

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ



Elektronika pro informační technologie
2017/2018

SEMESTRÁLNÍ PROJEKT

HYNEK BERNARD
xberna16
20.12.2017

Obsah

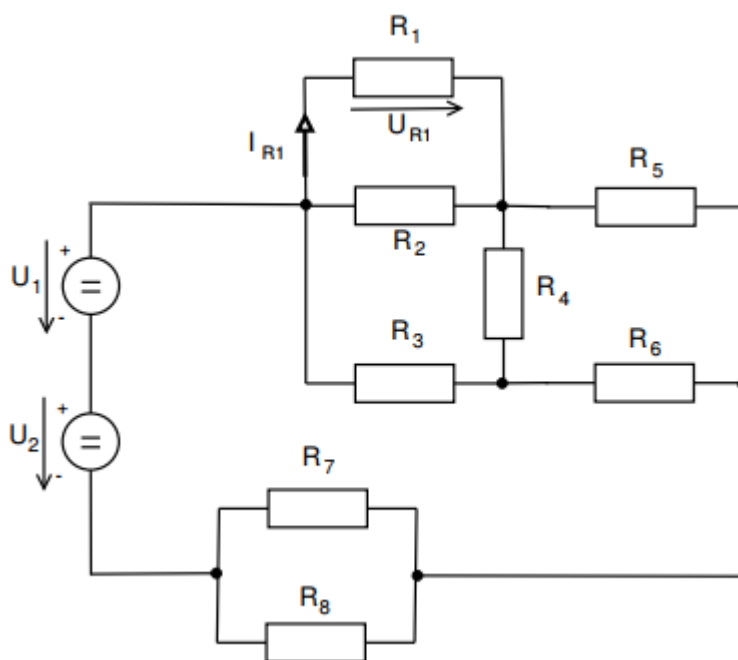
1	Příklady	3
1.1	Příklad 1, Varianta C	3
1.2	Příklad 2, Varianta H	6
1.3	Příklad 3, Varianta A	8
1.4	Příklad 4, Varianta C	11
1.5	Příklad 5, Varianta H	13
2	Výsledky	14

1 Příklady

1.1 Příklad 1, Varianta C

Stanovte napětí U_{R_1} a proud I_{R_1} . 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]
C	100	80	450	810	190	220	220	720	260	180



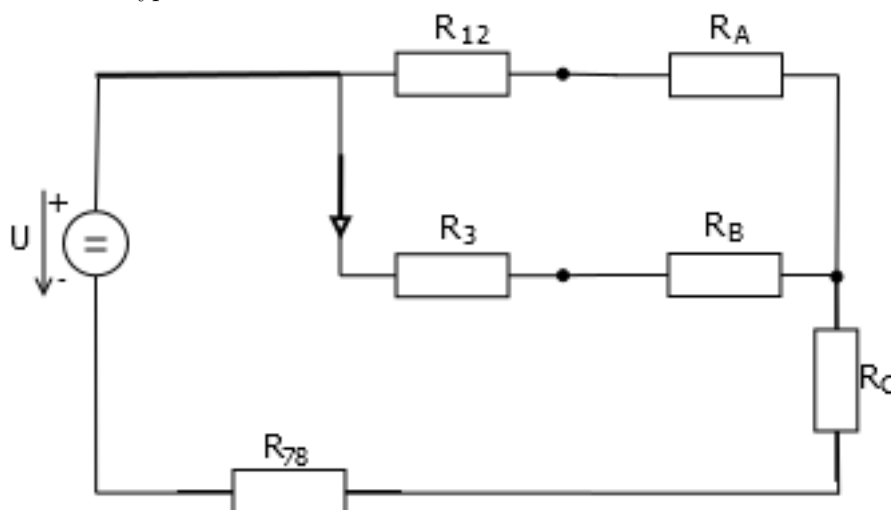
Zapojení postupně zjednodušíme:

$$\begin{aligned}
 U_{12} &= U_1 + U_2 = 100 + 80 = 180V \\
 R_{78} &= R_7 \parallel R_8 = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8} = \frac{260 \cdot 180}{260 + 180} = 106,3636\Omega \\
 R_{12} &= R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{450 \cdot 810}{450 + 810} = 289,2857\Omega
 \end{aligned}$$

Trojúhelník $[R_5, R_4, R_6]$ převedeme na hvězdu:

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{R_4 * R_5}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{220 * 220}{220 + 220 + 720} = 41,7241\Omega \\ R_B &= \frac{R_4 * R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{220 * 720}{220 + 220 + 720} = 136,5517\Omega \\ R_C &= \frac{R_5 * R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{220 * 720}{220 + 220 + 720} = 136,5517\Omega \end{aligned}$$

Obvod teď vypadá následovně:



Dále už jen zjednodušujeme:

$$\begin{aligned} R_{3B} &= R_3 + R_B = 190 + 136,5517 = 326,5517\Omega \\ R_{12A} &= R_{12} + R_A = 41,7241 + 289,2857 = 331,0098\Omega \\ R_{78C} &= R_{78} + R_C = 106,3636 + 136,5517 = 242,9153\Omega \\ R_{EKV} &= \frac{R_{12A} * R_{3B}}{R_{12A} + R_{3B}} + R_{78C} = \frac{331,0098 * 326,5517}{331,0098 + 326,5517} + 242,9153 = 407,2981\Omega \end{aligned}$$

Když máme R_{EKV} můžeme vypočítat proud v obvodu:

$$I = \frac{U}{R_{EKV}} = \frac{180}{407,2981} = 0,4419A$$

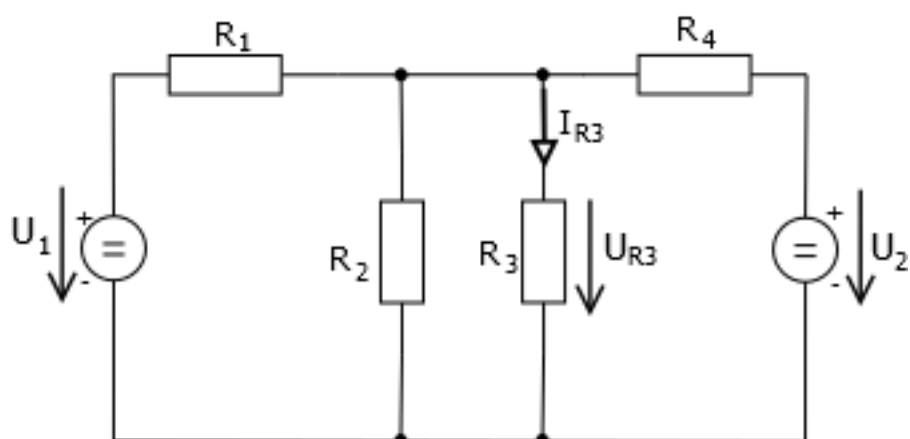
Nyní můžeme vypočítat napětí a proud na jednotlivých rezistorech a nalézt hledané napětí U_{R_1} a proud I_{R_1} :

$$\begin{aligned}
 U_{R_{78C}} &= R_{78C} * I = 242,9153 * 0,4419 = 107,3443V \\
 U_{R_{123AB}} &= U - U_{R_{78C}} = 180 - 107,3443 = 72,6557V \\
 I_{R_{12A}} &= \frac{U_{R_{123AB}}}{R_{12A}} = \frac{72,6557}{331,0098} = 0,2195A \\
 U_{R_{12}} &= I_{R_{12A}} * R_{12} = 0,2195 * 289,2857 = \textcolor{red}{63,4982V} = U_{R_1} \\
 I_{R_1} &= \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{63,4982}{450} = \textcolor{red}{0,1411A}
 \end{aligned}$$

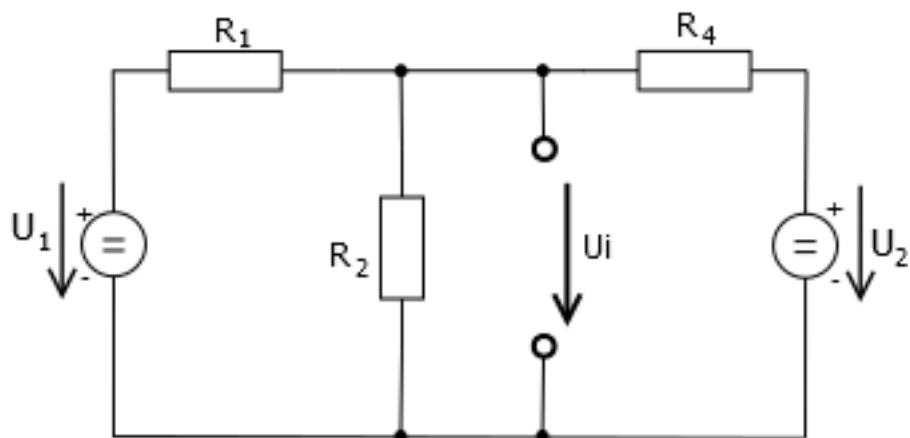
1.2 Příklad 2, Varianta H

Stanovte napětí U_{R_3} a proud I_{R_3} . Použijte metodu Théveninovy věty.

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]
H	220	190	360	580	205	560



Odpojíme rezistor R_3 podle Theveninova pravidla



Vypočítáme U_i , použijeme princip superpozice, nejdříve skratujeme jeden zdroj a poté druhý

$$\begin{aligned}
 R_2 \parallel R_4 &= \frac{R_2 * R_4}{R_2 + R_4} = \frac{580 * 560}{580 + 560} = 284,9123\Omega \\
 U_{i_1} &= U_1 * \frac{R_2 \parallel R_4}{R_1 + R_2 \parallel R_4} = 220 * \frac{284,9123}{360 + 284,9123} = 97,1926V \\
 R_1 \parallel R_2 &= \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{360 * 580}{360 + 580} = 222,1277\Omega \\
 U_{i_2} &= U_2 * \frac{R_1 \parallel R_2}{R_4 + R_1 \parallel R_2} = 190 * \frac{222,1277}{560 + 222,1277} = 53,9608V \\
 U_i &= U_{i_1} + U_{i_2} = 97,1926 + 53,9608 = 151,1534V
 \end{aligned}$$

Nyní zkratujeme oba zdroje napětí a vypočítáme R_i

$$R_i = \frac{1}{\frac{1}{R_1} \parallel \frac{1}{R_2} \parallel \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{360} + \frac{1}{580} + \frac{1}{560}} = 159,0424\Omega$$

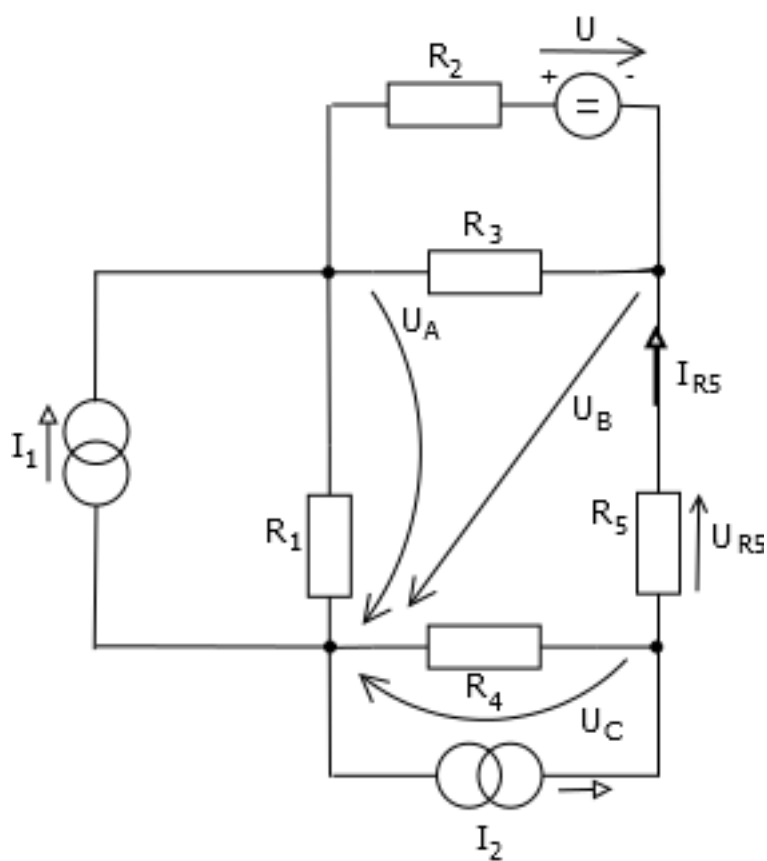
Když máme vypočítané U_i a R_i , můžeme podle Théveninovy věty vypočítat hledanou hodnotu I_{R_3} a z proudu následně U_{R_3}

$$\begin{aligned}
 I_{R_3} &= \frac{U_i}{R_i + R_3} = \frac{151,1534}{159,0424 + 205} = 0,4152A \\
 U_{R_3} &= R_3 * I_{R_3} = 205 * 0,4152 = 85,116V
 \end{aligned}$$

1.3 Příklad 3, Varianta A

Stanovte napětí U_{R_5} a proud I_{R_5} . Použijte metodu uzlových napětí (U_A, U_B, U_C)

sk.	U [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]
A	120	0.9	0.7	53	49	65	39	32



Sestavíme rovnice pro uzly A, B, C podle I. Kirchhoffova zákona:

$$\begin{aligned} I_1 - I_{R_3} - I_{R_1} + I_{R_2} &= 0 \\ I_{R_3} + I_{R_5} - I_{R_2} &= 0 \\ I_2 - I_{R_5} - I_{R_4} &= 0 \end{aligned}$$

Vyjádříme jednotlivé proudy pomocí uzlových napětí:

$$\begin{aligned} I_{R_1} &= \frac{U_A}{R_1} = \frac{U_A}{53} \\ I_{R_2} &= \frac{U+U_B-U_A}{R_2} = \frac{120+U_B-U_A}{49} \\ I_{R_3} &= \frac{U_A-U_B}{R_3} = \frac{U_A-U_B}{65} \\ I_{R_4} &= \frac{U_C}{R_4} = \frac{U_C}{39} \\ I_{R_5} &= \frac{U_C-U_B}{R_5} = \frac{U_C-U_B}{32} \end{aligned}$$

Nyní dosadíme proudy do rovnic z prvního kroku

$$\begin{aligned} 0,9 - \frac{U_A-U_B}{65} - \frac{U_A}{53} + \frac{120+U_B-U_A}{49} &= 0 \\ \frac{U_A-U_B}{65} + \frac{U_C-U_B}{32} - \frac{120+U_B-U_A}{49} &= 0 \\ 0,7 - \frac{U_C-U_B}{32} - \frac{U_C}{39} &= 0 \end{aligned}$$

Upravíme na základní tvar

$$\begin{aligned} 9227U_A - 6042U_B + 0U_C &= 565324,5 \\ -3648U_A + 6833U_B - 3185U_C &= -249600 \\ 0U_A - 39U_B + 71U_C &= 873,6 \end{aligned}$$

Sestavíme matici a použijeme cramerovo pravidlo pro výpočet napětí U_B a U_C

$$A = \left(\begin{array}{ccc|c} 9227 & -6042 & 0 & 565324,5 \\ -3648 & 6833 & -3185 & -249600 \\ 0 & -39 & 71 & 873,6 \end{array} \right)$$

$$\det A = \begin{vmatrix} 9227 & -6042 & 0 \\ -3648 & 6833 & -3185 \\ 0 & -39 & 71 \end{vmatrix} = 1765356320$$

$$U_B = \frac{\begin{vmatrix} 9227 & 565324,5 & 0 \\ -3648 & -249600 & -3185 \\ 0 & 873,6 & 71 \end{vmatrix}}{\det A} = \frac{8579717328}{1765356320} = 4,86V$$

$$U_C = \frac{\begin{vmatrix} 9227 & -6042 & 565324,5 \\ -3648 & 6833 & -249600 \\ 0 & -39 & 873,6 \end{vmatrix}}{\det A} = \frac{26434144464}{1765356320} = 14,97V$$

Z vypočtených napětí U_B a U_C můžeme vypočítat napětí na R_5 a následně pomocí ohmova zákona vypočítat proud

$$U_{R_5} = U_C - U_B = 14,97 - 4,86 = 10,11V$$
$$I_{R_5} = \frac{U_{R_5}}{R_5} = \frac{10,11}{32} = 0,3159A$$

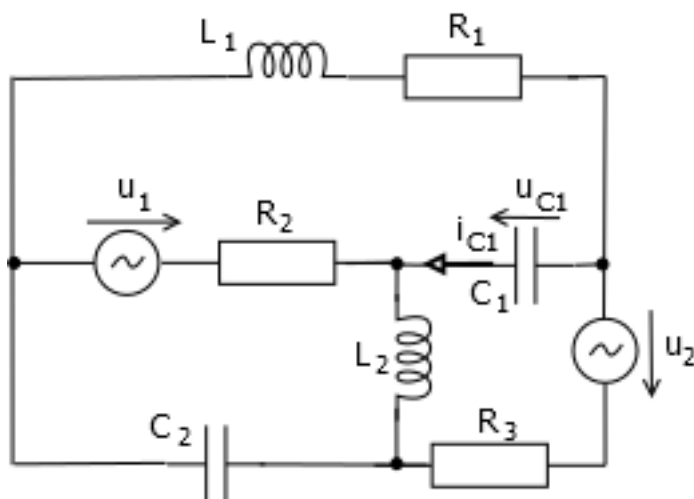
1.4 Příklad 4, Varianta C

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

Ve vztahu pro napětí $u_{C_1} = U_{C_1} * \sin(2\pi ft + \varphi_{C_1})$ určete $|U_{C_1}|$ a φ_{C_1} .

Použijte metodu smyčkových proudů.

sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	L_1 [mH]	L_2 [mH]	C_1 [μ F]	C_2 [μ F]	f [Hz]
C	35	45	10	13	11	220	70	230	85	75



Vypočítáme úhlovou rychlost ω z úhlové frekvence f

$$\omega = 2\pi f = 2\pi * 75 = 471,2389 \text{ rad} * \text{s}^{-1}$$

Vypočítáme Kapacitanci a Induktaci

$$X_{C_1} = \frac{1}{j * \omega * C_1} = -j \frac{1}{471.2389 * 0.00023} = -9,2264j \Omega$$

$$X_{C_2} = \frac{1}{j * \omega * C_2} = -j \frac{1}{471.2389 * 0.000085} = -24,9655j \Omega$$

$$X_{L_1} = j * \omega L_1 = j * 471,2389 * 0,22 = 103,6726j \Omega$$

$$X_{L_2} = j * \omega L_2 = j * 471,2389 * 0,07 = 32,9867j \Omega$$

Sestavíme rovnice pro napětí ve smyčkách podle II. Kirchhoffova zákona,
zavedeme smyčkové proudy I_A, I_B, I_C

$$\begin{aligned} I_A : X_{L_1} * I_A + R_1 * I_A + X_{C_1} * (I_A * I_C) + R_2 * (I_A - I_B) - U_1 &= 0 \\ I_B : R_2 * (I_B - I_A) + X_{L_2} * (I_B + I_C) + X_{C_2} * I_B + U_1 &= 0 \\ I_C : X_{C_1} * (I_C + I_A) + X_{L_2} * (I_C + I_B) + R_3 * I_C - U_2 &= 0 \end{aligned}$$

Sestavíme matici a vypočteme I_A a I_C

$$\begin{aligned} A &= \left(\begin{array}{ccc|c} R_1 + R_2 + X_{L_1} + X_{C_1} & -R_2 & X_{C_1} & U_1 \\ -R_2 & R_2 + X_{L_2} + X_{C_2} & X_{L_2} & -U_1 \\ X_{C_1} & X_{L_2} & X_{C_1} + X_{L_2} + R_3 & U_2 \end{array} \right) \\ A &= \left(\begin{array}{ccc|c} 10 + 13 + 103,6726j - 9,2264j & -13 & -9,2264j & 35 \\ -13 & 13 + 32,9867j - 24,9655j & 32,9867j & -35 \\ -9,2264j & 32,9867j & -9,2264j + 32,9867j + 11 & 45 \end{array} \right) \\ A &= \left(\begin{array}{ccc|c} 23 + 94,4462j & -13 & -9,2264j & 35 \\ -13 & 13 + 8,0212j & 32,9867j & -35 \\ -9,2264j & 32,9867j & 11 + 23,7603j & 45 \end{array} \right) \\ \det A &= \begin{vmatrix} 23 + 94,4462j & -13 & -9,2264j \\ -13 & 13 + 8,0212j & 32,9867j \\ -9,2264j & 32,9867j & 11 + 23,7603j \end{vmatrix} = -22239,2839 + 104075,7145j \\ I_A &= \frac{\begin{vmatrix} 35 & -13 & -9,2264j \\ -35 & 13 + 8,0212j & 32,9867j \\ 45 & 32,9867j & 11 + 23,7603j \end{vmatrix}}{-22239,2839 + 104075,7145j} = -0,1336 - 0,1389j \\ I_C &= \frac{\begin{vmatrix} 23 + 94,4462j & -13 & 35 \\ -13 & 13 + 8,0212j & -35 \\ -9,2264j & 32,9867j & 45 \end{vmatrix}}{-22239,2839 + 104075,7145j} = 0,9647 + 1,1378j \end{aligned}$$

Z vypočítaného proudu můžeme vypočítat hledané hodnoty $|U_{C_1}|$ a φ_{C_1}

$$\begin{aligned} U_{C_1} &= (I_C + I_A) * X_{C_1} = (0,9647 + 1,1378j - 0,1336 - 0,1389j) * -9,2264j = 9,2163 - 7,6681jV \\ |U_{C_1}| &= \sqrt{9,2163^2 - 7,6681^2} = \mathbf{68,0161V} \\ \varphi_{C_1} &= \arctg\left(\frac{-7,6681}{9,2163}\right) = \mathbf{-0,694rad} \end{aligned}$$

1.5 Příklad 5, Varianta H

2 Výsledky

Příklad	Zadání	Výsledek
1	C	$I_{R_1} = 0,1411A, U_{R_1} = 63,4982V$
2	H	$I_{R_3} = 0,4152A, U_{R_3} = 85,116V$
3	A	$I_{R_5} = 0,3159A, U_{R_5} = 10,11V$
4	C	$ U_{C_1} = 68,0161V, \varphi_{C_1} = -0,694rad$
5	H	xxx