

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií

ELEKTRONIKA PRO INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

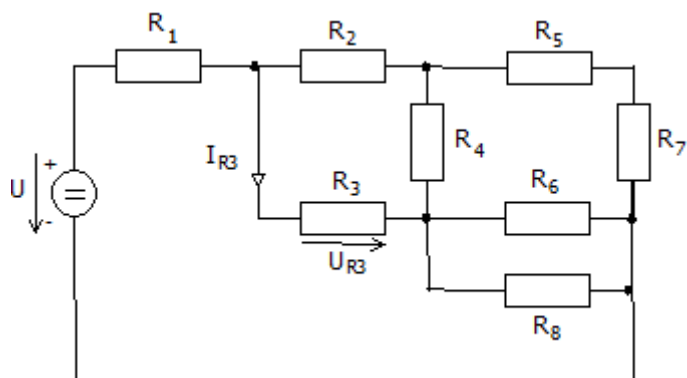
2015/2016

Semestrální projekt

1. Príklad (varianta F)

Zadanie:

Stanovte napětí U_{R3} a proud I_{R3} . Použijte metodu postupného zjednodušování obvodu.



Hodnoty:

sk.	U [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]
F	125	510	500	550	250	300	800	330	250

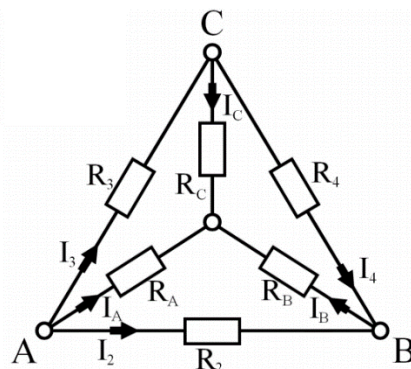
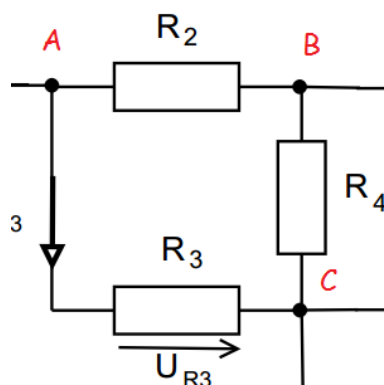
$R_{kv} = ?$

$I = ?$

$U_{R3} = ?$

$I_{R3} = ?$

Hvezda -> trojuholník



$$R_a = (R_2 \cdot R_3) / (R_1 + R_2 + R_3) = 211,5385 \, \Omega$$

$$R_b = (R_2 \cdot R_4) / (R_1 + R_2 + R_3) = 96,1538 \, \Omega$$

$$R_c = (R_3 \cdot R_4) / (R_1 + R_2 + R_3) = 105,7692 \, \Omega$$

R1, Ra – sériovo zapojené

$$R_{1a} = R_1 + R_a = 721,5385 \, \Omega$$

Rb, R5, R7 – sériovo zapojené

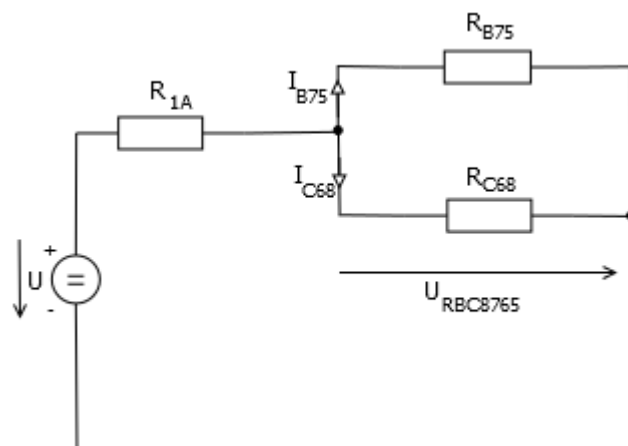
$$R_{b57} = R_b + R_5 + R_7 = 726,1538 \, \Omega$$

R6, R8 – paralelne zapojené

$$R_{68} = (R_6 \cdot R_8) / (R_6 + R_8) = 190,4762 \, \Omega$$

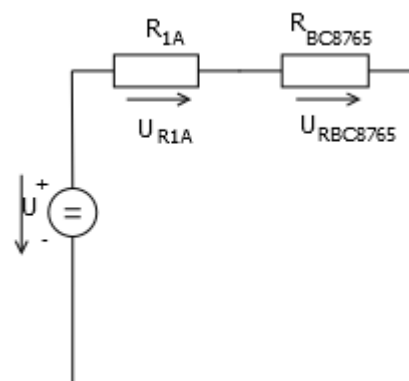
Rc, R68 – sériovo zapojené

$$R_{c68} = R_c + R_{68} = 726,1538 \, \Omega$$



Rb57, Rc68 - paralelne zapojené

$$R_{b57c68} = (R_{b57} \cdot R_{c68}) / (R_{b57} + R_{c68}) = 210,4068 \, \Omega$$



$$R_{ekv} = R_{1a} + R_{b57c68} = 931,9453 \, \Omega$$

$$I = U / R_{ekv} = 0,1341 \, A$$

$$U_{R1} = I \cdot R1 = 68,4053 \text{ V}$$

$$U_{B57C68} = I \cdot R_{b57c68} = 28,2215 \text{ V}$$

$$I_{b57} = U_{B57C68} / R_{b57} = 0,0389 \text{ A}$$

$$I_{c68} = U_{B57C68} / R_{c68} = 0,0953 \text{ A}$$

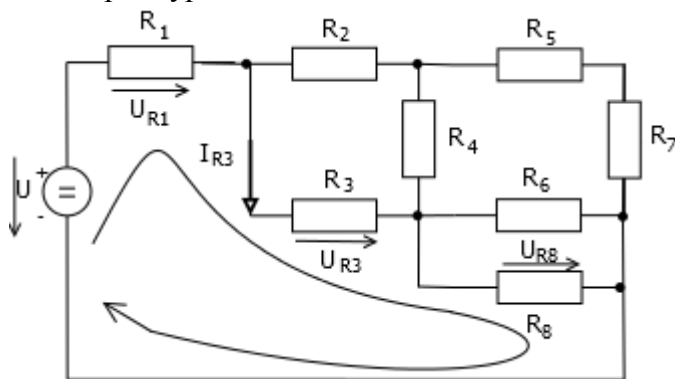
$$U_{Rc68} = I_{c68} \cdot R_{c68} = 28,2215 \text{ V}$$

$$U_{R68} = I_{c68} \cdot R_{68} = 18,1455 \text{ V}$$

$$I_{R8} = U_{R68} / R8 = 0,0726 \text{ A}$$

$$U_{R8} = I_{R8} \cdot R8 = 18,1455 \text{ V}$$

Slučka pre výpočet U_{R3} a následne I_{R3} :



$$U_{R3} = U - U_{R1} - U_{R8}$$

$$U_{R3} = 125 - 68,4053 - 18,1455 = 38,4492 \text{ V}$$

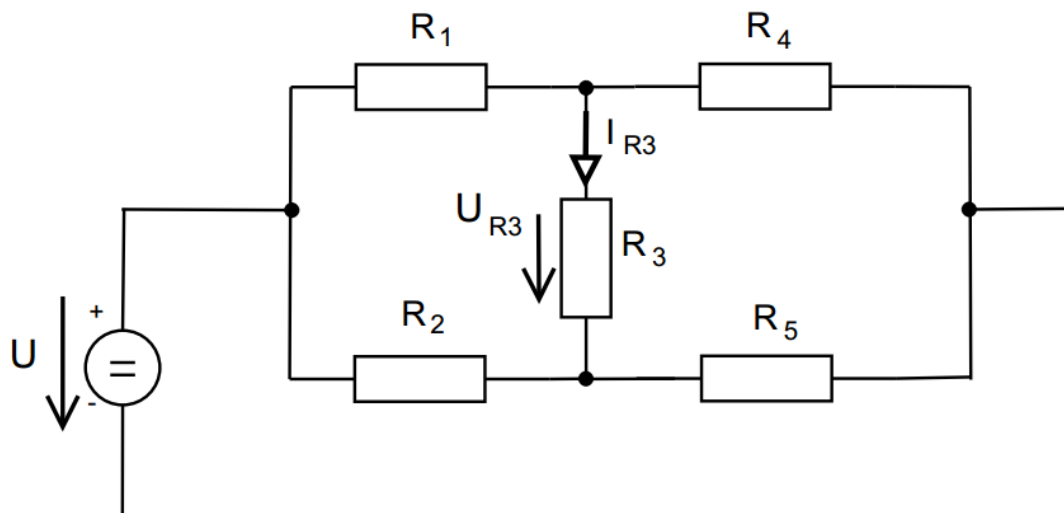
$$I_{R3} = U_{R3} / R3 = 38,4492 / 550 = 0,0699 \text{ A}$$

Napätie U_{R3} je 38,4492 V a prúd I_{R3} je 0,0699 A.

2. Príklad (varianta D)

Zadanie:

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



Hodnoty:

sk.	U [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]
D	150	200	660	200	550	330

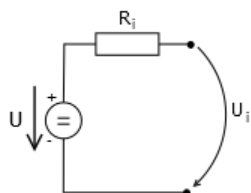
$R_i = ?$

$U_i = ?$

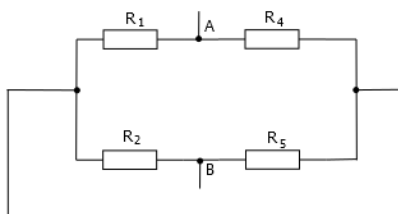
$U_{R3} = ?$

$I_{R3} = ?$

Theveninov teorém – ekvivalentný obvod

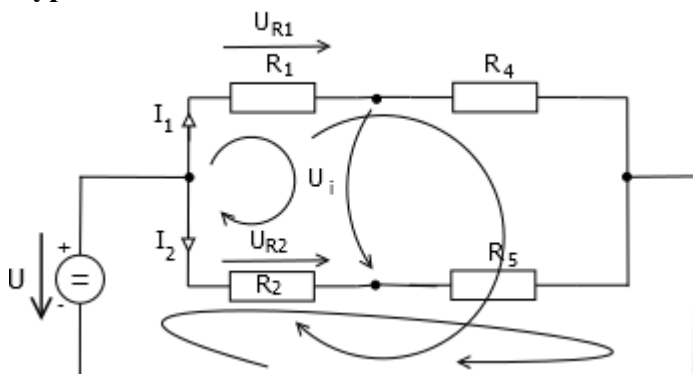


Výpočet R_i



$$R_i = (R_1 * R_4) / (R_1 + R_4) + (R_2 * R_5) / (R_2 + R_5) = 366,6667 \, \Omega$$

Výpočet U_i



$$I_{R14} = U / (R_1 + R_4) = 0,2 \, \text{A}$$

$$I_{R25} = U / (R_2 + R_5) = 0,1515 \, \text{A}$$

$$U_i = R_2 * I_{R25} - R_1 * I_{R14} = 60 \, \text{V}$$

$$I_{R3} = U_i / (R_i + R_3) = 0,1059 \, \text{A}$$

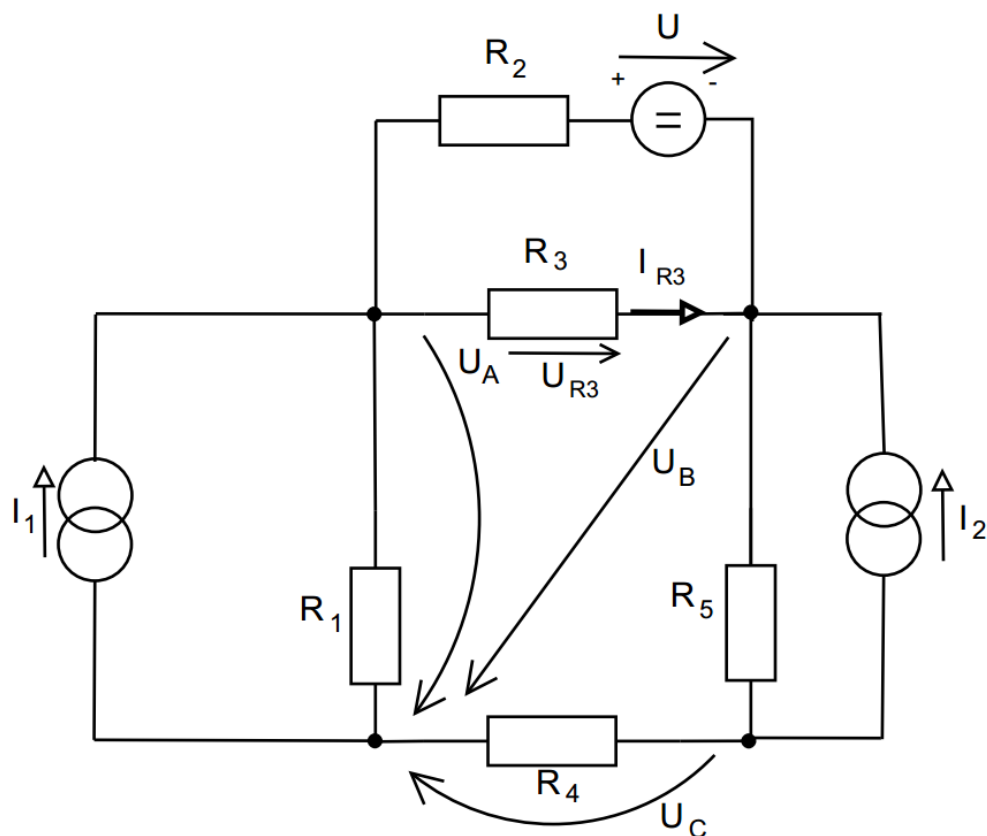
$$U_{R3} = I_{R3} * R_3 = 21,18 \, \text{V}$$

Napätie U_{R3} je 21,18 V a prúd I_{R3} je 0,1059 A.

3. Príklad (varianta A)

Zadanie:

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



Hodnoty:

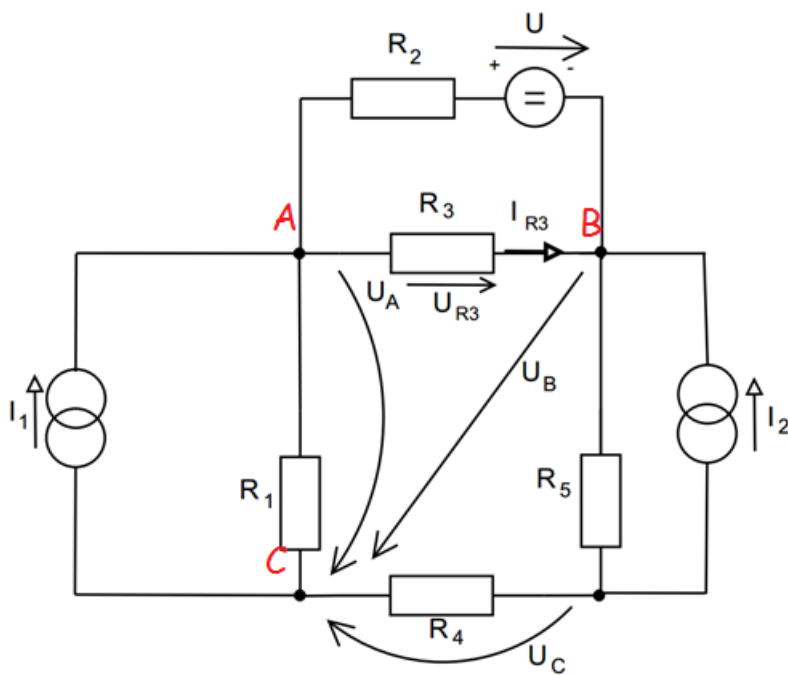
sk.	U [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_3 [Ω]	R_4 [Ω]	R_5 [Ω]
A	120	0.9	0.7	530	490	650	390	320

$U_a = ?$

$U_b = ?$

$U_{r3} = ?$

$I_{r3} = ?$



Rovnice:

$$A: I_1 + I_2 - I_{R1} - I_{R3} = 0$$

$$B: I_{R3} - I_2 + I_2 - I_{R5} = 0$$

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

Vyjadrenie prúdov (na dosadenie do sústavy rovníc -> matica)

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

$$I_{R2} = \frac{U_1 + U_B - U_A}{R_2}$$

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

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

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

Výpočet determinantov

$$\begin{pmatrix} \frac{-R_2.R_3 - R_1.R_3 - R_1.R_2}{R_1.R_2.R_3 + R_2} & \frac{R_3 + R_2}{R_3.R_5 - R_3.R_2} & 0 \\ \frac{-R_2.R_5 - R_3.R_5 - R_3.R_2}{R_2.R_3.R_5} & \frac{1}{R_5} & \frac{-R_4 - R_5}{R_4.R_5} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -I_1 - \frac{U}{R_2} \\ \frac{U}{R_2} - I_2 \end{pmatrix}$$

$$D_s = -35307126400000$$

$$D_a = -14568222614400000$$

$$D_b = -10954129222400000$$

$$U_a = D_a/D_s = 412,6142 \text{ V}$$

$$U_b = D_b/D_s = 310,2526 \text{ V}$$

$$I_{r3} = (U_a - U_b)/R_3 = 0,1575 \text{ A}$$

$$U_{r3} = I_{r3} * R_3 = 102,3616 \text{ V}$$

Napätie U_{r3} je 102,3616 V a prúd I_{r3} je 0,1575 A.

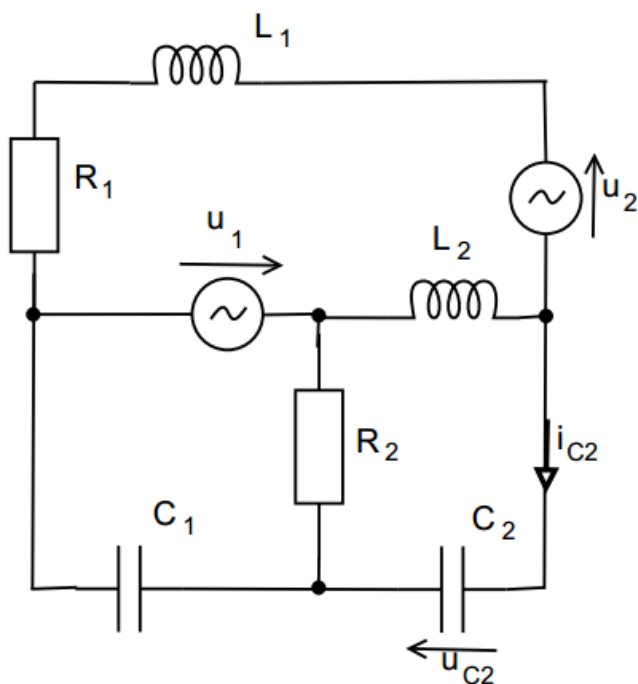
4. Příklad (varianta F)

Zadanie:

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

Ve vztahu pro napětí $u_{C_2} = U_{C_2} \cdot \sin(2\pi ft + \varphi_{C_2})$ určete $|U_{C_2}|$ a φ_{C_2} . Použijte metodu smyčkových proudů.

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



Hodnoty:

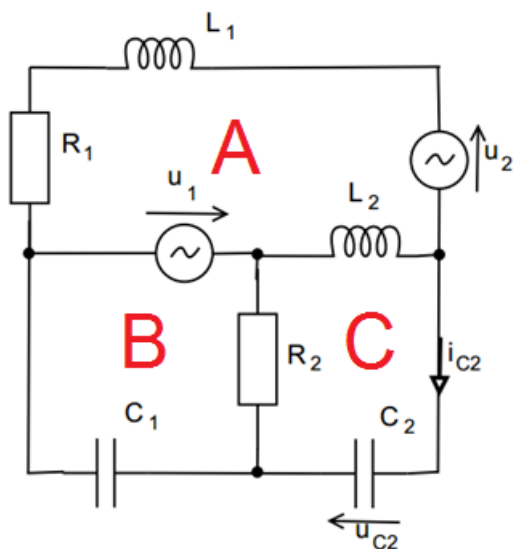
sk.	U_1 [V]	U_2 [V]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	L_1 [mH]	L_2 [mH]	C_1 [μ F]	C_2 [μ F]	f [Hz]
F	20	35	120	100	170	80	150	90	65

$|U_{C_2}| = ?$

$\Phi_{C_2} = ?$

Výpočet uhlového kmitočtu

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 408,407 \text{ r/s}$



Vyjadrenie rovníc

$$u_{L1} + u_{L2} + u_{R1} - u_1 - u_2 = 0$$

$$u_{C1} + u_{R2} + u_1 = 0$$

$$u_{L2} + u_{C2} + u_{R2} = 0$$

$$I_A \cdot j\omega L_1 + (I_A - I_C)j\omega L_2 + I_A R_1 - u_1 - u_2 = 0$$

$$I_B \cdot \frac{1}{j\omega C_1} + (I_B - I_C)R_2 + u_1 = 0$$

$$I_C \cdot \frac{1}{j\omega C_2} + (I_C - I_B)R_2 + (I_C - I_A)j\omega L_2 = 0$$

Vytvorenie matice a výpočet determinatov

$$\begin{pmatrix} R_1 + j\omega(L_1 + L_2) & 0 & -j\omega L_2 \\ 0 & R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1} & -R_2 \\ -j\omega L_2 & -R_2 & R_2 + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_1 + u_2 \\ -u_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} R_1 + j\omega(L_1 + L_2) & 0 & -j\omega L_2 \\ 0 & R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1} & -R_2 \\ -j\omega L_2 & -R_2 & R_2 + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) \end{vmatrix} =$$

$$= (R_1 + j\omega(L_1 + L_2))(R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1})(R_2 + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2})) - (R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1})(-\omega^2 L_2^2) -$$

$$- R_2^2(R_1 + j\omega(L_1 + L_2))$$

120 + j(102,10175)	0	-j(32,67256)
0	100 - j(16,3235857)	-100
-j(32,67256)	-100	100 + j(5,466583826)

$$\mathbf{D} = 228308.2597300001 - 138595.77537197084j$$

$$D_{I_C} = \begin{vmatrix} R_1 + j\omega(L_1 + L_2) & 0 & u_1 + u_2 \\ 0 & R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1} & -u_1 \\ -j\omega L_2 & -R_2 & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= -(u_1 + u_2)(R_2 - j \cdot \frac{1}{\omega C_1})(-j\omega L_2) - (-u_1)(-R_2)(R_1 + j\omega(L_1 + L_2)) =$$

120 + j(102,10175)	0	55
0	100 - j(16,3235857)	-20
-j(32,67256)	-100	0

$$\mathbf{DI_c} = -210666.7847645 - 24504.700000000001j$$

$$I_c = \mathbf{DI_c} / D = -0.626644566576069 - 0.4877396451575276j$$

$$U_{c2} = X_{c2} * I_c = -13.2683 + 17.04722j$$

Výsledky

$$|U_{c2}| = \sqrt{(-13.2683) * (-13.2683) + (17.04722) * (17.04722)} = 21,6026 \text{ V}$$

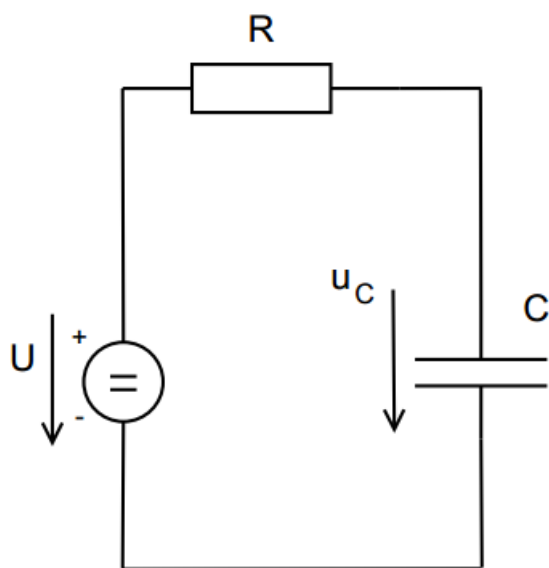
$$\Phi_{c2} = \pi - \arctg\left(\frac{17.04722}{13.2683}\right) = \pi - 0.90942568131 \text{ rad} = 2,2321669723 \text{ rad}$$

Amplitúda U_{c2} je 21,6026 V a uhol Φ_{c2} je 2,2321 radiánov.

5. Príklad (varianta D)

Zadanie:

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



Hodnoty:

sk.	U [V]	C [F]	R [Ω]	$u_C(0)$ [V]
D	14	25	30	6

Diferenciálna rovnica = ?

$K = ?$

Axióm: $u_C' = 1/C * I_C$

$u_R + u_C - U = 0$

$I_C = (U - u_C)/R$

$u_C' = (1/C) * ((U - u_C)/R)$

Obecný/konkrétny tvar diferenciálnej rovnice

$$C * R * u_c' + u_c = U$$

$$25 * 30 * u_c' + u_c = 14$$

$$750u_c' + u_c = 14 \quad - \text{charakteristická rovnica}$$

$$750\lambda + 1 = 14$$

$$\lambda = - (1/750) \quad - \text{vyjadrenie lambdy}$$

Očakávaný tvar riešenia

$$u_c(t) = c(t) * e^{\lambda * t}$$

$$u_c(t) = c(t) * e^{- (1/750) * t}$$

Dosadenie do charakteristickej rovnice

$$u_c'(t) = c'(t) * e^{- (1/750) * t} + c(t) * e^{- (1/750) * t} * - (1/750)$$

$$750 * c'(t) * e^{- (1/750) * t} + c(t) * e^{- (1/750) * t} * - (1/750) + c(t) * e^{- (1/750) * t} = 14$$

$$750 * c'(t) * e^{- (1/750) * t} = 14$$

$$c'(t) = (14/750) * e^{((1/750) * t)}$$

Integrovanie

$$c(t) = (14/750) * e^{((1/750) * t)} * (1 / (1/750))$$

$$c(t) = 14 * e^{((1/750) * t)} + K \quad (K = \text{integračná konštanta})$$

$$u_c(t) = (14 * e^{((1/750) * t)} + K) * e^{- (1/750) * t}$$

$$u_c(t) = 14 + K * e^{- (1/750) * t}$$

Dosadenie u_c v čase 0, výpočet integračnej konštanty:

$$u_c(0) = 14 + K * e^{- (1/750) * 0}$$

$$6 = 14 + K$$

$$K = -8$$

Výsledná diferenciálna rovnica:

$$u_c = 14 - 8 * e^{- (1/750) * t}$$

Skúška

$$750uc' + uc = 14$$

$$0 + 8 * e^{-(1/750) * t} + 14 - 8 * e^{-(1/750) * t} = 14$$

$$14 = 14$$

$$0 = 0 \quad - \text{diferenciálna rovnica je správna}$$

Diferenciálna rovnica popisujúca chovanie obvodu je $uc = 14 - 8 * e^{-(1/750) * t}$.

Výsledky

Príklad	Varianta	Výsledky	
1.	F	$I_{r3} = 0,0699 \text{ A}$	$U_{r3} = 38,4492 \text{ V}$
2.	D	$I_{r3} = 0,1059 \text{ A}$	$U_{r3} = 21,1800 \text{ V}$
3.	A	$I_{r3} = 0,1575 \text{ A}$	$U_{r3} = 102,3616 \text{ V}$
4.	F	$U_{c2} = 21,6026 \text{ V}$	$\Phi_{c2} = 2,2321 \text{ rad}$
5.	D	$u_c = 14 - 8 * e^{(- (1/750) * t)}$	