

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta informačních technologií

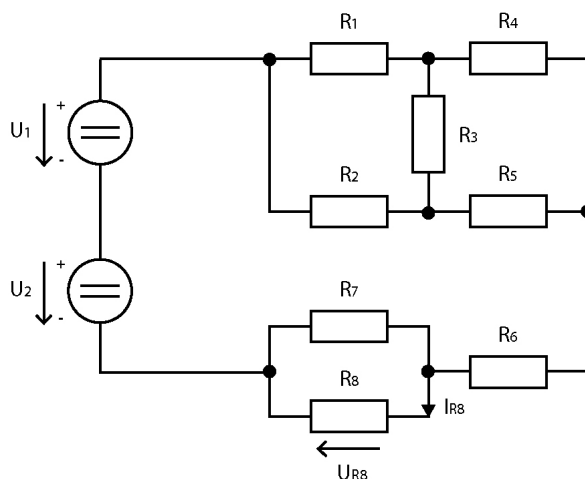
ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÍ  
TECHNOLOGIE 2016/2017

**Semestrální projekt**

# Úloha 1

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

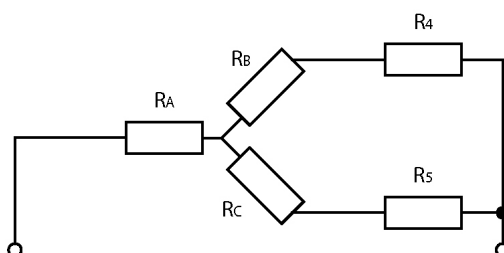
sk.	$U_1[V]$	$U_2[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$	$R_6[\Omega]$	$R_7[\Omega]$	$R_8[\Omega]$
D	105	85	420	980	330	280	310	710	240	200



Spočítáme souhrnné napětí zdrojů

$$U = U_1 + U_2 = 105 + 85 = \underline{190V}$$

Transkonfigurujeme

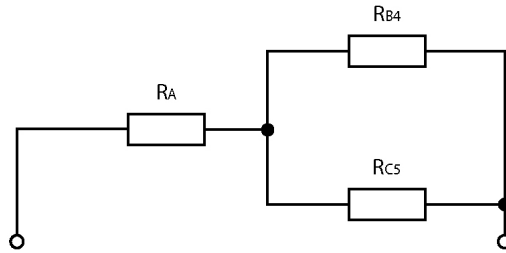


$$R_A = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{420 * 980}{1730} = \underline{237.9190\Omega}$$

$$R_B = \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{420 * 330}{1730} = \underline{80.1136\Omega}$$

$$R_C = \frac{R_2 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{980 * 330}{1730} = \underline{186.9364\Omega}$$

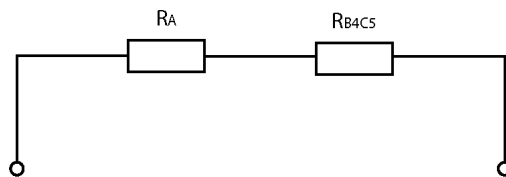
Spočítáme sériovou kombinaci  $R_{B4}$  a  $R_{C5}$



$$R_{B4} = R_B + R_4 = 80.1136 + 280 = \underline{360.1156\Omega}$$

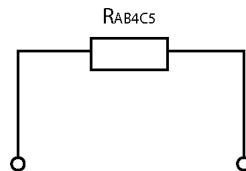
$$R_{C5} = R_5 + R_C = 186.9364 + 310 = \underline{496.9864\Omega}$$

Spočítáme paralelní kombinaci  $R_{B4}$  a  $R_{C5}$



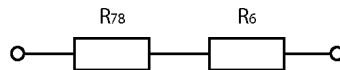
$$R_{B4C5} = \frac{R_{B4} * R_{C5}}{R_{B4} + R_{C5}} = \frac{360.1156 * 496.9364}{360.1456 + 469.9364} = \underline{208.8024\Omega}$$

Spočítáme celkový odpor horní větve obvodu



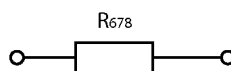
$$R_{AB4C5} = R_A + R_{B4C5} = 237.919 + 208.8024 = \underline{446.7214\Omega}$$

Spočítáme paralelní kombinaci  $R_7$  a  $R_8$



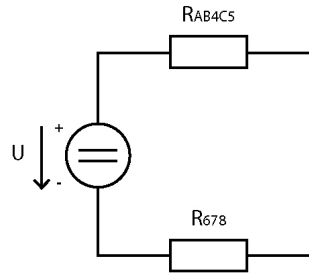
$$R_{78} = \frac{R_7 * R_8}{R_7 + R_8} = \frac{240 * 200}{240 + 200} = \underline{109.0909\Omega}$$

Celková rezistence spodní větve obvodu

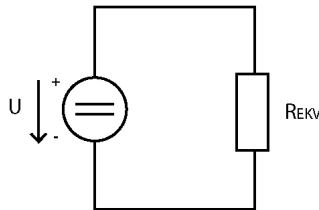


$$R_{678} = R_6 + R_{78} = 710 + 109.0909 = \underline{819.0909\Omega}$$

Spočítáme  $R_{EKV}$



$$R_{EKV} = R_{AB4C5} + R_{678} = 446.7214 + 819.0909 = \underline{\underline{1265.8132\Omega}}$$



Spočítáme celkový proud obvodem

$$I = \frac{U}{R_{EKV}} = \frac{190}{1265.8123} = \underline{\underline{0.1501A}}$$

Spočítáme úbytek na napětí  $U_{R78}$  na paralelním zapojení  $R_7$  a  $R_8$

$$U_{R78} = I * R_{78} = 0.1501 * 109.0909 = \underline{\underline{16.3745V}}$$

Vzhledem k charakteru paralelního zapojení dvou rezistorů je možno  $I_{R8}$  vypočítat pomocí vzorce

$$I_{R8} = \frac{U_{R78}}{R_8} = \frac{16.3745}{200} = \underline{\underline{0.08187A}}$$

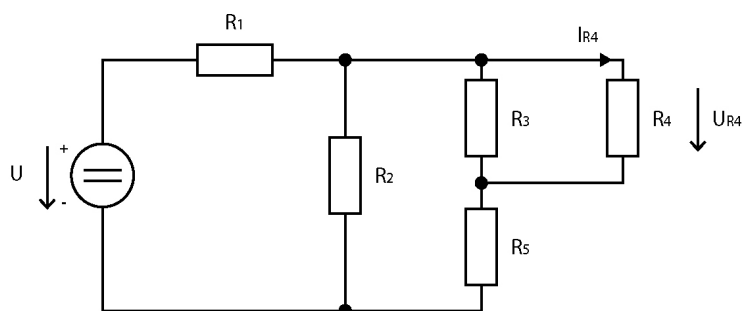
Vzhledem k charakteru paralelního zapojení dvou rezistorů je možno  $U_{R8}$  položit rovno  $U_{R78}$

$$U_{R8} = U_{R78} = \underline{\underline{16.3745V}}$$

# Úloha 2

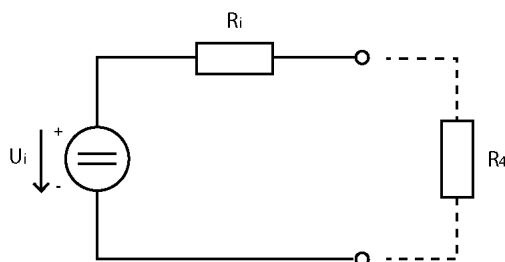
Stanovte napětí  $U_{R4}$  a proud  $I_{R4}$ . Použijte metody Thevéninovy věty.

sk.	$U[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$
B	100	310	610	220	570	200

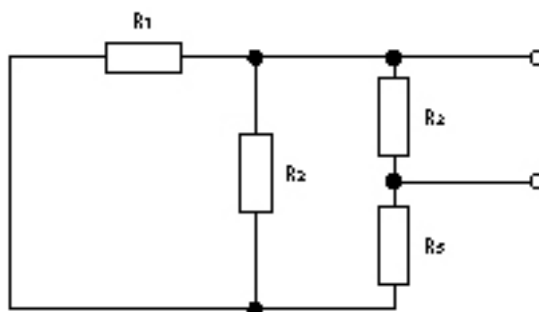


Podle Thevéninova teorému určíme vzorce pro náš obvod.

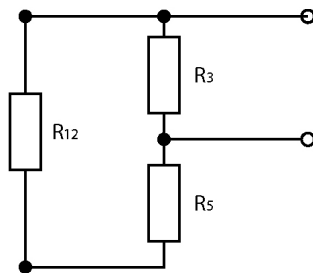
$$I_{R4} = \frac{U_i}{R_i + R_4}$$



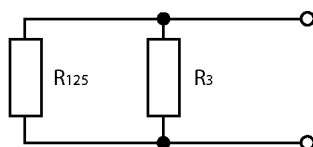
Nejdříve vypočteme  $R_i$ . Zkratujeme napěťový zdroj  $U_1$  a odpojíme rezistor  $R_4$ . Zjednodušování obvodu:



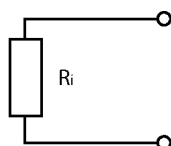
$$R_{12} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{310 * 610}{310 + 610} = \underline{205.5434\Omega}$$



$$R_{125} = R_{12} + R_5 = 205.5434 + 200 = \underline{405.5354\Omega}$$



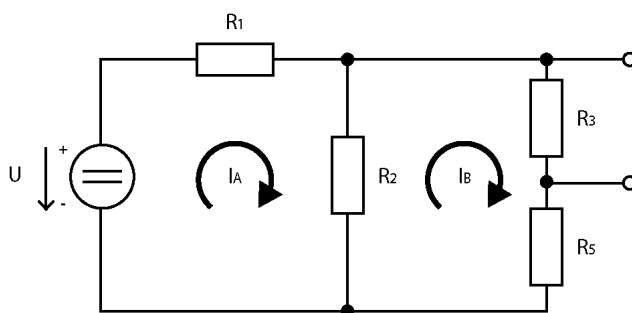
$$R_{1253} = \frac{R_{125} * R_3}{R_{125} + R_3} = \frac{405.5354 * 200}{405.5354 + 220} = \underline{142.6272\Omega}$$



Ze schémat již vyplývá, že  $R_{1235}$  je rovno  $R_i$ .

$$R_{1253} = R_i$$

Výpočet  $U_i$  pomocí smyčkových proudů. Pomocí II.KZ sestavíme se rovnice pro smyčky  $I_A$  a  $I_B$ .



$$I_A : R_1 I_A + R_2 (I_A - I_B) - U_1 = 0$$

$$I_B : R_2 (I_B - I_A) + R_3 I_B + R_5 I_B = 0$$

Převědeme rovnice do vhodného tvaru pro další výpočty

$$I_A (R_1 + R_2) - I_B R_2 = U_1$$

$$I_B (R_2 + R_3 + R_5) - I_A R_2 = 0$$

Vyjádříme z první rovnice  $I_A$

$$I_A(R_1 + R_2) - I_B R_2 = U_1$$

$$I_A(R_1 + R_2) = U_1 + I_B R_2$$

$$I_A = \frac{U_1 + I_B R_2}{R_1 + R_2}$$

Dosadíme do druhé rovnice ( $I_B$ )

$$I_B(R_2 + R_3 + R_5) - I_A R_2 = 0$$

$$I_B(1030) - 610\left(\frac{100 + 610I_B}{920}\right) = 0$$

$$I_B(1030) - \left(\frac{61000 + 372100I_B}{920}\right) = 0$$

$$I_B(1030) - 404.4562I_B - 66.3043 = 0$$

$$1030I_B - 404.4562I_B = 66.3043$$

$$625.5443I_B = 66.3043$$

$$I_B = \frac{66.3043}{625.5443} = \underline{0.1059A}$$

Dosadíme vypočtenou hodnotu  $I_B$  do první rovnice

$$I_A = \frac{U_1 + I_B R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_A = \frac{100 + 610 * 0.10599}{920}$$

$$I_A = \underline{0.1789A}$$

Pomocí  $I_B$  můžeme již jednoduše dopočítat  $U_i$

$$U_i = U_{R3} = R_3 * I_B = 220 * 0.1059 = \underline{23.3178V}$$

Nyní pouze dosadíme do námi vytvořeného vzorce na začátku příkladu a dostaneme hodnotu  $I_{R4}$

$$I_{R4} = \frac{U_i}{R_i + R_4} = \frac{23.3175}{142.6272 + 570} = \underline{\underline{0.03272A}}$$

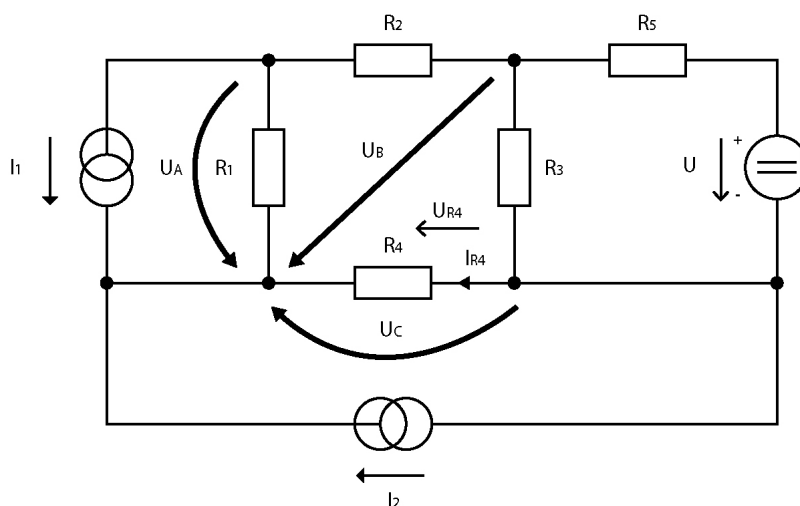
Závěrem z hodnoty  $I_{R4}$  vypočteme  $U_{R4}$ .

$$U_{R4} = I_{R4} * R_4 = 0.03272 * 570 = \underline{\underline{18.6504V}}$$

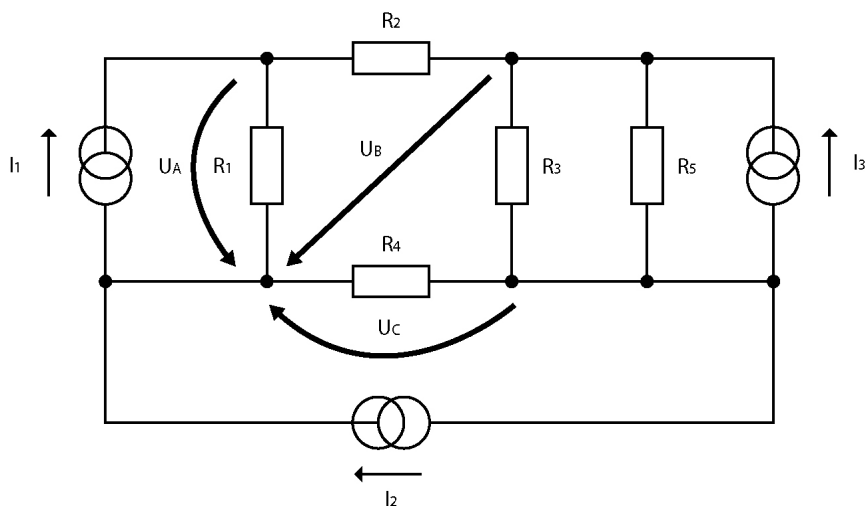
# Úloha 3

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

sk.	$U[V]$	$I_1[A]$	$I_2[A]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$
F	145	0.75	0.85	48	44	53	36	25



Napětový zdroj  $U_1$  převedeme na proudový zdroj a označíme ho  $I_3$ .



$$I_3 = \frac{U}{R_5} = \frac{145}{25} = \underline{5.8A}$$

Všechny hodnoty rezistorů převedeme na vodivosti  $G$ .



$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{48} = \underline{0.02083S}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{53} = \underline{0.01886S}$$

$$G_5 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{25} = \underline{0.04S}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{44} = \underline{0.02272S}$$

$$G_4 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{36} = \underline{0.02777S}$$

Podle uzlů sestavíme matici

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

Do matice dosadíme

$$\begin{pmatrix} 0.04336 & -0.02272 & 0 \\ -0.02272 & 0.08159 & -0.05886 \\ 0 & -0.05886 & 0.086645 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.85 \\ 5.8 \\ -6.55 \end{pmatrix}$$

Vyčteme determinant matice

$$D = \begin{vmatrix} 0.04336 & -0.02272 & 0 \\ -0.02272 & 0.08159 & -0.05886 \\ 0 & -0.05886 & 0.086645 \end{vmatrix}$$

$$D = [(0.04336 * 0.08159 * 0.056645) + ((-0.02272) * (-0.05886) * 0) + ((-0.02272) * (-0.05886) * 0)] - [(0 * 0.08159 * 0) + ((-0.02272) * (-0.02272) * 0.08664) + (0.04336 * (-0.05886) * (-0.05886))]$$

$$D = \underline{0.1116 * 10^{-3}}$$

Vypočítáme determinanty sloupců

$$D_1 = \begin{vmatrix} I_2 & -0.02272 & 0 \\ I_3 & 0.08159 & -0.05886 \\ -I_1 - I_3 & -0.05886 & 0.086645 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.85 & -0.02272 & 0 \\ 5.8 & 0.08159 & -0.05886 \\ -6.55 & -0.05886 & 0.086645 \end{vmatrix}$$

$$D_1 = \underline{5.7225 * 10^{-3}}$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} -0.02272 & I_2 & 0 \\ 0.08159 & I_3 & -0.05886 \\ -0.05886 & -I_1 - I_3 & 0.086645 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0.02272 & 0.85 & 0 \\ 0.08159 & 5.8 & -0.05886 \\ -0.05886 & -6.55 & 0.086645 \end{vmatrix}$$

$$D_2 = \underline{6.7467 * 10^{-3}}$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} -0.02272 & 0 & I_2 \\ 0.08159 & -0.05886 & I_3 \\ -0.05886 & 0.086645 & -I_1 - I_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0.02272 & 0 & 0.85 \\ 0.08159 & -0.05886 & 5.8 \\ -0.05886 & 0.086645 & -6.55 \end{vmatrix}$$

$$D_3 = \underline{-3.8518 * 10^{-3}}$$

Nyní již můžeme dopočítat jednotlivá napětí.

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{D_1}{D} = \frac{5.7225 * 10^{-3}}{0.1116 * 10^{-3}} = \underline{51.2724V} \\ U_B &= \frac{D_2}{D} = \frac{6.7467 * 10^{-3}}{0.1116 * 10^{-3}} = \underline{60.4543V} \\ U_C &= \frac{D_3}{D} = \frac{-3.8518 * 10^{-3}}{0.1116 * 10^{-3}} = \underline{-34.5143V} \end{aligned}$$

Ze schématu si lze všimnout, že  $U_C$  protéká pouze přes rezistor  $R_4$ , proto:

$$U_{R4} = U_C = \underline{-34.5143V}$$

Pomocí Ohmova zákona dopočítáme  $I_{R4}$

$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} = \frac{-34.5143}{36} = \underline{-0.9587A}$$

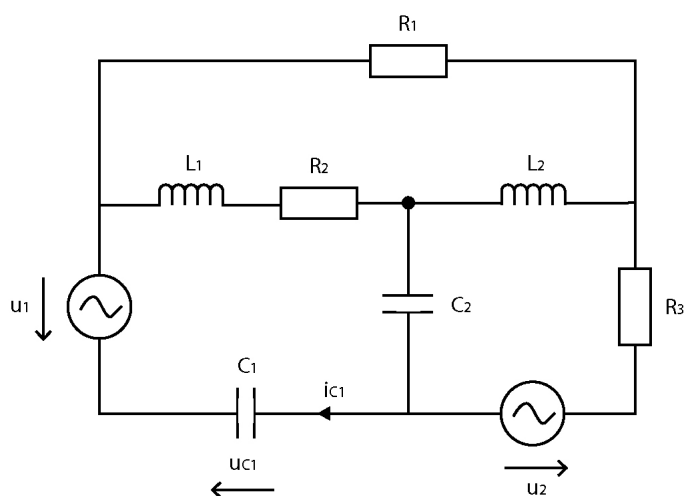
# Úloha 4

Pro napájecí napětí platí  $u_1 = U_1 * \sin(2\pi ft)$ ,  $u_2 = U_2 * \sin(2\pi ft)$ .

Ve vztahu pro napětí  $u_{C1} = U_{C1} * \sin(2\pi ft + \varphi_{C1})$  určete  $|U_{C1}|$  a  $\varphi_{C1}$ . Použijte metodu smyčkových proudů.

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

sk.	$U_1[V]$	$U_2[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$L_1[mH]$	$L_2[mH]$	$C_1[\mu F]$	$C_2[\mu F]$	$f[Hz]$
D	45	50	13	15	13	180	90	210	75	85



Vypočítáme úhlovou rychlost  $\omega$ .

$$\omega = 2\pi f = \underline{534.0707}$$

Vypočítáme si kapacitní  $X_C$  a induktivní  $X_L$  reaktanci.

$$X_L = j\omega L$$

$$X_C = -j\frac{\omega}{C}$$

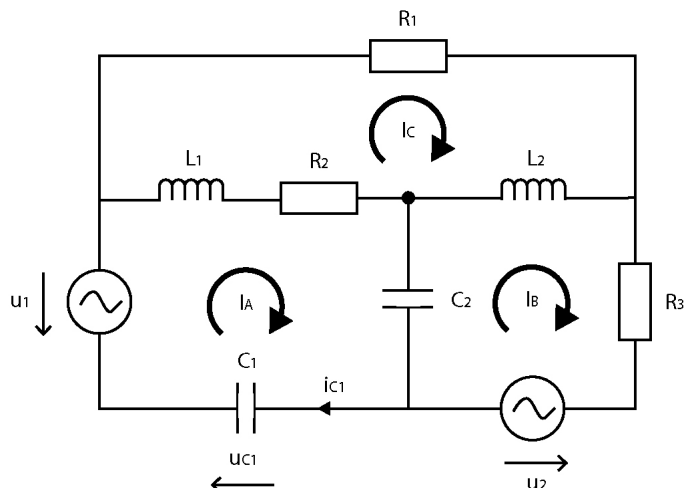
$$X_{C1} = -j\frac{\omega}{C} = -j\frac{534.0707}{210 * 10^{-6}} = \underline{-8.9162j\Omega}$$

$$X_{C2} = -j\frac{\omega}{C} = -j\frac{534.0707}{75 * 10^{-6}} = \underline{-24.9654j\Omega}$$

$$X_{L1} = j\omega L = 534.0707 * 0.180 = \underline{96.1327j\Omega}$$

$$X_{L2} = j\omega L = 534.0707 * 0.090 = \underline{48.0663j\Omega}$$

Podle smyček sestavíme matici



$$\begin{pmatrix} X_{L1} + R_2 + X_{C1} + X_{C2} & -X_{C2} & -R_2 - X_{L1} \\ -X_{C2} & X_{L2} + R_3 + X_{C2} & -X_{L2} \\ -R_2 - X_{L1} & -X_{L2} & R_1 + X_{L2} + X_{L1} + R_2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Do matice dosadíme

$$\begin{pmatrix} 15 + 62.2511j & -24.9654j & -15 - 96.1327j \\ -24.9654j & 13 + 23.1009j & -48.0663j \\ -15 - 96.1327j & -48.0663j & 28 + 144.199j \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 45 \\ 50 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Vypočteme determinant matice

$$D = \begin{vmatrix} 15 + 62.2511j & -24.9654j & -15 - 96.1327j \\ -24.9654j & 13 + 23.1009j & -48.0663j \\ -15 - 96.1327j & -48.0663j & 28 + 144.199j \end{vmatrix}$$

$$D = \underline{70476 + 488327j}$$

Vypočteme determinant prvního sloupce matice

$$D_1 = \begin{vmatrix} 45 & -24.9654j & -15 - 96.1327j \\ 50 & 13 + 23.1009j & -48.0663j \\ 0 & -48.0663j & 28 + 144.199j \end{vmatrix}$$

$$D = \underline{-440591 + 184465j}$$

Okamžitý proud smyčkou  $I_A$

$$i_A = \frac{D_1}{D} = \frac{-440591 + 184465j}{70476 + 488327j} = \underline{0.24248 + 0.93724jA}$$

Okamžité napětí na kondenzátoru  $u_{C1}$

$$u_{C1} = X_{C1} * i_A = (0.24248 + 0.93724j) * (-8.9162j) = \underline{8.35661 - 2.162jV}$$

Modul napětí na kondenzátoru  $|u_{C1}|$

$$|u_{C1}| = \sqrt{Re^2 + Im^2} = \underline{8.6317V}$$

Fázový posuv na kondenzátoru  $C_1$

$$\varphi_{UC1} = \arctan \frac{Im}{Re} = \underline{-0.24544rad}$$

Ze zadané rovnice vyjádříme  $U_{C1}$

$$U_{C1} = \frac{|u_{C1}|}{\sin(\omega t + \varphi)} = \frac{|u_{C1}|}{\sin(\frac{\omega\pi}{2\pi} + \varphi)} = \frac{|u_{C1}|}{\sin(\frac{\pi}{2} + \varphi)} = \frac{|u_{C1}|}{\sin(\frac{\pi}{2} + \varphi)} = \underline{8.89829V}$$

# Tabulka výsledků

příklad	sk.	výsledky	
1	D	$I_{R8} = \underline{0.08187A}$	$U_{R8} = \underline{16.3745V}$
2	B	$I_{R4} = \underline{0.03272A}$	$U_{R4} = \underline{18.6504V}$
3	F	$I_{R4} = \underline{-0.9587A}$	$U_{R4} = \underline{-34.5143V}$
4	D	$ U_{C1}  = \underline{8.89829V}$	$\varphi_{C1} = \underline{-0.2454rad}$