IEL 2019/2020 - Semestrální projekt

Artur Suvorkin
xsuvor00

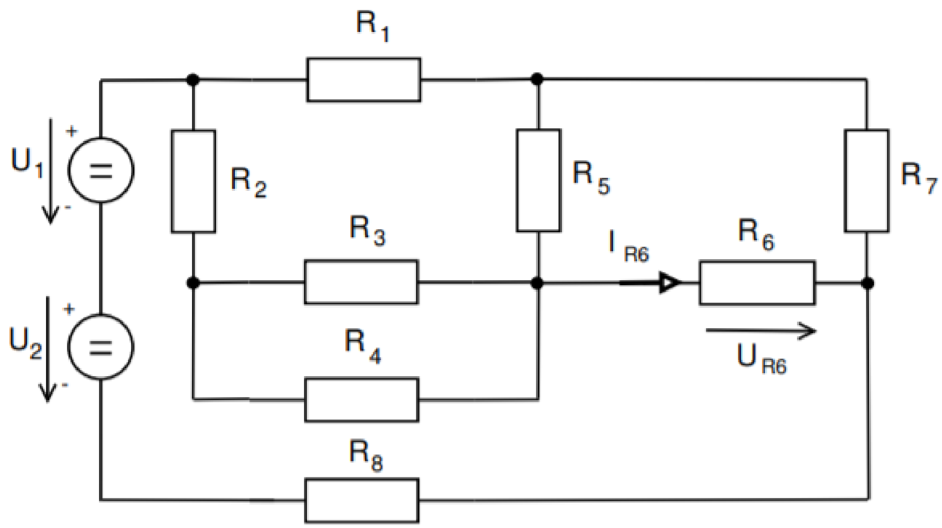
19. prosince 2020

Obsah

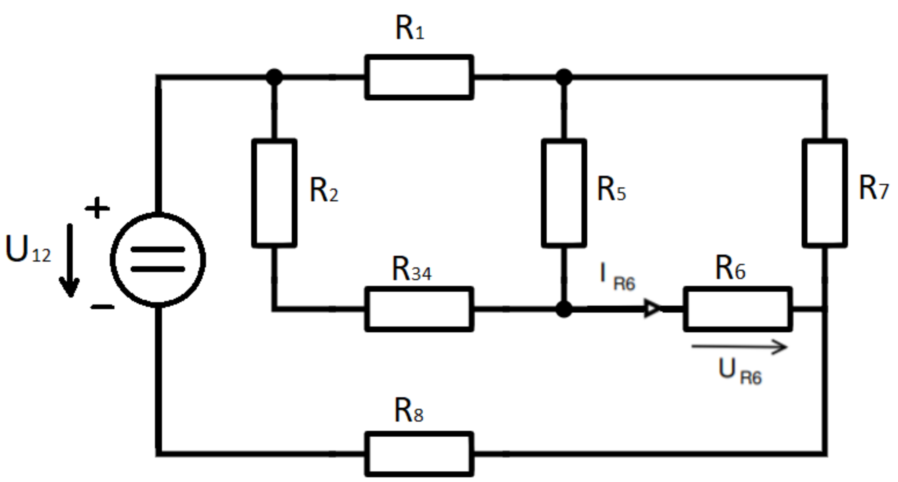
Příklad 1: Metoda postupného zjednodušování obvodu

Stanovte napětí U_{R6} a proud I_{R6}. Použijte metodu postupného zjednodušování 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



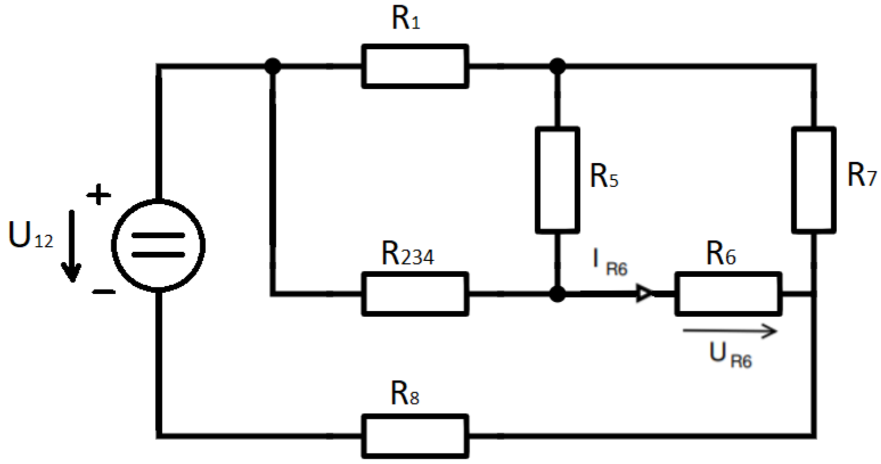
Chceme tento obvod vyřešit pomocí metody postupného zjednodušování obvodu. Pokoušíme se přejít od složitého obvodu postupným zjednodušováním k obvodu s jediným rezistorem a s jediným zdrojem proudu. Nejprve můžeme zjednodušit rezistory R_3 a R_4 a současně kombinují zdroje napětí U_1 a U_2.



$$R_{34} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{330 \times 440}{330 + 440} = 188.5714\ \Omega$$

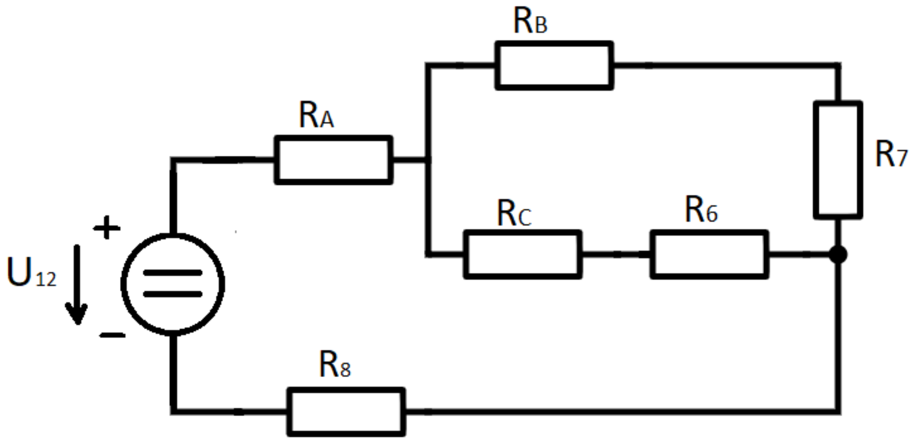
$$U_{12} = U_1 + U_2 = 130 + 60 = 190\ V$$

Dále vidíme, že odpory R_2 a R_{34} jsou zapojeny do série.



$$R_{234} = R_2 + R_{34} = 420 + 188.5714 = 608.5714\ \Omega$$

Nyní musíme dále zjednodušit a k tomu musíme použít transformaci přepočet hvězda-trojúhelník pro odpory R_1 R_5 R_{234} .

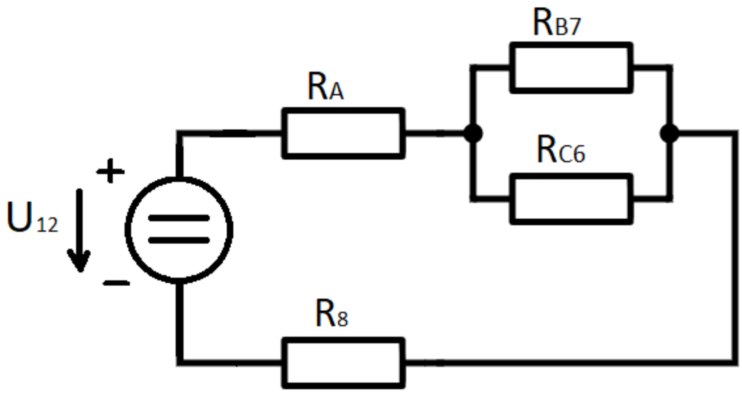


$$R_A = \frac{R_1 \times R_{234}}{R_1 + R_{234} + R_5} = \frac{380 \times 608.5714}{380 + 608.5714 + 450} = 160.7547\ \Omega$$

$$R_B = \frac{R_1 \times R_5}{R_1 + R_{234} + R_5} = \frac{380 \times 450}{380 + 608.5714 + 450} = 118.8679\ \Omega$$

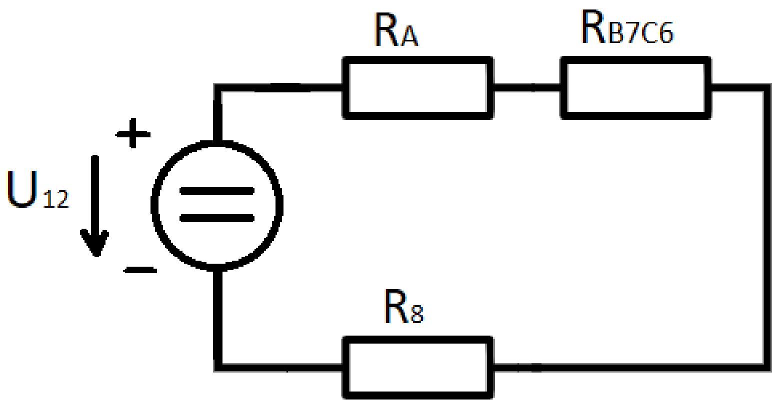
$$R_C = \frac{R_5 \times R_{234}}{R_1 + R_{234} + R_5} = \frac{450 \times 608.5714}{380 + 608.5714 + 450} = 190.3674\ \Omega$$

Nyní vidíme že rezistory R_B, R_7 a R_C, R_6 sériově zapojeny.



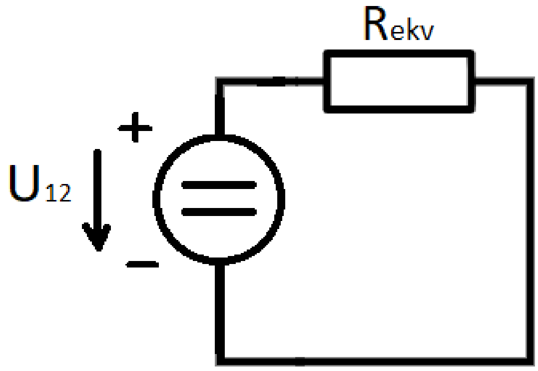
$$R_{B7} = R_B + R_7 = 118.8679 + 410 = 528.8679\ \Omega$$
$$R_{C6} = R_C + R_6 = 190.3674 + 650 = 840.3674\ \Omega$$

Zbývá udělat jen pár akcí. Rezistory R_{B7} a R_{C6} jsou zapojeny paralelně, ve výsledku dostaneme rezistor R_{B7C6}



$$R_{B7C6} = \frac{R_{B7} \times R_{C6}}{R_{B7} + R_{C6}} = \frac{528.8679 \times 840.3674}{528.8679 + 840.3674} = 324.5923\ \Omega$$

Zbývá poslední akce, a to složit zbývající rezistory, protože jsou všechny zapojeny do série.



$$R_{ekv} = R_A + R_{B7C6} + R_8 = 160.7547 + 324.5923 + 275 = 760.3470\ \Omega$$

Nyní můžeme najít aktuální proud

$$I = \frac{U_{12}}{R_{ekv}} = \frac{190}{760.3470} = 0.2498\ A$$

Nyní se musíme postupně vracet k okamžiku, kdy můžeme vypočítat I_{R6} a U_{R6}

$$U_{R_A} = R_A \times I = 160.7547 \times 0.2498 = 40.1565\ V$$

$$U_{R_{B7C6}} = R_{B7C6} \times I = 324.5923 \times 0.2498 = 81.0831\ V$$

$$U_{R_8} = R_8 \times I = 275 \times 0.2498 = 68.695\ V$$

$$U_{R_{B7C6}} = U_{R_{B7}} = U_{R_{C6}}$$

$$I_{R_{B7}} = \frac{U_{R_{B7}}}{R_{B7}} = \frac{81.0831}{528.8679} = 0.1533\ A$$

$$I_{R_{C6}} = \frac{U_{R_{C6}}}{R_{C6}} = \frac{81.0831}{840.3674} = 0.0964\ A$$

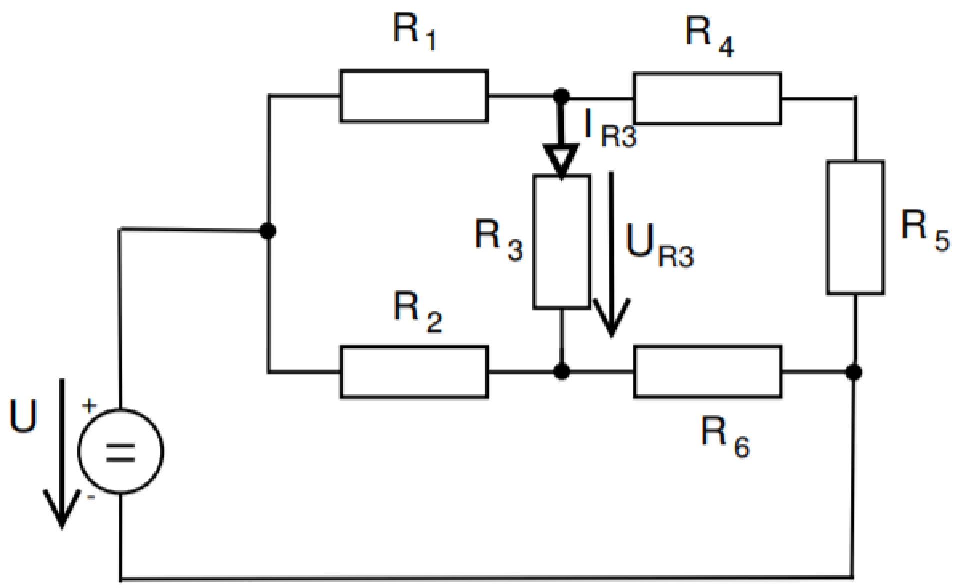
$$I_{R_6} = I_{R_{C6}} = I_{R_C} = 0.0964\ A$$

$$U_{R6} = I_{R_6} \times R_6 = 0.0964 \times 650 = 62.66\ V$$

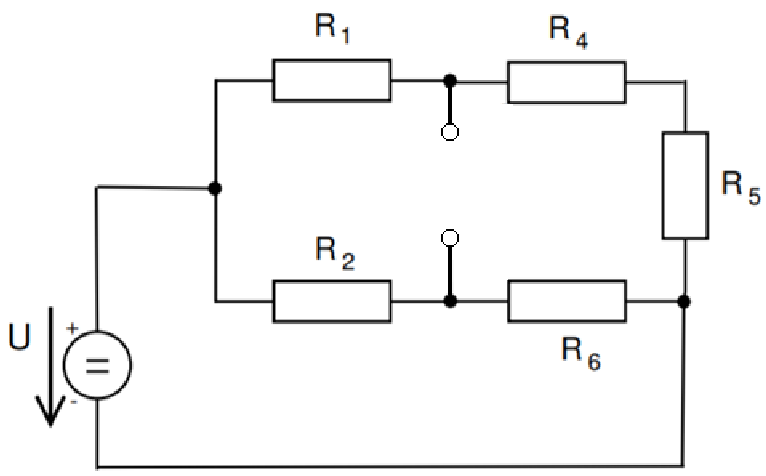
Příklad 2: Theveninův teorém

Stanovte napětí U_{R3} a proud I_{R3}. Použijte metodu Théveninovy věty.

sk.	U [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]	R_6 [Ω]
H	220	190	360	580	205	560	180



Obvod vyřeším Théveninovou větou tak, že si nejprve vytvořím náhradní (ekvivalentní) obvod a to vzhledem k rezistoru R_3, u kterého chci zjistit jeho napětí a proud. Musím odstranit rezistor R_3

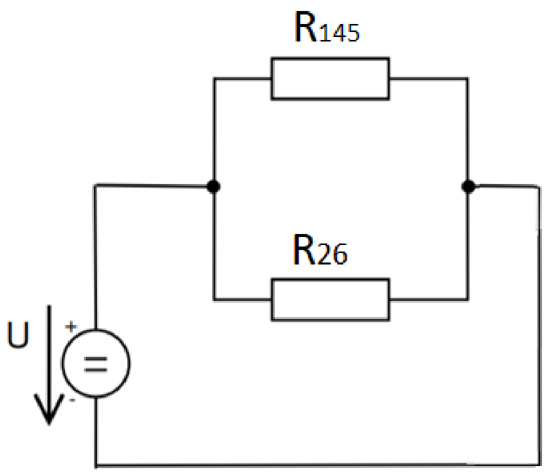


Rezistory R_1 R_4 R_5 jsou zapojeny do série, to samé lze říci o rezistorech R_2 R_6

$$R_{145} = R_1 + R_4 + R_5 = 190 + 205 + 560 = 955\ \Omega$$

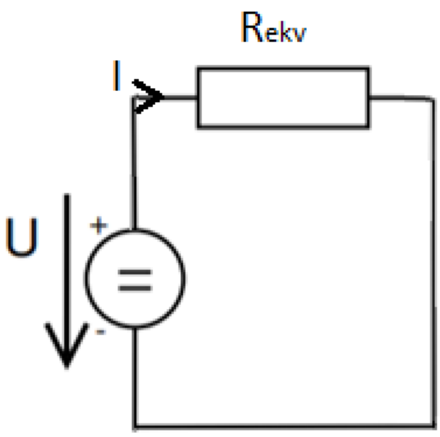
$$R_{26} = R_2 + R_6 = 360 + 180 = 540\ \Omega$$

Nyní máme paralelně zapojené odpory R_{145} a R_{26}

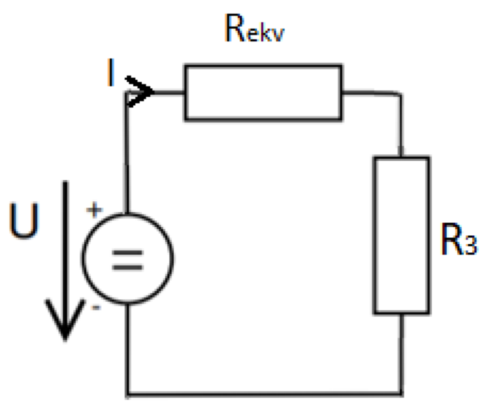


$$R_{ekv} = \frac{R_{145} \times R_{26}}{R_{145} + R_{26}} = \frac{955 \times 540}{955 + 540} = 344.9498\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_{ekv}} = \frac{220}{344.9498} = 0.6377\ A$$



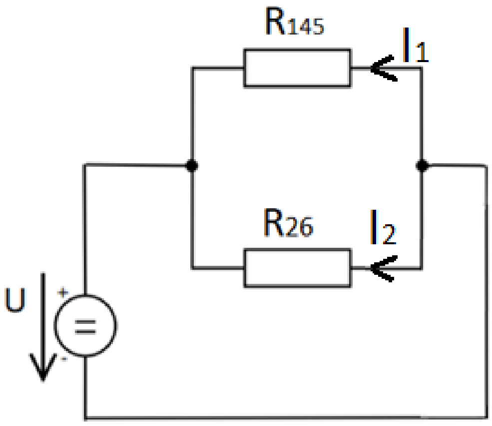
Našli jsme obvod bez rezistoru R_3. Obvod s ním bude vypadat takto, musíme udělat rovnici pro I_{R3}



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

Kde $R_i = R_{ekv}$

Zbývá najít U_i



$$I_1 = I \times \frac{R_{26}}{R_{145}+R_{26}} = 0.6377 \times \frac{540}{955+540} = 0.2303\ A$$

$$I_2 = I - I_1 = 0.6377 - 0.2303 = 0.4074\ A$$

$$U_i = U - I_1 \times (R_4 + R_5) = 220 - 0.2303 \times (205+560) = 43.8205\ V$$

Nyní, když mám hodnoty U_i a R_i, mohu vypočítat požadované hodnoty U_{R3} a I_{R3}

$$I_{R_3} = \frac{U_i}{R_i + R_3} = \frac{43.8205}{344.9498 + 580} = 0.0473\ A$$

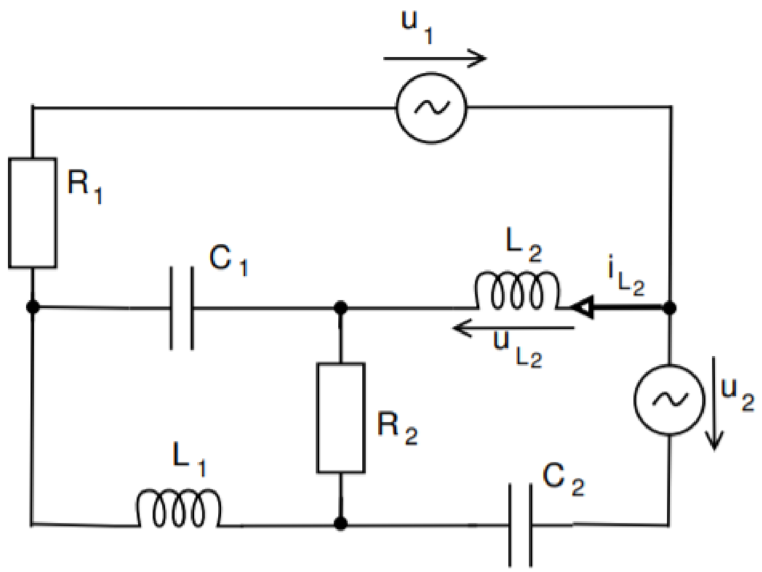
$$U_{R_3} = I_{R_3} \times R_3 = 27.4781\ V$$

Příklad 4: Metoda smyčkových proudů v RLC obvodu

Pro napájecí napětí platí: $u_1 = U_1 * \sin(2\pi f t)$, $u_2 = U_2 * \sin(2\pi f t)$.
Ve vztahu pro napětí $u_{L2} = U_{L2} * \sin(2\pi f t + \varphi_{L2})$ určete $|U_{L2}|$ a φ_{L2}
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 [Ω]	R_2 [Ω]	L_1 [mH]	L_2 [mH]	C_1 [μF]	C_2 [μF]	f [Hz]
F	20	35	12	10	170	80	150	90	65



Nejprve je potřeba vypočítat ω, následně převést hodnoty cívek a kondenzátorů do základních jednotek.

$$\omega = 2\times\pi\times f = 2\times\pi\times 65 = 408.4070 Rad$$

$$L_1 = 170 mH = \frac{170}{1000} = 0.17 H$$

$$L_2 = 80 mH = \frac{80}{1000} = 0.08 H$$

$$C_1 = 150 \mu F = \frac{150}{1000000} = 0.00015 F$$

$$C_2 = 90 \mu F = \frac{90}{1000000} = 0.00009 F$$

Teď mohu kapacitance kondenzátorů a indukčnost cívek:

$$X_{L1} = \omega \times L_1 = 408.407 \times 0.17 = 69.4291\,\Omega$$

$$X_{L2} = \omega \times L_2 = 408.407 \times 0.08 = 32.6725\,\Omega$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega \times C_1} = \frac{1}{408.407 \times 0.00015} = 16.3235\,\Omega$$

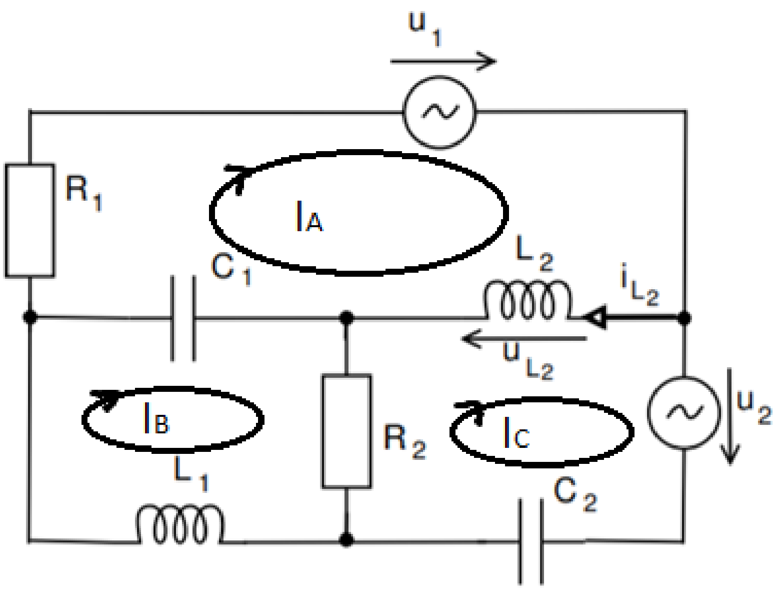
$$X_{C2} = \frac{1}{\omega \times C_2} = \frac{1}{408.407 \times 0.00009} = 27.2059\,\Omega$$

Také zjistím hodnoty napětí U_1 a U_2:

$$U_1 = U_1 \times \sin(2\pi f t) = U_1 \times \sin(2\pi f \times \frac{\pi}{2\omega}) = U_1 \times \sin(2\pi f \times \frac{\pi}{2\pi f}) = U_1 \times \sin(\frac{\pi}{2}) = U_1 \times 1 = 20V$$

$$U2 = U_2 \times \sin(2\pi f t) = U_2 \times \sin(\frac{\pi}{2}) = U_2 = 35V$$

Vytvořme soustavu lineárních rovnic podle obrázku:



$$\begin{cases} I_A \times (jX_{L2} - jX_{C1} + R_1) - I_B \times (-jX_{C1}) - I_C \times jX_{L2} = U_1 \\ -I_A \times (-jX_{C1}) + I_B \times (jX_{L1} - jX_{C1} + R_2) - I_C \times R_2 = 0 \\ -I_A \times jX_{L2} - I_B \times R_2 + I_C \times (jX_{L2} - jX_{C2} + R_2) - I_B \times R_2 = U_2 \end{cases}$$

Dostaneme matici

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 12+16.3435j & 16.3235j & -32.6725j & 20 \\ 16.3235j & 10+53.1056j & -10 & 0 \\ -32.6725j & -10 & 10-5.4666j & 35 \end{array}\right]$$

Po vyřešení matice získáme následující hodnoty

$$I_A = 0.2527 + 0.8297j\ A$$

$$I_B = 0.1288 - 0.3241j\ A$$

$$I_C = 0.4955 + 0.7724j\ A$$

Počítáme hned proud I_{L2}

$$I_{L_2} = I_A - I_c = 0.2527 + 0.8297j - (0.4955 + 0.7724j) = -0.2428 + 0.0573j\ A$$

$$I_{L_2} = \sqrt{(-0.2428)^2 + (0.0573)^2} = 0.2494\ A$$

Nyní si můžu vypočítat napětí U_{L2}

$$\left|U_{L_2}\right| = I_{L_2} \times jX_{L_2} = 0.2494 \times 32.6725 = 8.1485\ V$$

Shrnutí dosažených výsledků

Příklad	Skupina	Výsledky	
1	G	I_{R6} = 0.0964 A	U_{R6} = 62.66 V
2	H	I_{R3}= 0.0473 A	U_{R3} = 27.4781 V
3	C		
4	F	$\lvert U_{L2} \rvert$ = 8.1485V	
5	A		