

Міністерство освіти та науки України

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

Розрахункова графічна робота №2

З дисципліни «Додаткові розділи теорії електричних та магнітних кіл»

Виконав:

студент 2 курсу ФІОТ

групи ІВ-71

Мазан Я. В.

Залікова – 7109

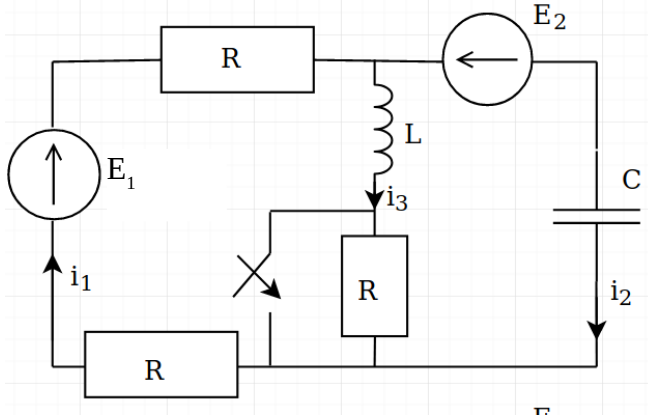
Варіант – 309

Перевірив:

асистент

Лободзинський В. Ю.

Схема для завдання та початкові дані:



$$E_1 = 100 \text{ В}$$

$$E_2 = 80 \text{ В}$$

$$R = 50 \text{ Ом}$$

$$L = 0,13 \text{ Гн}$$

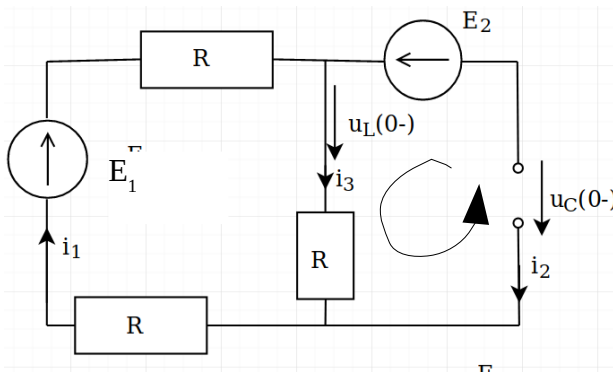
$$C = 110 \text{ мкФ}$$

Пошук незалежних початкових умов (НПУ) ($t = 0-$):

Так як у нас постійні джерела напруги, то $\omega = 0 \Rightarrow \begin{cases} X_L = \omega L = 0 \\ X_C = \frac{1}{\omega C} = \infty \end{cases}$

(малюємо котушку індуктивності як з'єднання в електричному колі, а конденсатор — як розрив)

Схема до комутації:



$$i_2 = 0 \text{ А}$$

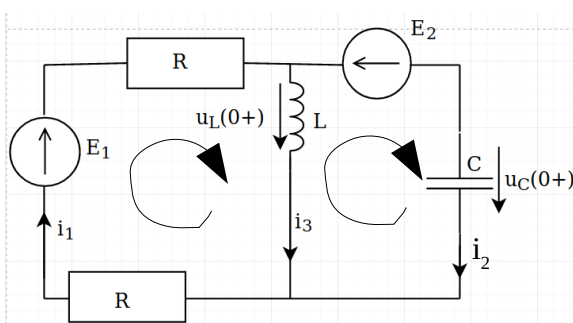
$$i_1(0-) = i_3(0-) = \frac{E_1}{3R} = 0.667 \text{ А}$$

$$u_L(0-) = 0 \text{ В}$$

$$u_L(0-) + i_3 R - u_C(0-) = E_2$$

$$u_C(0-) = u_L(0-) + i_3(0-)R - E_2 = 0 + \frac{2}{3} \times 50 - 80 = -46.667 \text{ В}$$

Пошук залежних початкових умов (ЗПУ) ($t = 0+$):



$$\begin{cases} 2Ri_1(0+) + u_L(0+) = E_1 \\ u_C(0+) - u_L(0+) = -E_2 \\ i_3(0+) + i_2(0+) - i_1(0+) = 0 \end{cases}$$

За законами комутації маємо:

$$i_3(0+) = i_3(0-) = 0.667 \text{ А}$$

$$u_C(0+) = u_C(0-) = -46.667 \text{ В}$$

Підставляємо початкові дані:

$$\begin{cases} 100 i_1(0+) + u_L(0+) = 100 \\ -46.667 - u_L(0+) = -80 \\ 0.667 + i_2(0+) - i_1(0+) = 0 \end{cases}$$

Розв'язавши СЛАР отримуємо:

$$\begin{cases} i_1(0+) = 0.667 \text{ A} \\ i_2(0+) = 0 \text{ A} \\ u_L(0+) = 33.333 \text{ B} \end{cases}$$

Диференціювання СЛАР при $t = 0+$:

$$\begin{cases} 2R \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} + \frac{du_L}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{dE_1}{dt} \Big|_{t=0} = 0 \\ \frac{du_C}{dt} \Big|_{t=0} - \frac{du_L}{dt} \Big|_{t=0} = -\frac{dE_2}{dt} \Big|_{t=0} = 0 \\ \frac{di_3}{dt} \Big|_{t=0} + \frac{di_2}{dt} \Big|_{t=0} - \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} = 0 \end{cases} ; \text{Визначимо}$$

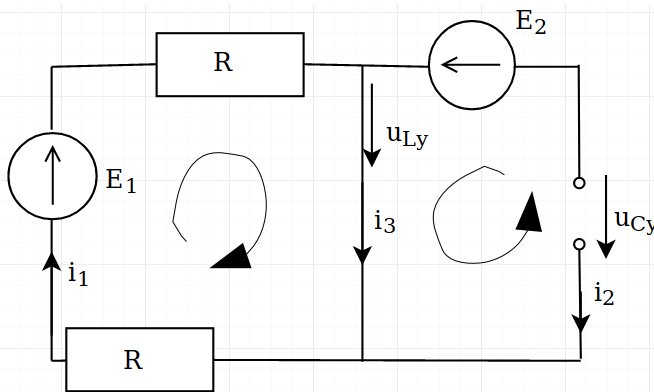
$$i_3' = \frac{di_3}{dt} = \frac{u_L(0+)}{L} = \frac{33.333}{0.13} = 256.408 \text{ A/c}$$

$$u_C' = \frac{du_C}{dt} = \frac{i_2(0+)}{C} = \frac{0}{110 \cdot 10^{-6}} = 0 \text{ B/c}$$

Тоді отримуємо

$$\begin{cases} 100 i_1' + u_L' = 0 \\ 0 - u_L' = 0 \\ 256.408 + i_2' - i_1' = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} i_1' = 0 \text{ A/c} \\ i_2' = -256.408 \text{ A/c} \\ u_L' = 0 \text{ B/c} \end{cases}$$

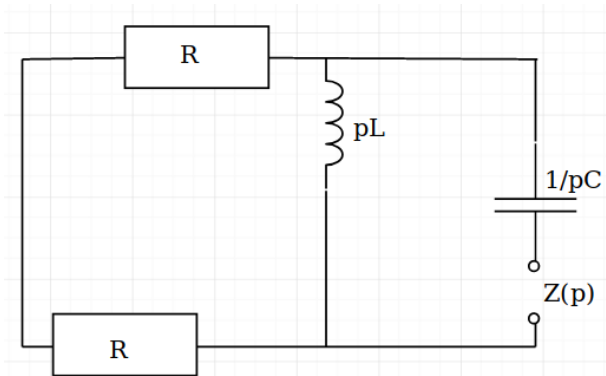
Усталений режим ($t = \infty$):



$$\begin{cases} -u_{Cy} = E_2 \\ 2R i_{1y} = E_1 \\ i_{3y} + i_{2y} - i_{1y} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} i_{2y} &= 0 \text{ A} \\ u_{Ly} &= 0 \text{ B} \\ u_{Cy} &= -E_2 = -80 \text{ B} \\ i_{1y} = i_{3y} &= \frac{E_1}{2R} = 1 \text{ A} \end{aligned}$$

Характеристичне рівняння:



$$Z(p) = \frac{1}{pC} + \frac{2pRL}{pL + 2R} = 0$$

$$\frac{2p^2RLC + 2R + pL}{pL + 2R} = 0$$

$$2p^2RLC + 2R + pL = 0$$

$$2 \cdot 50 \cdot 0.13 \cdot 110 \cdot 10^{-6} p^2 + 0.13 p + 100 = 0$$

$$1.43 \times 10^{-3} p^2 + 0.13 p + 100 = 0$$

$p = -45.455 \pm 260.507 j = -\delta \pm \omega j$ - корені комплексні спряжені \rightarrow маємо коливальний

перехідний процес

$$-\delta = -45.455$$

$$\omega = 260.507$$

Запис повних розв'язків шуканих величин:

$$i_1(t) = i_{1y} + A_1 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \gamma_1)$$

$$i_2(t) = i_{2y} + A_2 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \gamma_2)$$

$$i_3(t) = i_{3y} + A_3 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \gamma_3)$$

$$u_L(t) = u_{Ly} + B_1 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \psi_1)$$

$$u_C(t) = u_{Cy} + B_2 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \psi_2)$$

Шукаємо постійні інтегрування A_i , B_i , γ_i , ψ_i підставивши ПУ при $t = 0+$:

$$i_1: \begin{cases} i_1(0+) = i_{1y} + A_1 \sin \gamma_1 \\ \left. \frac{di_1}{dt} \right|_{t=0} = -\delta A_1 \sin \gamma_1 + \omega A_1 \cos \gamma_1 \end{cases} \begin{cases} 0.667 = 1 + A_1 \sin \gamma_1 \\ 0 = -45.455 A_1 \sin \gamma_1 + 260.507 A_1 \cos \gamma_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_1 \sin \gamma_1 = -0.333 \\ -45.455 \times (-0.333) + 260.507 A_1 \cos \gamma_1 = 0 \end{cases} \begin{cases} A_1 \sin \gamma_1 = -0.333 \\ A_1 \cos \gamma_1 = 0.058 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{tg } \gamma_2 = 5.741 \\ (1 \text{ або } 3 \end{matrix}$$

чверть) $\gamma_2 = 80.119^\circ$

$$\begin{cases} \gamma_1 = 80.119^\circ \\ A_1 = \frac{-0.333}{\sin 80.119^\circ} = -0.338 \end{cases}$$

$$i_2: \begin{cases} i_2(0+) = i_{2y} + A_2 \sin \gamma_2 \\ \left. \frac{di_2}{dt} \right|_{t=0} = -\delta A_2 \sin \gamma_2 + \omega A_2 \cos \gamma_2 \end{cases} \begin{cases} 0 = 0 + A_2 \sin \gamma_2 \\ -256.408 = -45.455 A_2 \sin \gamma_2 + 260.507 A_2 \cos \gamma_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_2 \sin \gamma_2 = 0 \\ -45.455 \times 0 + 260.507 A_2 \cos \gamma_2 = -256.408 \end{cases} \begin{cases} A_2 \sin \gamma_2 = 0 \\ A_2 \cos \gamma_2 = -0.984 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{tg } \gamma_2 = 0 \\ \gamma_2 = 0^\circ \end{matrix}$$

$$\begin{cases} A_2 \sin \gamma_2 = 0^\circ \\ A_2 \cos 0^\circ = -0.984 \end{cases} \begin{cases} \gamma_2 = 0^\circ \\ A_2 = -0.984 \end{cases}$$

$$i_3: \begin{cases} i_3(0+) = i_{3y} + A_3 \sin \gamma_3 \\ \left. \frac{di_3}{dt} \right|_{t=0} = -\delta A_3 \sin \gamma_3 + \omega A_3 \cos \gamma_3 \end{cases} \begin{cases} 0.667 = 1 + A_3 \sin \gamma_3 \\ 256.408 = -45.455 A_3 \sin \gamma_3 + 260.507 A_3 \cos \gamma_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_3 \sin \gamma_3 = -0.333 \\ -45.455 \times (-0.333) + 260.507 A_3 \cos \gamma_3 = 256.408 \end{cases} \begin{cases} A_3 \sin \gamma_3 = -0.333 \\ A_3 \cos \gamma_3 = \frac{256.408}{260.507} = 0.926 \end{cases}$$

$\text{tg } \gamma_3 = -0.360$ (2 або 4 чверть) $\gamma_3 = -19.78^\circ + 180^\circ = 160.22^\circ$

$$\begin{cases} \gamma_3 = 160.22^\circ \\ A_3 \sin(160.22^\circ) = -0.333 \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_3 = 160.22^\circ \\ A_3 = \frac{-0.333}{\sin(160.22^\circ)} = 0.984 \end{cases}$$

$$u_L: \begin{cases} u_L(0+) = u_{Ly} + B_1 \sin \psi_1 \\ \left. \frac{du_L}{dt} \right|_{t=0} = -\delta B_1 \sin \psi_1 + \omega B_1 \cos \psi_1 \end{cases} \quad \begin{cases} 33.333 = 0 + B_1 \sin \psi_1 \\ 0 = -45.455 B_1 \sin \psi_1 + 260.507 B_1 \cos \psi_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} B_1 \sin \psi_1 = 33.333 \\ -45.455 \times 33.333 + 260.507 B_1 \cos \psi_1 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} B_1 \sin \psi_1 = 33.333 \\ B_1 \cos \psi_1 = 5.816 \end{cases} \quad \text{tg } \psi_1 = 5.731 \quad (1 \text{ або } 3 \text{ чверть})$$

$$\psi_1 = 80.102^\circ$$

$$\begin{cases} \psi_L = 80.102^\circ \\ B_1 = \frac{33.333}{\sin 80.102^\circ} = 33.837 \end{cases}$$

$$u_C: \begin{cases} u_C(0+) = u_{Cy} + B_2 \sin \psi_2 \\ \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} = -\delta B_2 \sin \psi_2 + \omega B_2 \cos \psi_2 \end{cases} \quad \begin{cases} -46.667 = -80 + B_2 \sin \psi_2 \\ 0 = -45.455 B_2 \sin \psi_2 + 260.507 B_2 \cos \psi_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} B_2 \sin \psi_2 = 33.333 \\ -45.455 \times 33.333 + 260.507 B_2 \cos \psi_2 = 0 \end{cases} \quad \text{Маємо аналогічно} \quad \begin{cases} \psi_C = 80.102^\circ \\ B_2 = 33.837 \end{cases}$$

Тепер кінцеві рівняння матимуть вигляд

$$i_1(t) = 1 - 0.338 e^{-45.455t} \sin(260.507t + 80.119^\circ)$$

$$i_2(t) = -0.984 e^{-45.455t} \sin 260.507t$$

$$i_3(t) = 1 + 0.984 e^{-45.455t} \sin(260.507t + 160.22^\circ)$$

$$u_L(t) = 33.837 e^{-45.455t} \sin(260.507t + 80.102^\circ)$$

$$u_C(t) = -80 + 33.837 e^{-45.455t} \sin(260.507t + 80.102^\circ)$$

$$-\delta = -45.455$$

$$\omega = 260.507$$

Таблиці значень:

$$\tau = \left| \frac{1}{\delta} \right| = 0.022 \text{ с} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.024 \text{ с}$$

Буду брати час перехідного процесу $\sim 4\tau$

T, c	0	$\tau/4$	$\tau/2$	$3\tau/4$	τ	$5\tau/4$	$3\tau/2$	$7\tau/4$	2τ	$9\tau/4$	$5\tau/2$	$11\tau/4$	3τ	$13\tau/4$	$7\tau/2$	$15\tau/4$	4τ
i_{1y}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
i_{1a}	-0.333	-0.080	0.185	0.088	-0.093	-0.074	0.041	0.053	-0.013	-0.035	0.001	0.021	0.004	-0.012	-0.005	0.006	0.004
i_1	0.667	0.920	1.185	1.088	0.907	0.926	1.041	1.053	0.987	0.965	1.001	1.021	1.004	0.988	0.995	1.006	1.004

T, c	0	$\tau/4$	$\tau/2$	$3\tau/4$	τ	$5\tau/4$	$3\tau/2$	$7\tau/4$	2τ	$9\tau/4$	$5\tau/2$	$11\tau/4$	3τ	$13\tau/4$	$7\tau/2$	$15\tau/4$	4τ
i_{2y}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i_{2a}	0.000	-0.759	-0.163	0.426	0.190	-0.217	-0.162	0.097	0.119	-0.033	-0.079	0.003	0.049	0.008	-0.028	-0.011	0.014

i_2	0.000	-0.759	-0.163	0.426	0.190	-0.217	-0.162	0.097	0.119	-0.033	-0.079	0.003	0.049	0.008	-0.028	-0.011	0.014
-------	-------	--------	--------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	-------	--------	--------	-------

T, c	0	$\tau/4$	$\tau/2$	$3\tau/4$	τ	$5\tau/4$	$3\tau/2$	$7\tau/4$	2τ	$9\tau/4$	$5\tau/2$	$11\tau/4$	3τ	$13\tau/4$	$7\tau/2$	$15\tau/4$	4τ
i_{3y}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
i_{3a}	-0.324	0.682	0.343	-0.340	-0.281	0.146	0.202	-0.045	-0.132	-0.001	0.080	0.018	-0.045	-0.020	0.023	0.017	-0.010
i_3	0.676	1.682	1.343	0.660	0.719	1.146	1.202	0.955	0.868	0.999	1.080	1.018	0.955	0.980	1.023	1.017	0.990

T, c	0	$\tau/4$	$\tau/2$	$3\tau/4$	τ	$5\tau/4$	$3\tau/2$	$7\tau/4$	2τ	$9\tau/4$	$5\tau/2$	$11\tau/4$	3τ	$13\tau/4$	$7\tau/2$	$15\tau/4$	4τ
u_{Ly}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
u_{Lb}	33.333	8.058	-18.491	-8.850	9.319	7.364	-4.074	-5.340	1.327	3.523	-0.050	-2.148	-0.430	1.210	0.520	-0.623	-0.449
u_L	33.333	8.058	-18.491	-8.850	9.319	7.364	-4.074	-5.340	1.327	3.523	-0.050	-2.148	-0.430	1.210	0.520	-0.623	-0.449

T, c	0	$\tau/4$	$\tau/2$	$3\tau/4$	τ	$5\tau/4$	$3\tau/2$	$7\tau/4$	2τ	$9\tau/4$	$5\tau/2$	$11\tau/4$	3τ	$13\tau/4$	$7\tau/2$	$15\tau/4$	4τ
u_{Cy}	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
u_{Cb}	33.333	8.058	-18.491	-8.850	9.319	7.364	-4.074	-5.340	1.327	3.523	-0.050	-2.148	-0.430	1.210	0.520	-0.623	-0.449
u_C	-46.667	-71.942	-98.491	-88.850	-70.681	-72.636	-84.074	-85.340	-78.673	-76.477	-80.050	-82.148	-80.430	-78.790	-79.480	-80.623	-80.449

Графіки: