

Semestrálny projekt IEL 2015/16

Róbert Kolcún, xkolcu00

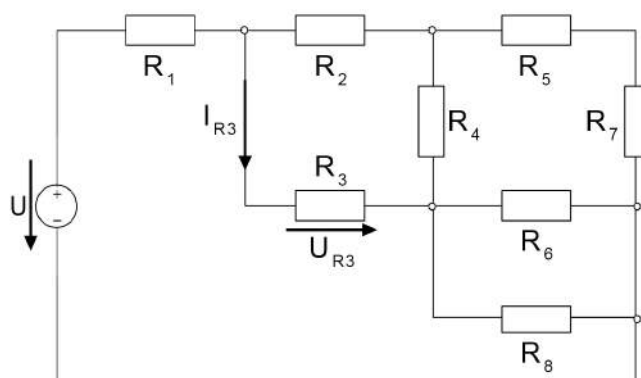
10. prosince 2015

1 Príklad č.1 (A)

Stanovte napätí U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu postupného zjednodušovaní obvodu.

sk.	$U[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$	$R_6[\Omega]$	$R_7[\Omega]$	$R_8[\Omega]$
A	80	350	650	410	130	360	750	310	190

1.1 Zjednodušenie obvodu

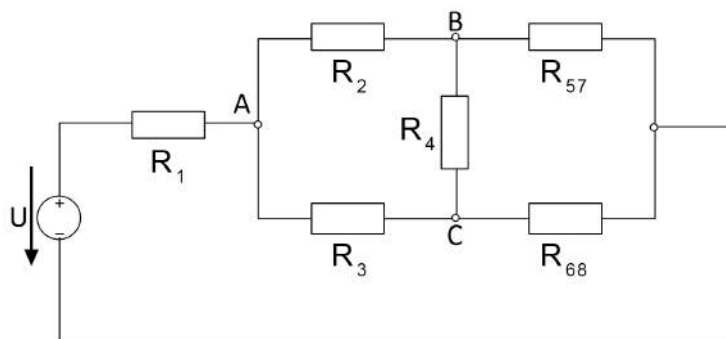


Obrázek 1: Zadaný obvod

Zadaný obvod si mozeme zjednodusit. Zjednotením paralelne zapojených rezistorov R_6 a R_8 nám vznikne rezistor R_{68} a zjednotením seriovo zapojených rezistorov R_5 a R_7 vznikne rezistor R_{57} .

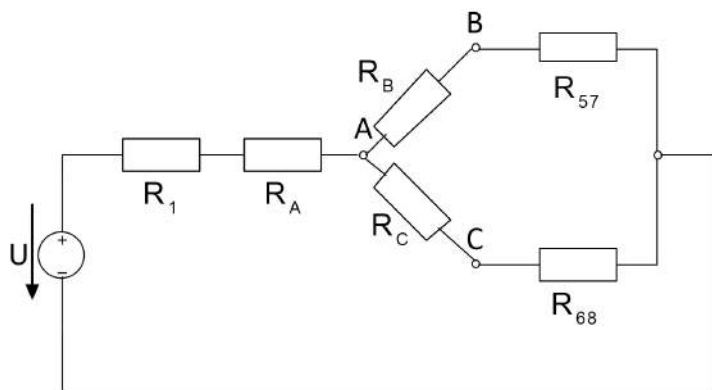
$$R_{68} = \frac{R_6 * R_8}{R_6 + R_8} \quad R_{57} = R_5 + R_7$$

V zjednodusenom obvode si oznacime uzly A B C, pre prevod trojuholnika na hviezdu.



Obrázek 2:

Trojuholník prevedieme na hviezdu

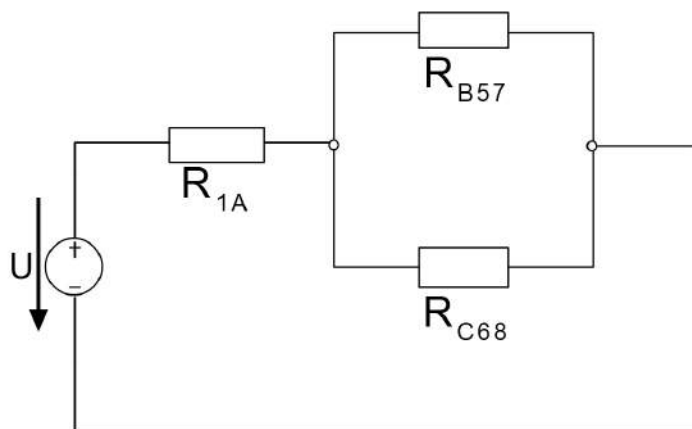


Obrázek 3:

$$R_A = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3 + R_4} \quad R_B = \frac{R_2 * R_4}{R_2 + R_3 + R_4} \quad R_C = \frac{R_3 * R_4}{R_2 + R_3 + R_4}$$

Seriovo zapojene rezistory $R_1 R_A$, $R_B R_{57}$, $R_C R_{68}$ zjednotime do R_{1A} , R_{B57} , R_{C68} .

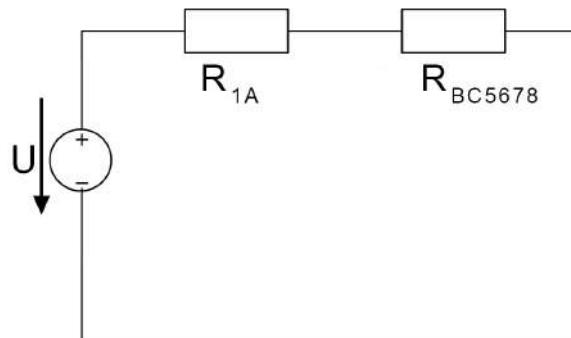
$$R_{1A} = R_1 + R_A \quad R_{B57} = R_B + R_{57} \quad R_{C68} = R_C + R_{68}$$



Obrázek 4:

Znova zjednotime paralelne zapojene rezistory R_{B57} a R_{C68} .

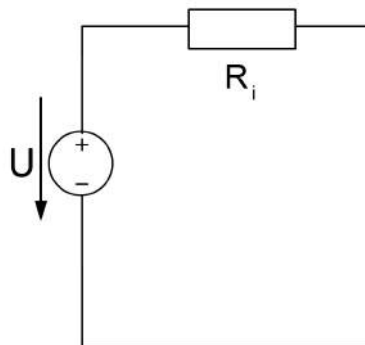
$$R_{BC5678} = \frac{R_{B57} * R_{C68}}{R_{B57} + R_{C68}}$$



Obrázek 5:

Po zjednotení seriovu zapojených rezistorov R_{1A} a R_{BC5678} dostaneme jednoduchý obvod so zdrojom napätia a jedným rezistorom R_i .

$$R_i = R_{1A} + R_{BC5678}$$



Obrázek 6:

Z jednoduchého obvodu si vypočítame celkový prúd I_i .

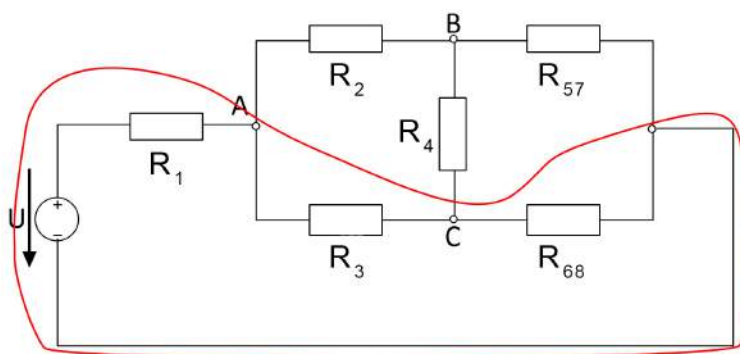
$$I_i = \frac{U}{R_i}$$

1.2 Výpočet I_3

Zostavíme rovnicu pre výpočet I_3 .

$$I_3 = \frac{U_{R3}}{R_3}$$

Pre výpočet I_3 potrebujeme zistiť hodnotu neznámej U_{R3} , k tomu použijeme obrázok č.2 kde dostaneme slučku.



Z obrázka dostaneme slučku pre výpočet U_{R3} . $U_{R3} = U - U_{R68} - U_{R1}$
 Z danej rovnice zistíme že sa potrebujeme dopracovať k neznámej U_{R68} a U_{R1} .
 Tak ako sme v zadanom obvode rezistory zhľukovali, teraz ich budeme rozdeľovať a postupne ratovať ich napätia a prúdy.

Z obrázka č.5 vypočítame $U_{RBC5678}$ a U_{1A} .

$$U_{RBC5678} = R_{BC5678} * I_i \quad U_{1A} = R_{1A} * I_i$$

Teraz môžeme z obrázka č.4 vypočítať I_{C68} ktoré potrebujeme pre obrázok č.3 pre výpočet U_{R68} .

$$I_{C68} = \frac{U_{RBC5678}}{R_{C68}}$$

Z obrázka č.3 vypočítame potrebné neznáme U_{R68} a U_{R1} .

$$U_{R1} = R_1 * I_i \quad U_{R68} = R_{68} * I_{C68}$$

Vypočítame hodnoty všetkých rezistorov a hodnôt potrebných pre výpočet I_3 .

R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	R5 [Ω]	R6 [Ω]	R7 [Ω]	R8 [Ω]
350	650	410	130	360	750	310	190
RA [Ω]	RB [Ω]	RC [Ω]			R57 [Ω]	R68 [Ω]	
223,94958	71,0084034	44,789916			670	151,5957447	
R1A [Ω]			RB57 [Ω]		RC68 [Ω]		
573,9495798			741,0084034		196,3856606		
			RBC5678 [Ω]				
			155,2425287				
Ri [Ω]							
729,1921085							

Obrázek 7: Vysledky odporov rezistorov

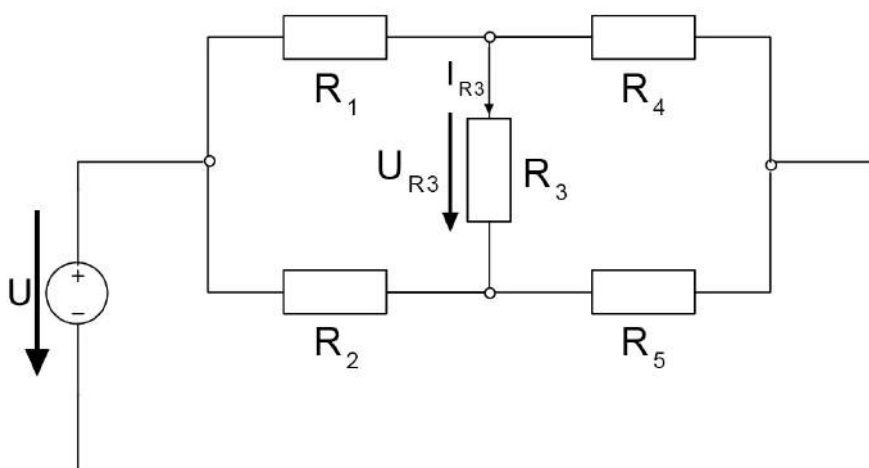
U [V]		
80		
Ii [A]	URBC5678 [V]	U1A[V]
0,10971	17,03172888	62,968271
IC68 [A]		
0,086725929		
UR68 [V]	UR1 [V]	
13,1472818	38,39866021	
U3 [V]		
28,4540		
I3 [A]		
0,0694		

Obrázek 8: Vysledky prúdov a napätí

2 Príklad č.2 (F)

Stanovte napíeti U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu Theveninovy věty.

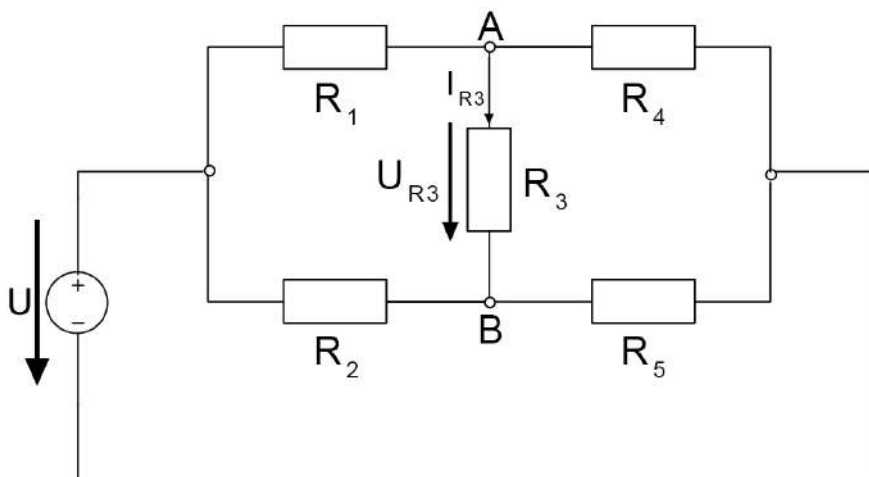
sk.	$U[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$
F	130	350	600	195	650	280



Obrázek 9:

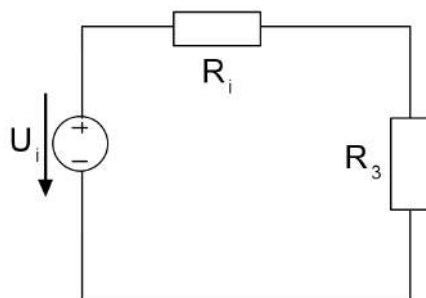
2.1 Riesenie obvodu

Na obvode si označíme body A B medzi ktorými budeme rátať napätie.



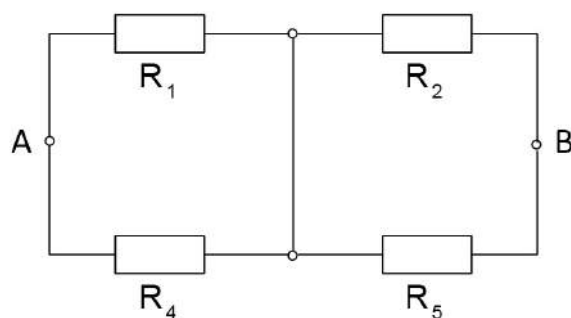
Obrázek 10:

Z Theveninove vety vieme ze daný obvod si môžeme prekreslit na obvod s jedným napätím U , rezistorom na ktorom budeme rátať napätie (R_3) a druhý rezistor do ktorého zjednotíme všetky zvyšné rezistory (R_i).



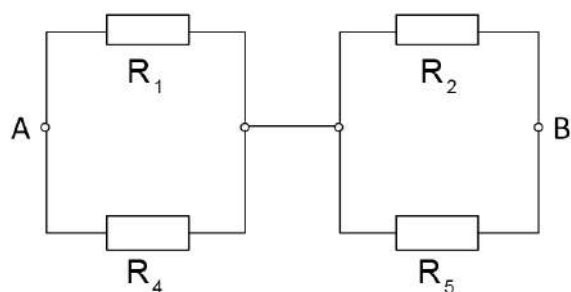
Obrázek 11:

Odpor R_i vypočítame z odporov R_1, R_2, R_4, R_5 . Ich schému zapojenia si môžeme zakresliť takto:



Obrázek 12:

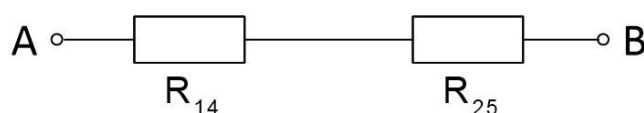
Pre lepsie pochopenie zapojenia odporov si to môžeme prekresliť takto:



Obrázek 13:

Z obrázka vidíme ze odpory R_1, R_4 a R_2, R_5 su zapojené paralelne.

$$R_{14} = \frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} \quad R_{25} = \frac{R_2 * R_5}{R_2 + R_5}$$

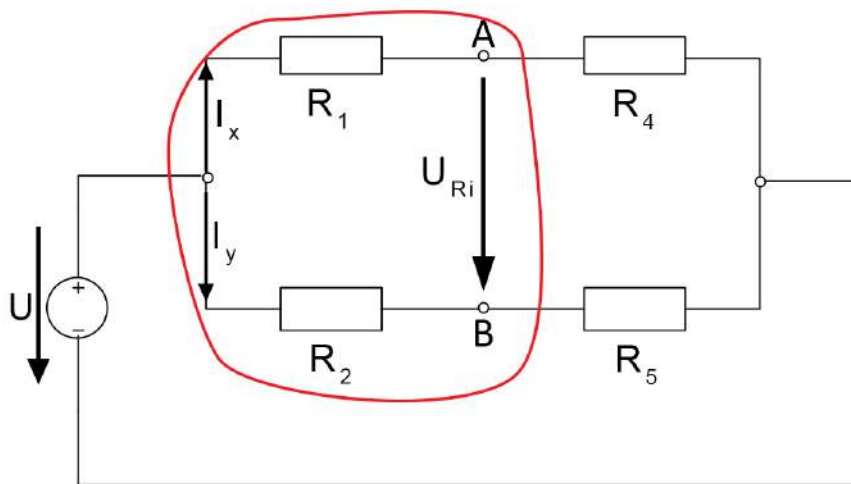


Obrázek 14:

Výsledny odpor R_i sa rovna sériovému zapojeniu odporov R_{14} a R_{25} .

$$R_i = R_{14} + R_{25} \quad R_i = \frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 * R_5}{R_2 + R_5}$$

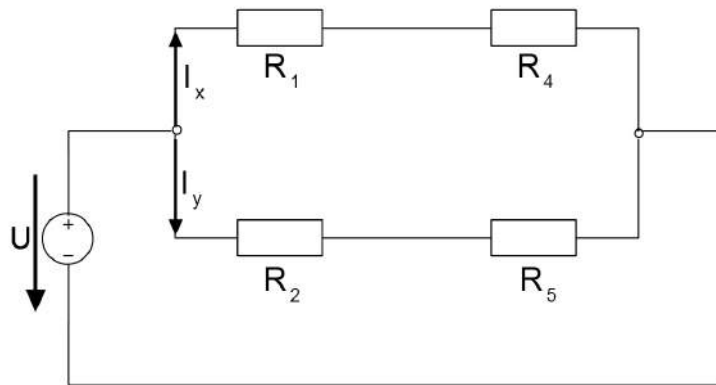
Na obrázku č.10 si zvolíme prúdy I_x a I_y a pre výpočet U_{Ri} si zoberieme slučku:



Obrázek 15:

$$R_1 * I_x + U_{Ri} - R_2 * I_y = 0$$

Pre výpočet prúdov I_x a I_y si zvolíme zadaný obvod, kde môžeme vidieť ze odpory R_1, R_4 a R_2, R_5 sú zapojené do série.



Obrázek 16:

$$I_x = \frac{U}{R_1 + R_4} \quad I_y = \frac{U}{R_2 + R_5}$$

I_x a I_y dosadíme do predchádzajúcej rovnice a vyjadríme z nej U_{Ri} .

$$U_{Ri} = \frac{R_2 * U}{R_2 + R_5} - \frac{R_1 * U}{R_1 + R_4}$$

Z obrázka č.11 si vytvoríme rovnicu pre výpočet I_{R3} .

$$I_{R3} = \frac{U_{Ri}}{R_i + R_3} \quad I_{R3} = \frac{\frac{R_2 * U}{R_2 + R_5} - \frac{R_1 * U}{R_1 + R_4}}{\frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 * R_5}{R_2 + R_5} + R_3}$$

Ďalej si odvodíme rovnicu pre výpočet U_{R3} .

$$U_{R3} = I_{R3} * R_3 \quad U_{R3} = \frac{\frac{R_2 * U}{R_2 + R_5} - \frac{R_1 * U}{R_1 + R_4}}{\frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4} + \frac{R_2 * R_5}{R_2 + R_5} + R_3} * R_3$$

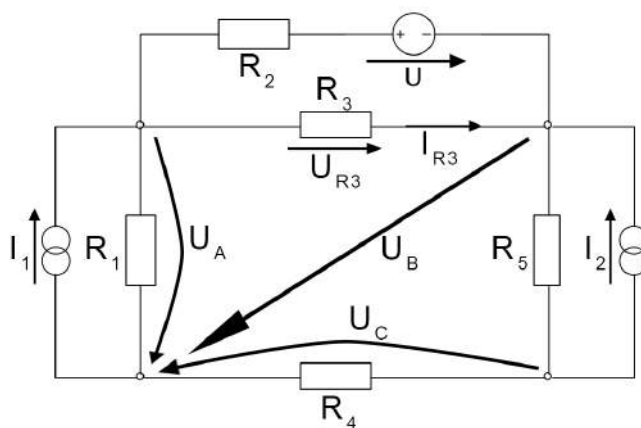
Nakoniec dosadíme zadané hodnoty a vypočítame U_{R3} a I_{R3} .

$$I_{R3} = 0,0703A \quad U_{R3} = 13,7128V$$

3 Príklad č.3 (E)

Stanovte napěti U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu uzlových napěti (U_A , U_B , U_C).

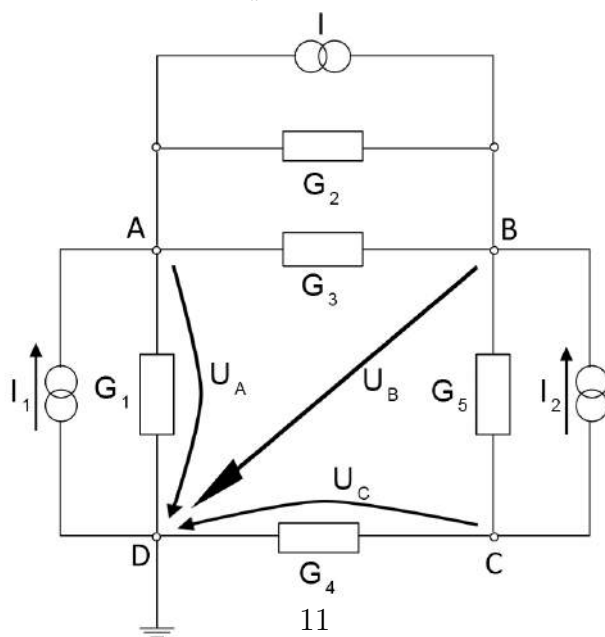
sk.	$U[V]$	$I_1[A]$	$I_2[A]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$
E	135	0,55	0,65	520	420	520	420	215



3.1 Zmena obvodu

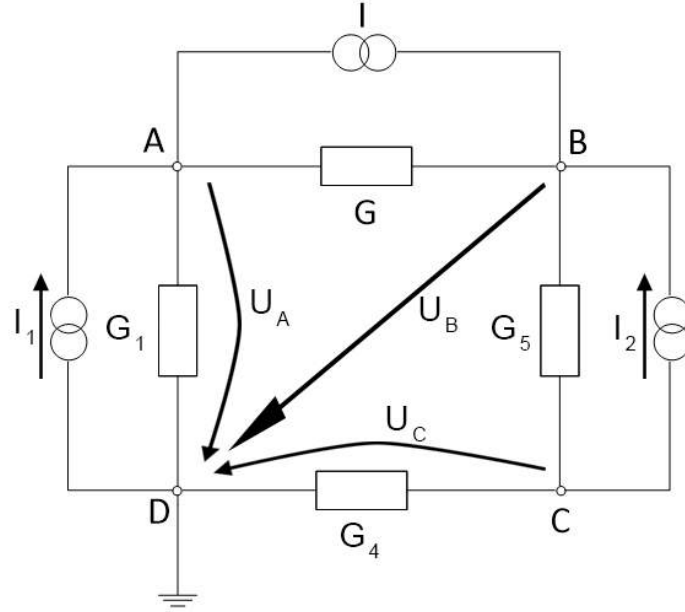
Pre výpočet si v zadanom obvode zmeníme odpory na vodivosť a zdroj napätia na zdroj prúdu.

$$G_x = \frac{1}{R_x} \quad I = U * G$$



V obvode si môžeme zjednotiť paralelne zapojené vodivosti.

$$R = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} \quad \frac{1}{G} = \frac{\frac{1}{G_2 * G_3}}{\frac{G_3 + G_2}{G_2 * G_3}} \quad G = G_2 + G_3$$



Zo zmeneného obvodu si vyjadríme rovnice pre výpočet napätí U_A, U_B, U_C , pomocou prúdov ktoré nám vstupujú/vystupujú z uzlov A, B, C .

$$\begin{aligned}
 A : I_1 + I - I_{G1} - I_{G23} &= 0 \\
 A : I_1 + I - G_1 * U_A - G * (U_A - U_B) &= 0 \\
 A : I_1 + I - G_1 * U_A - (G_2 + G_3) * (U_A - U_B) &= 0 \\
 A : I_1 + I - G_1 * U_A - G_2 * U_A - G_3 * U_A + G_2 * U_B + G_3 * U_B &= 0 \\
 \hline
 A : U_A * (G_1 + G_2 + G_3) - U_B * (G_2 + G_3) &= I_1 + I \\
 \\
 B : I_{G23} - I + I_2 - I_{G5} &= 0 \\
 B : G * (U_A - U_B) - I + I_2 - G_5 * (U_B - U_C) &= 0 \\
 B : (G_2 + G_3) * (U_A - U_B) - I + I_2 - G_5 * (U_B - U_C) &= 0 \\
 B : G_2 * U_A + G_3 * U_A - G_2 * U_B - G_3 * U_B - I + I_2 - G_5 * U_B + G_5 * U_C &= 0 \\
 \hline
 B : U_A * (G_2 + G_3) - U_B * (G_2 + G_3 + G_5) + U_C * G_5 &= I - I_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
C : I_{G_5} - I_2 - I_{G_4} & = & 0 \\
C : G_5 * (U_B - U_C) - I_2 - G_4 * U_C & = & 0 \\
C : G_5 * U_B - G_5 * U_C - I_2 - G_4 * U_C & = & 0 \\
\hline
C : U_B * G_5 - U_C * (G_4 + G_5) & = & I_2
\end{array}$$

3.2 Výpočet U_A, U_B, U_C

Pre zjednodušenie počítania si upravíme $G_x + G_y + G_z$ na G_{xyz} .

$$\begin{aligned}
G_{23} &= G_2 + G_3 & G_{45} &= G_4 + G_5 & G_{123} &= G_1 + G_2 + G_3 \\
G_{235} &= G_2 + G_3 + G_5
\end{aligned}$$

Rovnice (A, B, C) ktoré sme dostali prevedieme do matice.

$$\begin{pmatrix} G_{123} & -G_{23} & 0 \\ G_{23} & -G_{235} & G_5 \\ 0 & G_5 & -G_{45} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I + I_1 \\ I - I_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

Pomocou Sarrusovho pravidla si z matice vypočítame D_S, D_1, D_2, D_3 .

$$\begin{aligned}
D_S : & (G_{123} * -G_{235} * -G_{45} + -G_{23} * G_5 * 0 + 0 * G_{23} * G_5) - \\
& (0 * -G_{235} * 0 + G_{23} * -G_{23} * -G_{45} + G_5 * G_5 * G_{123}) = \\
& G_{123} * G_{235} * G_{45} - G_{23} * G_{23} * G_{45} - G_{123} * G_5 * G_5
\end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} I + I_1 & -G_{23} & 0 \\ I - I_2 & -G_{235} & G_5 \\ I_2 & G_5 & -G_{45} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
D_1 : & ((I + I_1) * -G_{235} * -G_{45} + -G_{23} * G_5 * I_2 + 0 * (I - I_2) * G_5) - \\
& (I_2 * -G_{235} * 0 + G_5 * G_5 * (I + I_1) + -G_{45} * (I - I_2) * -G_{23}) = \\
& (I + I_1) * G_{235} * G_{45} - I_2 * G_{23} * G_5 - G_5 * G_5 * (I + I_1) - (I - I_2) * G_{45} * G_{23}
\end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} G_{123} & I + I_1 & 0 \\ G_{23} & I - I_2 & G_5 \\ 0 & I_2 & -G_{45} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} D_2 : & (G_{123} * (I - I_2) * -G_{45} + (I + I_2) * G_5 * 0 + 0 * G_{23} * I_2) - \\ & (0 * (I - I_2) * 0 + I_2 * G_5 * G_{123} + -G_{45} * G_{23} * (I + I_1) = \\ & -G_{123} * (I - I_2) * G_{45} - I_2 * G_5 * G_{123} + G_{45} * G_{23} * (I + I_1) \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} G_{123} & -G_{23} & I + I_1 \\ G_{23} & -G_{235} & I - I_2 \\ 0 & G_5 & I_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} D_3 : & (G_{123} * -G_{235} * I_2 + -G_{23} * (I - I_2) * 0 + (I + I_1) * G_{23} * G_5) - \\ & (0 * -G_{235} * (I + I_1) + G_5 * (I - I_2) * G_{123} + G_{23} * -G_{23} * I_2 = \\ & -G_{123} * G_{235} * I_2 + (I + I_1) * G_{23} * G_5 - G_5 * (I - I_2) * G_{123} + G_{23} * G_{23} * I_2 \end{aligned}$$

Po vyjadrení D_S, D_1, D_2, D_3 , zapíšeme a dosadíme do rovníc pre výpočet U_A, U_B, U_C .

$$\begin{aligned} U_A &= \frac{D_1}{D_S} \\ U_A &= \frac{(I+I_2)*G_{235}*G_{45}-I_2*G_{23}*G_5-G_5*G_5*(I+I_1)-(I-I_2)*G_{45}*G_{23}}{G_{123}*G_{235}*G_{45}-G_{23}*G_{23}*G_{45}-G_{123}*G_5*G_5} \end{aligned}$$

$$U_B = \frac{D_2}{D_S} \quad U_B = \frac{-G_{123}*(I-I_2)*G_{45}-I_2*G_5*G_{123}+G_{45}*G_{23}*(I+I_1)}{G_{123}*G_{235}*G_{45}-G_{23}*G_{23}*G_{45}-G_{123}*G_5*G_5}$$

$$\begin{aligned} U_C &= \frac{D_3}{D_S} \\ U_C &= \frac{-G_{123}*G_{235}*I_2+(I+I_1)*G_{23}*G_5-G_5*(I-I_2)*G_{123}+G_{23}*G_{23}*I_2}{G_{123}*G_{235}*G_{45}-G_{23}*G_{23}*G_{45}-G_{123}*G_5*G_5} \end{aligned}$$

3.3 Výpočet U_{R3} a I_{R3}

Nakoniec vypočítame napätie U_{R3} ktoré je medzi uzlami A, B a prúd I_{R3}

$$U_{R3} = U_A - U_B$$

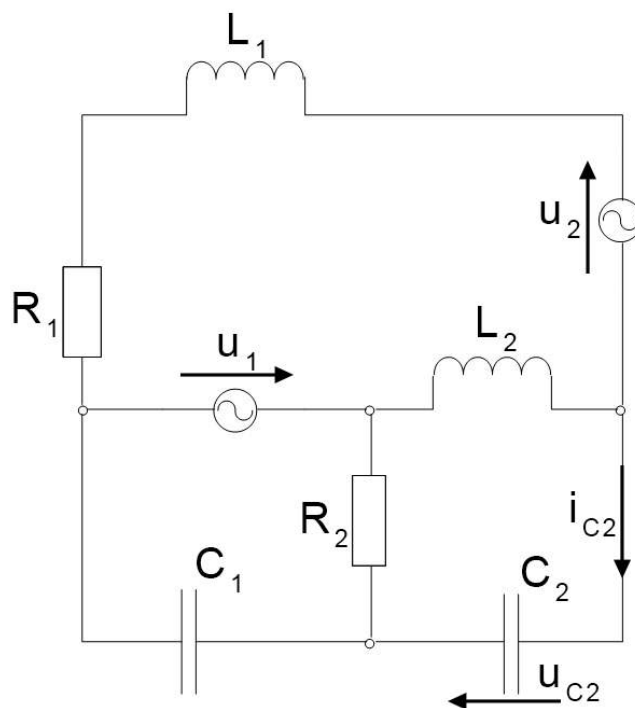
$$I_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} \quad I_{R3} = \frac{U_A - U_B}{R_3}$$

UA [V] 259,1746032	UB [V] 172,5079365	UC [V] 21,66666667
UR3 [V] 86,6666 V		
IR3 [A] 0,1666 A		

4 Příklad č.4 (A)

Pro napájecí napětí platí: $u_1 = U_1 * \sin(2\pi ft)$. Ve vztahu pro napětí $u_{C2} = U_{C2} * \sin(2\pi ft + \varphi_{C2})$ určete $|U_{C2}|$ a φ_{C2} . Použijte metodu smyčkových proudů. Pozn. Pomocné "směry šipek napájecích zdroju platí pro speciální časový okamžik ($t = \frac{\pi}{2\omega}$)."

sk.	$U_1[V]$	$U_2[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$L_1[mH]$	$L_2[mH]$	$C_1[\mu F]$	$C_2[\mu F]$	$f[Hz]$
A	35	55	125	140	120	100	200	105	70

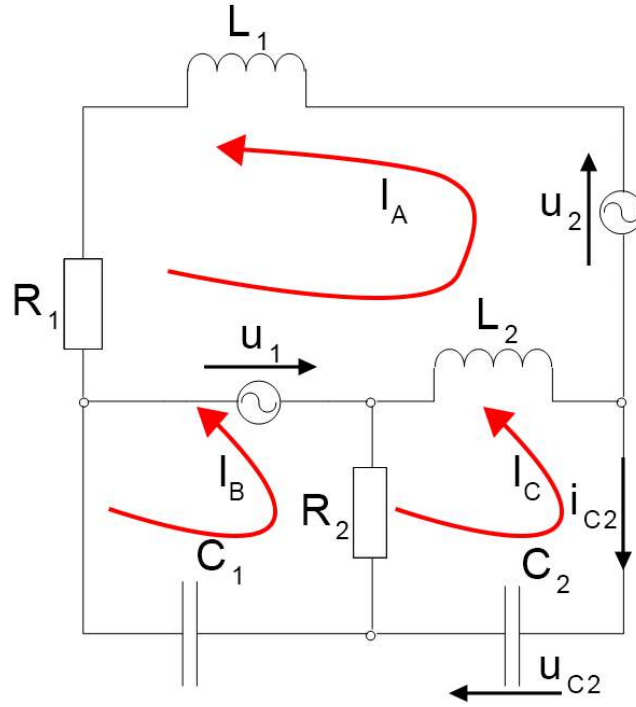


4.1 Výpočet

Najskôr si vypočítame hodnoty reaktacie cievok L_1, L_2 a kondenzátorov C_1, C_2 .

$$\omega = 2 * \pi * f = 439,823 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned} X_{L1} &= \omega * L_1 * j = 52,7788j \Omega & X_{L2} &= \omega * L_2 * j = 43,9823j \Omega \\ X_{C1} &= -\frac{j}{\omega * C_1} = -11.3682j \Omega & X_{C2} &= -\frac{j}{\omega * C_2} = -21.6537j \Omega \end{aligned}$$



Z obrázka si vyjadríme rovnice pre prúdy I_A, I_B, I_C . Z ktorých si vytvoríme maticu.

$$\begin{array}{rcl}
 A : U_1 + X_{L2} * (I_A - I_C) + U_2 + X_{L1} * I_A + R_1 * I_A & = & 0 \\
 A : U_1 + I_A * X_{L2} - I_C * X_{L2} + U_2 + I_A * X_{L1} + I_A * R_1 & = & 0 \\
 \hline
 A : I_A * (X_{L2} + X_{L1} + R_1) - I_C * X_{L2} & = & -U_1 - U_2 \\
 \\
 B : X_{C1} * I_B + R_2 * (I_B - I_C) - U_1 & = & 0 \\
 B : I_B * X_{C1} + I_B * R_2 - I_C * R_2 & = & U_1 \\
 \hline
 B : I_B * (X_{C1} + R_2) - I_C * R_2 & = & U_1 \\
 \\
 C : X_{C2} * I_C + X_{L2} * (I_C - I_A) + R_2 * (I_C - I_B) & = & 0 \\
 C : I_C * X_{C2} + I_C * X_{L2} - I_A * X_{L2} + I_C * R_2 - I_B * R_2 & = & 0 \\
 \hline
 C : I_C * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - I_A * X_{L2} - I_B * R_2 & = & 0
 \end{array}$$

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

Pomocou Sarrusovho pravidla si z matice vypočítame D_S, D_A, D_B, D_C .

$$D_S : (X_{L2} + X_{L1} + R_1) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - X_{L2}^2 * (X_{C1} + R_2) - R_2^2 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)$$

$$\begin{pmatrix} -U_1 - U_2 & 0 & -X_{L2} \\ U_1 & X_{C1} + R_2 & -R_2 \\ 0 & -R_2 & X_{C2} + X_{L2} + R_2 \end{pmatrix}$$

$$D_A : -(U_1 + U_2) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) + X_{L2} * U_1 * R_2 + R_2^2 * (U_1 + U_2)$$

$$\begin{pmatrix} X_{L2} + X_{L1} + R_1 & -U_1 - U_2 & -X_{L2} \\ 0 & U_1 & -R_2 \\ -X_{L2} & 0 & X_{C2} + X_{L2} + R_2 \end{pmatrix}$$

$$D_B : (X_{L2} + X_{L1} + R_1) * U_1 * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - (U_1 + U_2) * R_2 * X_{L2} - X_{L2} * U_1 * X_{L2}$$

$$\begin{pmatrix} X_{L2} + X_{L1} + R_1 & 0 & -U_1 - U_2 \\ 0 & X_{C1} + R_2 & U_1 \\ -X_{L2} & -R_2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$D_C : -X_{L2} * (X_{C1} + R_2) * (U_1 + U_2) + R_2 * U_1 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)$$

$$\begin{aligned} I_A &= \frac{D_A}{D_S} = \frac{-(U_1 + U_2) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) + X_{L2} * U_1 * R_2 + R_2^2 * (U_1 + U_2)}{(X_{L2} + X_{L1} + R_1) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - X_{L2}^2 * (X_{C1} + R_2) - R_2^2 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)} \\ I_B &= \frac{D_B}{D_S} = \frac{(X_{L2} + X_{L1} + R_1) * U_1 * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - (U_1 + U_2) * R_2 * X_{L2} - X_{L2} * U_1 * X_{L2}}{(X_{L2} + X_{L1} + R_1) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - X_{L2}^2 * (X_{C1} + R_2) - R_2^2 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)} \\ I_C &= \frac{D_C}{D_S} = \frac{-X_{L2} * (X_{C1} + R_2) * (U_1 + U_2) + R_2 * U_1 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)}{(X_{L2} + X_{L1} + R_1) * (X_{C1} + R_2) * (X_{C2} + X_{L2} + R_2) - X_{L2}^2 * (X_{C1} + R_2) - R_2^2 * (X_{L2} + X_{L1} + R_1)} \end{aligned}$$

$$I_A = 0,1874 + 0,2661j \text{ A}$$

$$I_B = 1.57 - 1.866j \text{ A}$$

$$I_C = 1.1684 - 1.9935j \text{ A}$$

Následne vypočítame $|U_{C2}|$.

$$U_{C2} = X_{C2} * I_C = -43,1662 - 25,2992j \text{ V}$$
$$|U_{C2}| = \sqrt{Re^2 + Im^2} = \sqrt{-43,1662^2 - 25,2992^2} = 50,0337 \text{ V}$$

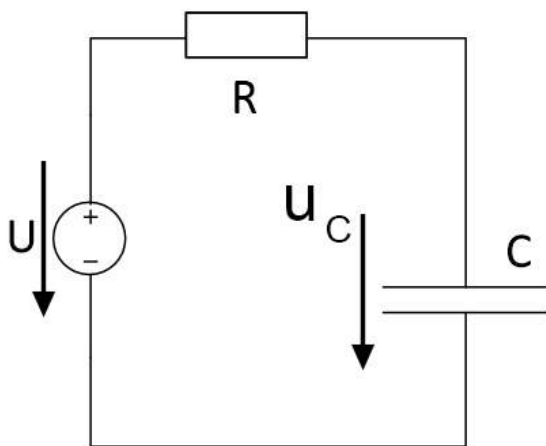
Potom vypočítame fázový posun φ_{C2} .

$$\varphi_{C2} = \arctan\left(\frac{Im}{Re}\right) = \frac{-25,2992}{-43,1662} = 30^\circ 22' 26.4''$$

5 Príklad č.5 (F)

Sestavte diferenciálnú rovnicu popisujúcu chovanie obvodu na obrázku, ďalej ju upravte dosadením hodnôt parametru. Vypočítajte analytické riešenie $u_C = f(t)$. Proved'te kontrolu výpočtu dosadením do sestavenej diferenciálnej rovnice.

sk.	$U[V]$	$C[F]$	$R[\Omega]$	$u_c(0)[V]$
F	9	35	15	4



5.1 Vyjadrenie rovníc

$$u'_c = \frac{1}{C} * I$$

Vyjadrimo si I z II.Kirchhoffovho zákona a dosadíme do predchádzajúcej rovnice.

$$u_r + u_c - U = 0 \quad I * R + u_c - U = 0 \quad I = \frac{U - u_c}{R}$$

$$u'_c = \frac{1}{C} * \frac{U - u_c}{R}$$

Danú rovnicu upravíme, dostaneme obecný tvar rovnice a dosadením hodnôt (C, R) dostaneme konkrétny tvar diferenciálnej rovnice.

$$C * R * u'_c - u_c = U$$

$$525 * u'_c + u_c = 9 \implies 525\lambda + 1 = 0 \quad \lambda = -\frac{1}{525}$$

Vyjadřime si očekávaný tvar rovnice.

$$u_c(t) = c(t) * e^{\lambda t} \quad u_c(t) = c(t) * e^{-\frac{1}{525}t}$$

$$u'_c(t) = c'(t) * e^{-\frac{1}{525}t} + c(t) * e^{-\frac{1}{525}t} * \left(-\frac{1}{525}\right)$$

Dosadíme $u'_c(t)$ a $u_c(t)$ do rovnice.

$$525 * u'_c + u_c = 9 \quad 525 * (c'(t) * e^{-\frac{1}{525}t}) = 9$$

Vyjadřime si $c'(t)$.

$$c'(t) * e^{-\frac{1}{525}t} = \frac{9}{525} \quad c'(t) = \frac{\frac{9}{525}}{e^{-\frac{1}{525}t}} \quad c'(t) = \frac{9}{525} * e^{\frac{1}{525}t}$$

Rovnici integrujeme.

$$\int c'(t) dt = \int \frac{9}{525} * e^{\frac{1}{525}t} dt$$

$$c(t) + K_1 = \frac{9}{525} * e^{\frac{1}{525}t} * \frac{1}{\frac{1}{525}} + K_2$$

$$K = K_2 - K_1 \quad c(t) = 9 * e^{\frac{1}{525}t} + K$$

Dosadíme $c(t)$ do obecného tvaru rovnice.

$$u_c(t) = (9 * e^{\frac{1}{525}t} + K) * e^{-\frac{1}{525}t} \quad u_c(t) = 9 + K * e^{-\frac{1}{525}t}$$

Hledáme hodnotu K .

$$u_c(0) = 4 \rightarrow t = 0 \quad 4 = 9 + K * e^0 \quad K = -5$$

$$u_c(t) = 9 - 5 * e^{-\frac{1}{525}t}$$

Spravíme zkoušku správnosti.

$$525 * u'_c + u_c = 9 \quad 525 * (0 - 5 * e^{-\frac{1}{525}t} * -\frac{1}{525}) + 9 - 5 * e^{-\frac{1}{525}t} = 9$$

$$5 * e^{-\frac{1}{525}t} - 5 * e^{-\frac{1}{525}t} = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

Príklad 1 (A)	Príklad 2 (F)	Príklad 3 (E)	Príklad 4 (A)	Príklad 5 (F)
$U_{R3} = 28,4540 \text{ V}$ $I_{R3} = 0,0694 \text{ A}$	$U_{R3} = 13,7128 \text{ V}$ $I_{R3} = 0,0703 \text{ A}$	$U_{R3} = 86,6667 \text{ V}$ $I_{R3} = 0,1667 \text{ A}$	$ U_{C2} = 50,0337 \text{ V}$ $\varphi_{C2} = 30^\circ 22' 26,4''$	$u_c(t) = 9 - 5 * e^{\frac{-t}{555}}$