítáme IR pomocí ohmova zákona

$$I_R = \frac{U}{R_{ekv}}$$

$$I_R = \frac{210}{842,4218}$$

$$I_R = 0,2493A$$

8. Vrátime se na 5 krok a vypočítáme hodnoty U_{RA} , U_{RB7C6} a U_{R8}

$$I_{RA} = I_{RB7C6} = I_{R8} = I_R$$

$$U_{RA} = R_A * I_R$$

$$U_{RB7C6} = R_{B7C6} * I_R$$

$$U_{R8} = R_8 * I_R$$

$$U_{RA} = 298,0137 * 0,2493$$

$$U_{RB7C6} = 324,4081 * 0,2493$$

$$U_{RB7C6} = 220 * 0,2493$$

$$U_{RA} = 74,2948V$$

$$U_{RB7C6} = 80,8749V$$

$$U_{RB7C6} = 54,846V$$

Provedeme kontrolu I. Kirchhoffova zákona

$$U_{RB7C6} + U_A + U_8 - U = 0$$

$$71,2948 + 80,8749 + 54,846 \approx 0$$

9. Dopočítáme I_{RC6} a I_{RC7} poté rozdělíme R_{C6} a vypočítáme U_{R6} a I_{R6}

$$U_{RB7C6} = U_{RB7} = U_{RC6}$$

$$I_{RB7} = \frac{U_{RB7}}{R_{B7}}$$

$$I_{RC6} = \frac{U_{RC6}}{R_{C6}}$$

$$I_{RB7} = \frac{80,8749}{476,1456}$$

$$I_{RC6} = \frac{80,8749}{1017,9779}$$

$$I_{RB7} = 0,1699A$$

$$I_{RC6} = 0,07945A$$

Provedeme kontrolu II kirchhoffova zákona

$$I_{RA} + I_{RB7} + I_{RC6} - I = 0$$

$$0,2493 + 0,1699 + 0,07945 \approx 0$$

Dopočítáme hledané hodnoty

$$U_{R6} = R_6 * I_{R6}$$

$$U_{R6} = 830 * 0,07945$$

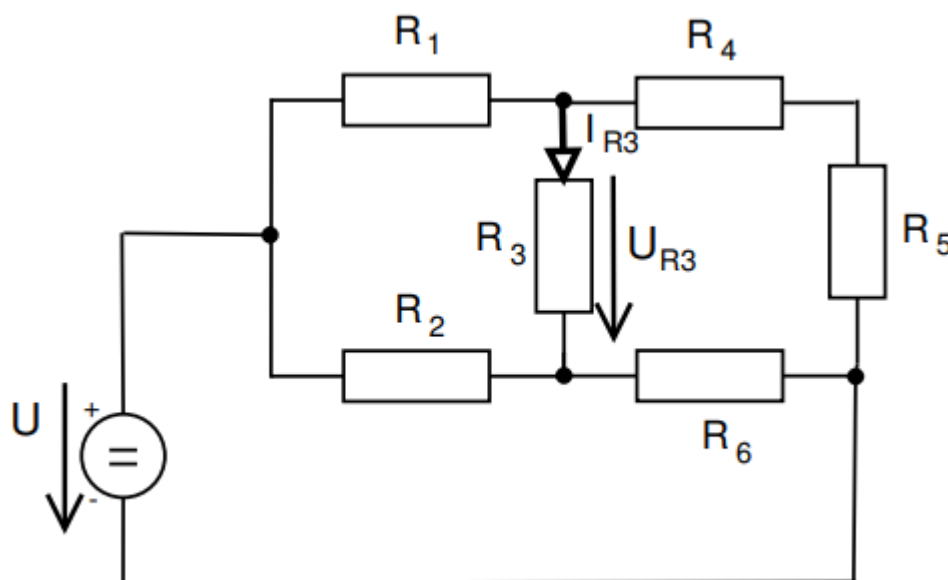
$$U_{R6} = 65,9435V$$

$$I_{R6} = I_{RC6}$$

$$I_{R6} = 0,07945A$$

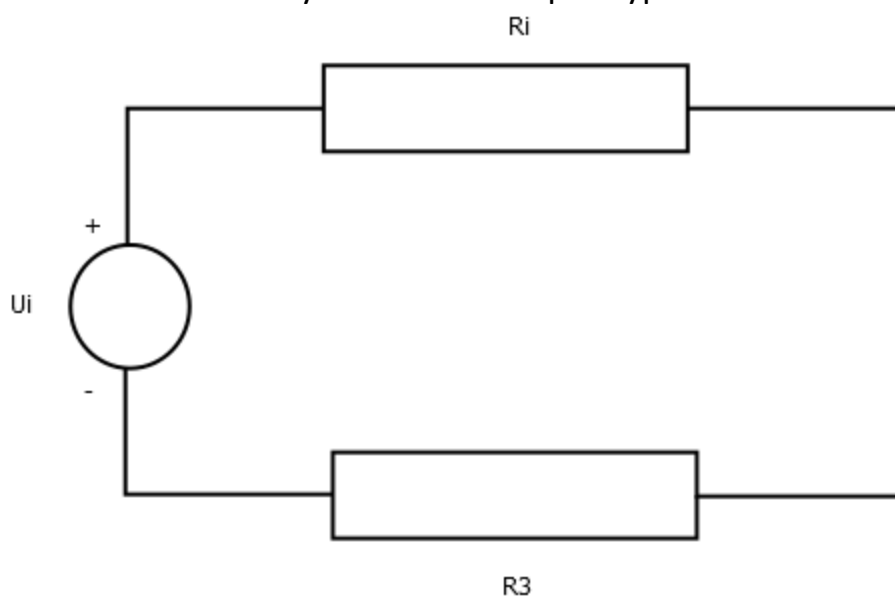
2.) Stanovte napětí U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu Théveninovy vět

sk.	U [V]	R1 [V]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	R5 [Ω]	R6 [Ω]
C	200	70	220	630	240	450	300



Obvod budeme řešit pomocí Théveninovy vět. Nejdříve si vytvoříme obvod pro výpočet I_{R3} . Pokračujeme dopočítáním hodnot R_i a U_i . R_i dopočítáme vyzkratováním zdroje a odpojením rezistoru R_3 . Následně zapojíme zpět zdroje a dopočítáme hodnotu U_i . Tyto dvě neznámé nám budou stačit pro dopočítání hodnot I_{R3} a U_{R3}

1. Vytvoříme obvod pro výpočet I_{R3}



2. Vypočítáme neznámou R_i

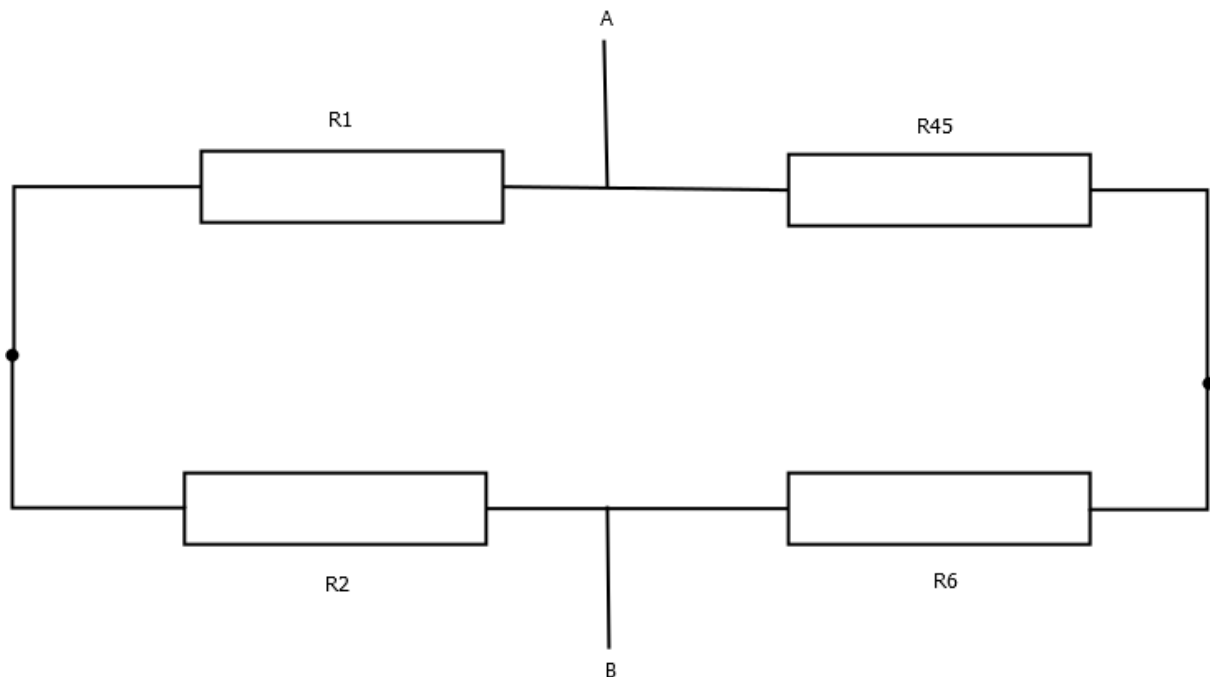
Začneme zjednodušením rezistorů R_4 a R_5 , které jsou sériově zapojené

$$R_{45} = R_4 + R_5$$

$$R_{45} = 240 + 450$$

$$R_{45} = 690\Omega$$

Vyzkratujeme zdroj, odpojíme rezistor R_3



Zjednodušíme R_1 a R_4 , R_2 a R_6 , které jsou paralelně zapojené

$$R_{145} = \frac{R_1 * R_{45}}{R_1 + R_{45}}$$

$$R_{145} = \frac{70 * 690}{70 + 690}$$

$$R_{145} = 63,5526\Omega$$

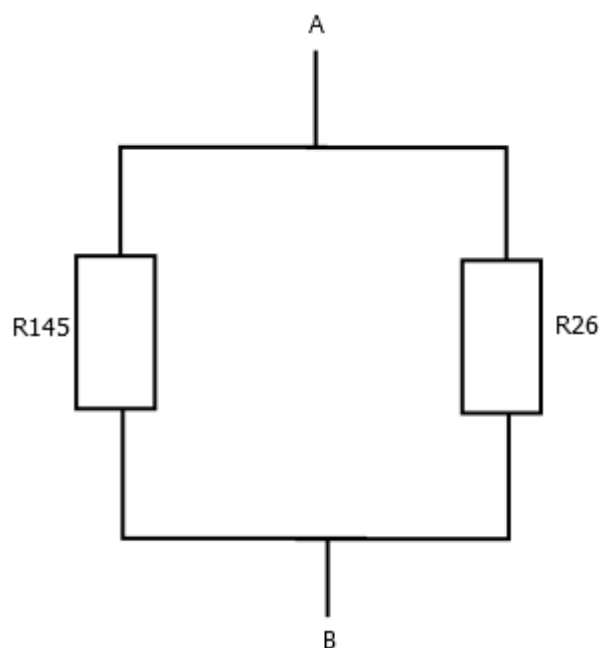
$$R_{26} = \frac{R_2 * R_6}{R_2 + R_6}$$

$$R_{26} = \frac{220 * 300}{220 + 300}$$

$$R_{26} = 126,9231\Omega$$

Dopočítáme R_i sečtením odporu R_{145} a R_{26}

$$\begin{aligned}R_i &= R_{145} + R_{26} \\R_i &= 63,5526 + 126,9231 \\R_i &= 190,4757\Omega\end{aligned}$$



3. Vypočítáme hledanou hodnotu U_i

Odpojíme rezistor R_3 naznačíme si hledanou hodnotu U_i , sériově zapojené R_1 a R_2 , R_{45} a R_6 zjednodušíme (viz obrázek č.2.2)

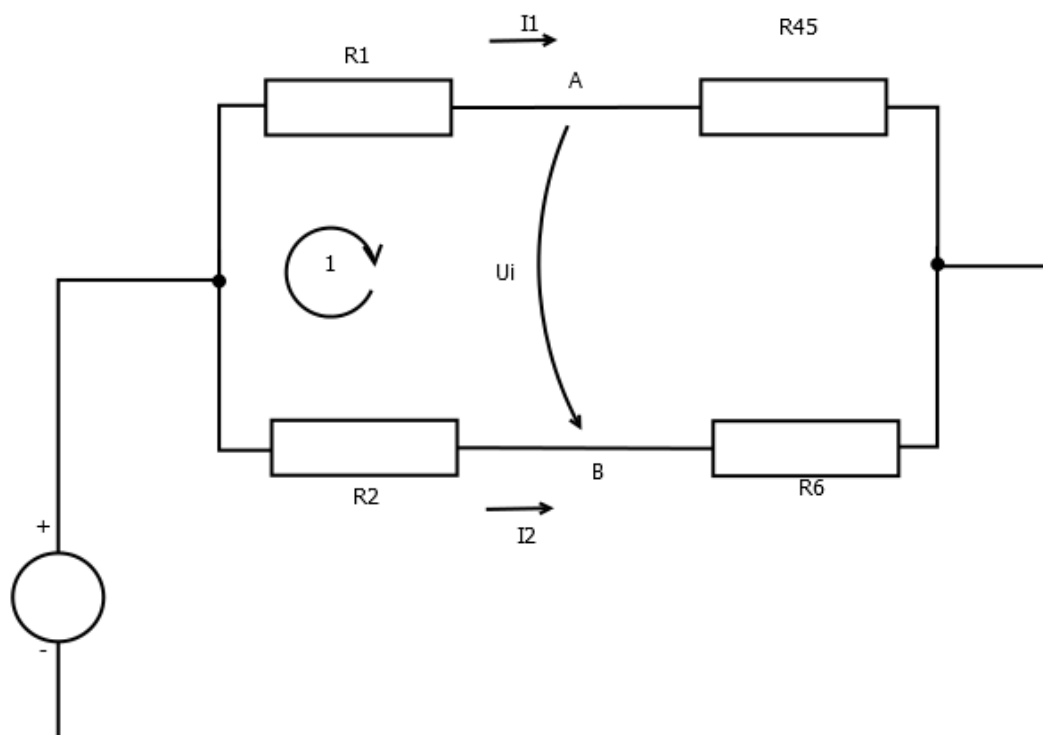
$$\begin{aligned}R_{145} &= R_1 + R_{45} \\R_{145} &= 70 + 690 \\R_{145} &= 760\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{26} &= R_2 + R_6 \\R_{26} &= 220 + 300 \\R_{26} &= 520\Omega\end{aligned}$$

Vypočítáme I_1 a I_2

$$\begin{aligned}I_1 &= \frac{U}{R_{145}} \\I_1 &= \frac{200}{760} \\I_1 &= 0,2631A\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_2 &= \frac{U}{R_{145}} \\I_2 &= \frac{200}{760} \\I_2 &= 0,2631A\end{aligned}$$



Obrázek č 2.2

Dopočítáme hodnoty pomocí smyčky 1 a I. Kirchhoffova zákona

$$U_{R1} - U_{R2} + U_i = 0$$

$$R_1 * I_1 - R_2 * I_2 = -U_i$$

$$70 * 0,2632 - 220 * 0,3846 = -U_i$$

$$U_i = 66,188V$$

4. Dosadíme do původního vzorce vyjádřeného z obvodu a dopočítáme hledané I_{R3} a U_{R3}

$$I_{R3} = \frac{U_i}{R_i + R_3}$$

$$I_{R3} = \frac{60,195}{190,4757 + 630}$$

$$I_{R3} = 0,08068A$$

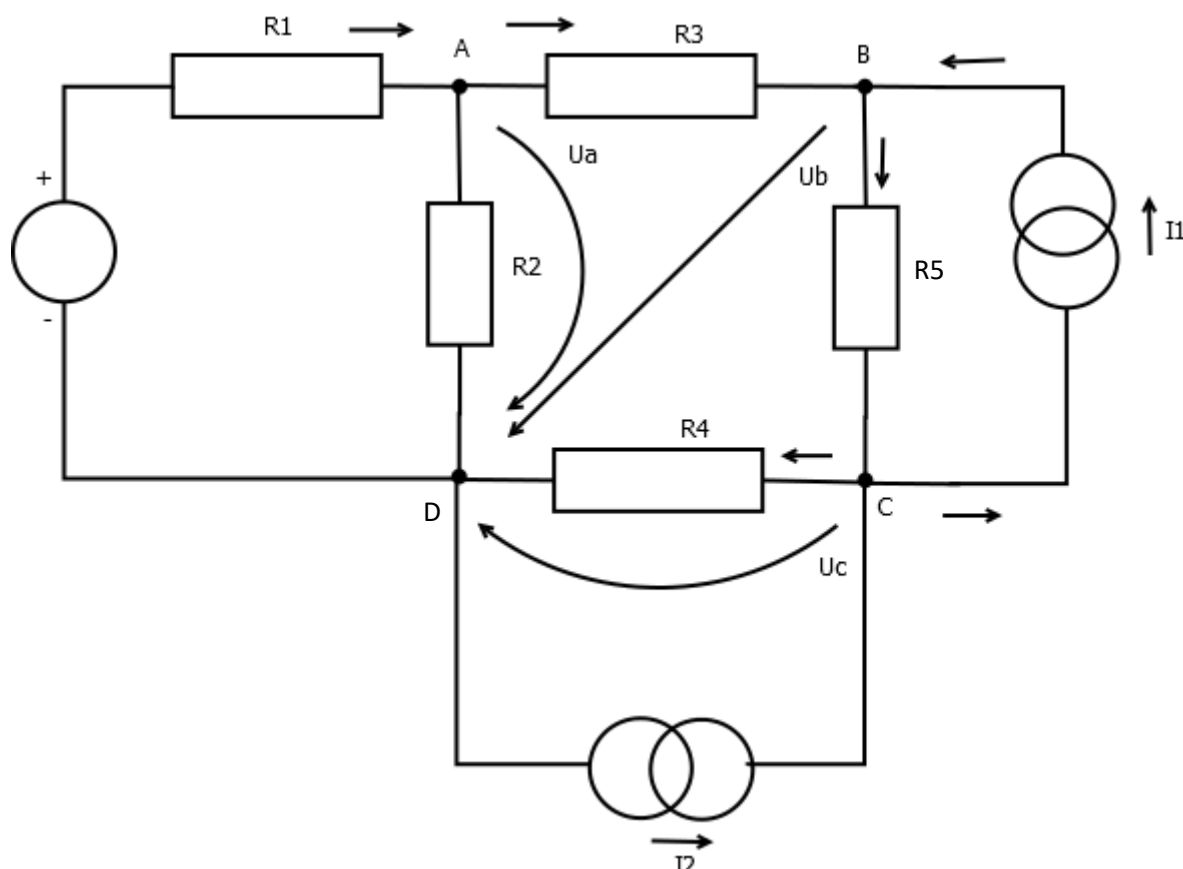
$$U_{R3} = R_3 * I_{R3}$$

$$U_{R3} = 630 * 0,08068$$

$$U_{R3} = 35,564V$$

3.) Stanovte napětí U_{R2} a proud I_{R2} . Použijte metodu uzlových napětí (U_A , U_B , U_C)

sk.	U_1 [V]	I_2 [A]	I_2 [A]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]
D	115	0,6	0,9	50	38	48	37	28



Obvod budeme řešit metodou uzlových napětí, sestavíme si rovnice pomocí II. Kirchhoffova zákona. Vznikne nám soustava rovnic o 3 neznámých. Neznámé U dopočítáme a poté dopočítáme hledané U_{R2} a I_{R2}

Vytvoříme si soustavu rovnic pro uzel D pomocí I. Kirchhoffova zákona

$$A: I_{R1} - I_{R3} - I_{R2} = 0$$

$$B: I_1 + I_{R3} - I_{R5} = 0$$

$$C: I_{R5} + I_2 - I_{R4} - I_1 = 0$$

Určíme si, jak se budou počítat jednotlivé proudy na rezistorech

$$I_{R1} = \frac{U - U_A}{R_1}$$

$$I_{R2} = \frac{U_A}{R_2}$$

$$I_{R3} = \frac{U_A - U_B}{R_3}$$

$$I_{R4} = \frac{U_C}{R_4}$$

$$I_{R5} = \frac{U_B - U_C}{R_5}$$

Nyní můžeme dosadit do rovnic neznámé hodnoty

$$\frac{U - U_A}{R_1} - \frac{U_A - U_B}{R_3} - \frac{U_A}{R_2} = 0$$

$$I_1 + \frac{U_A - U_B}{R_3} - \frac{U_B - U_C}{R_5} = 0$$

$$\frac{U_B - U_C}{R_5} + I_2 - \frac{U_C}{R_4} - I_1 = 0$$

Do rovnice dosadíme známé hodnoty a upravíme jí do následujícího tvaru

$$U_A \left(-\frac{1}{50} - \frac{1}{48} - \frac{1}{38} \right) + U_B \left(\frac{1}{48} \right) = 2,3$$

$$U_A \left(\frac{1}{48} \right) + U_B \left(-\frac{1}{48} - \frac{1}{28} \right) + U_C \left(\frac{1}{28} \right) = -0,6$$

$$U_B \left(\frac{1}{28} \right) + U_C \left(-\frac{1}{28} - \frac{1}{37} \right) = -0,3$$

Hodnoty vypočítáme a dosadíme do matice, kde pomocí gaussove eliminační hodnoty dopočítáme hledané hodnoty U_A , U_B , U_C ze kterých následně dopočítáme hodnoty ze zadání: U_{R2} , I_{R2}

$$\left(\begin{array}{ccc|c} -0,0671 & 0,02083 & 0 & -2,3 \\ 0,0208 & -0,05654 & 0,03571 & -0,6 \\ 0 & 0,03571 & -0,06274 & -0,3 \end{array} \right)$$

$$U_A = 49,7552V$$

$$U_B = 49,8598V$$

$$U_C = 33,1605V$$

$$U_A = U_{R2}$$

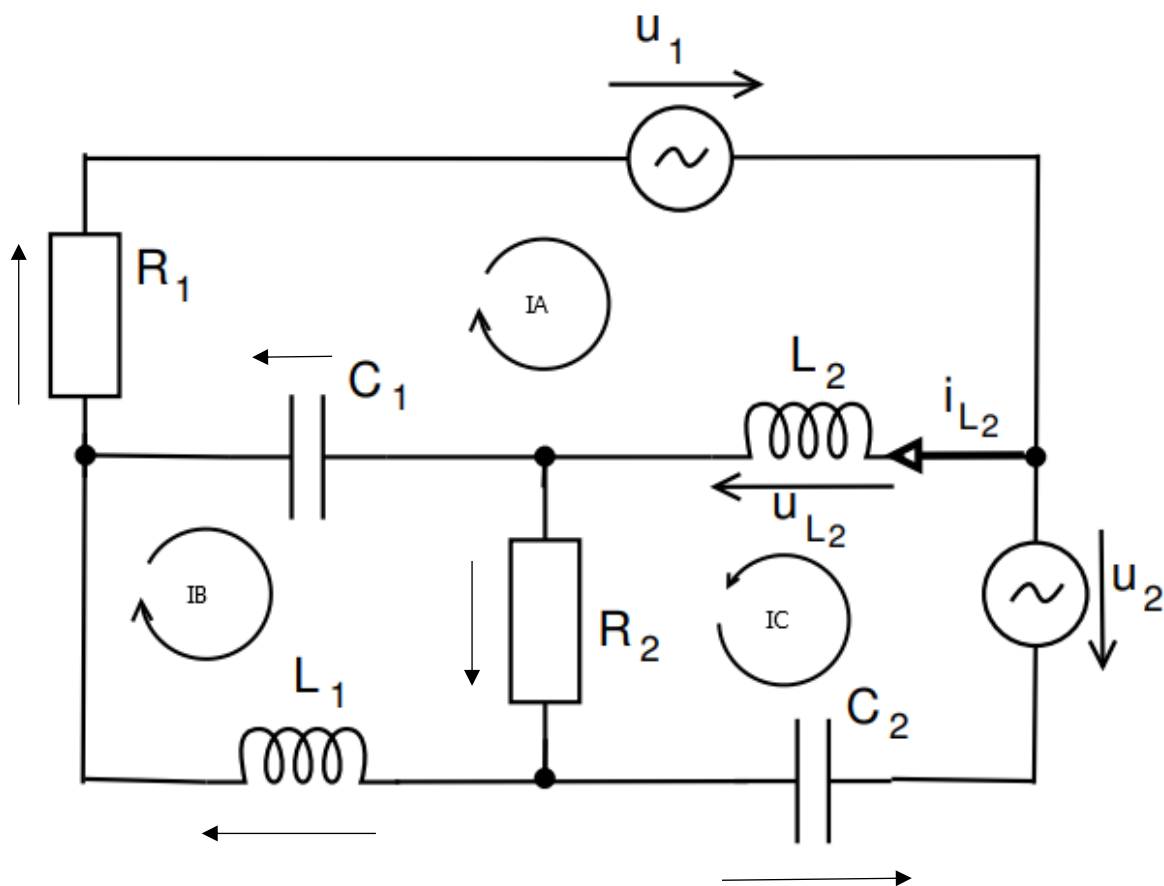
$$I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2}$$

$$I_{R2} = \frac{49,37552}{38}$$

$$I_{R2} = 1,3093A$$

4.) Použijte metodu smyčkových proudů

sk.	U1 [V]	U2 [V]	R1 [Ω]	R2 [Ω]	L1 [mH]	L2 [mH]	C1 [μF]	C2 [μF]	f [Hz]
B	25	40	11	15	100	85	220	95	80



Vypočítáme si ω , poté musíme převést hodnoty na základní. Vypočítáme reaktanci a impedanci, doplníme si smyčky ze kterých získáme soustavu rovnic. Následné neznámé dopočítáme.

Dopočítáme si hodnotu ω a převedeme si všechno na základní hodnoty

$$\omega = 2 * \pi * f$$

$$\omega = 2 * \pi * 80$$

$$\omega = 160\pi$$

$$L_1 = 0,1H$$

$$L_2 = 0,085H$$

$$C_1 = 0,00022F$$

$$C_2 = 0,000095f$$

Vypočítáme si reaktanci, nebo-li kapacitanci kondenzátorů a indukčnost cívek

$$X_{L1} = \omega * L_1$$

$$X_{L1} = 160\pi * 0,1$$

$$X_{L1} = 50,2654\Omega$$

$$X_{L2} = \omega * L_2$$

$$X_{L2} = 160\pi * 0,085$$

$$X_{L2} = 42,725\Omega$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega * C_1}$$

$$X_{C1} = \frac{1}{160\pi * 0,00022}$$

$$X_{C1} = 9,04289\Omega$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega * C_1}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{160\pi * 0,000095}$$

$$X_{C2} = 20,9414\Omega$$

Nyní můžeme dopočítat impedanci cívek i kondenzátorů

$$Z_{L1} = j * X_{L1}$$

$$Z_{L1} = 50,2654j$$

$$Z_{L2} = j * X_{L2}$$

$$Z_{L2} = 42,725j$$

$$Z_{C1} = -j * X_{C1}$$

$$Z_{C1} = -9,04289j$$

$$Z_{C2} = -j * X_{C2}$$

$$Z_{C2} = -20,9414j$$

Sestavíme si soustavu rovnic podle smyček zaznačených v obvodu

$$I_A: R_1 * I_A + U_1 + Z_{L2} * (I_A + I_C) + Z_{C1} * (I_A - I_B) = 0$$

$$I_B: R_2 * (I_B + I_C) + Z_{L1} * (I_B) + Z_{C1} * (I_B - I_A) = 0$$

$$I_C: R_2 * (I_B + I_C) + Z_{C2} * (I_C) - U_2 + Z_{L2}(I_C + I_A) = 0$$

Soustavu si upravíme, aby se hezky dosazovala do matice

$$I_A * (R_1 + Z_{L2} + Z_{C1}) + I_B * (Z_{C1}) + I_C(Z_{L2}) = -U_1$$

$$I_A * (-Z_{C1}) + I_B * (R_2 + Z_{L1} + Z_{C1}) + I_C(R_2) = 0$$

$$I_A * (Z_{L1}) + I_B * (R_2) + I_C(R_2 + Z_{C2} + Z_{L2}) = U_2$$

Nyní dosadíme hodnoty za proměnné a ty dosadíme do matice. Vypočítáme si hledané neznáme I_A , I_B a I_C

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 11 + 33,68211j & 9,0428j & 42,725j & -25 \\ 9,04288j & 15 + 41,22251j & 15 & 0 \\ 0 & 15 & 15 + 21,7836j & 40 \end{array} \right)$$

$$I_A = -1,2374 - 1,09026j$$

$$I_B = -0,3123 + 0,6066j$$

$$I_C = 1,3223 + 0,9976j$$

Ted' už máme vše potřebné na dopočítání hledaných hodnot U_{L2} a ϕ_{L2}

$$U_{L2} = Z_{L2} * (I_A + I_C)$$

$$U_{L2} = 42,725j * ((-1,2374 - 1,09026j) + (1,3223 + 0,9976j))$$

$$U_{L2} = 3,9588 + 3,6273j$$

$$|U_{L2}| = \sqrt{(3,9588)^2 + (3,6273)^2}$$

$$|U_{L2}| = 5,3693V$$

$$\phi_{L2} = \arctg\left(\frac{IM}{RE}\right) * \frac{\pi}{180}$$

$$\phi_{L2} = \arctg\left(\frac{3,6276}{3,9588}\right) * \frac{\pi}{180}$$

$$\phi_{L2} = 0,7417rad$$

Tabulka výsledných hodnot:

Příklad	Skupina	Výsledky
1.	B	UR6 = 65,9435V IR6 = 0,07945A
2.	C	UR3 = 35,564V IR3 = 0,08068A
3.	D	UR2 = 49,7552V IR2 = 1,3093A
4.	B	UL2 = 5,3693V φ L2 = 0,7417rad
5.	C	