Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Новосибирский государственный технический университет

Кафедра ТЭВН

Лабораторная работа № 1

Исследование переходных процессов в цепях с сосредоточенными параметрами

Вариант 27

Факультет: ФЭН

Группа: Эн1-22

Студент: Кашталапов И.С.

Преподаватель: Цуркан Н.В.

Отметка о защите:

Новосибирск, 2025 г.

Цель работы

Исследовать переходные процессы в цепях с сосредоточенными параметрами

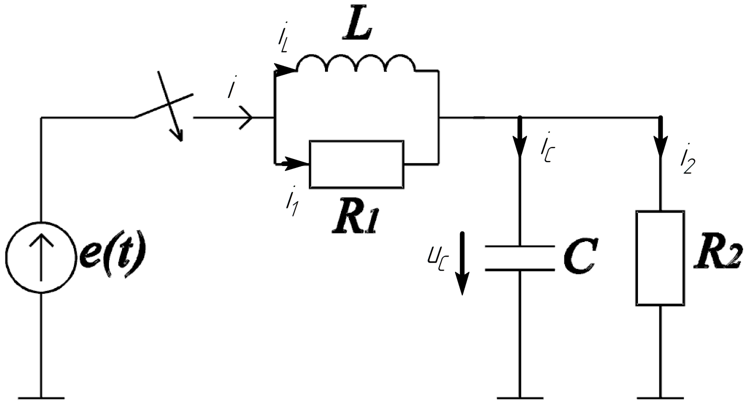


Рис. 1 - Схема заданной цепи

Исходные данные

L, Гн	C, мкФ	Характер процесса
1	1.0	Колебательный

Система уравнений, описывающих заданную цепь

$i_L + i_1 - i_C - i_2 = 0; \quad i_C = i_L + i_1 - i_2$

$i_1 R_1 + u_c = e; \quad i_1 = \frac{e - u_c}{R_1}$

$i_2 = \frac{u_C}{R_2}$

$\frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C} i_C$

$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} i_1 R1$

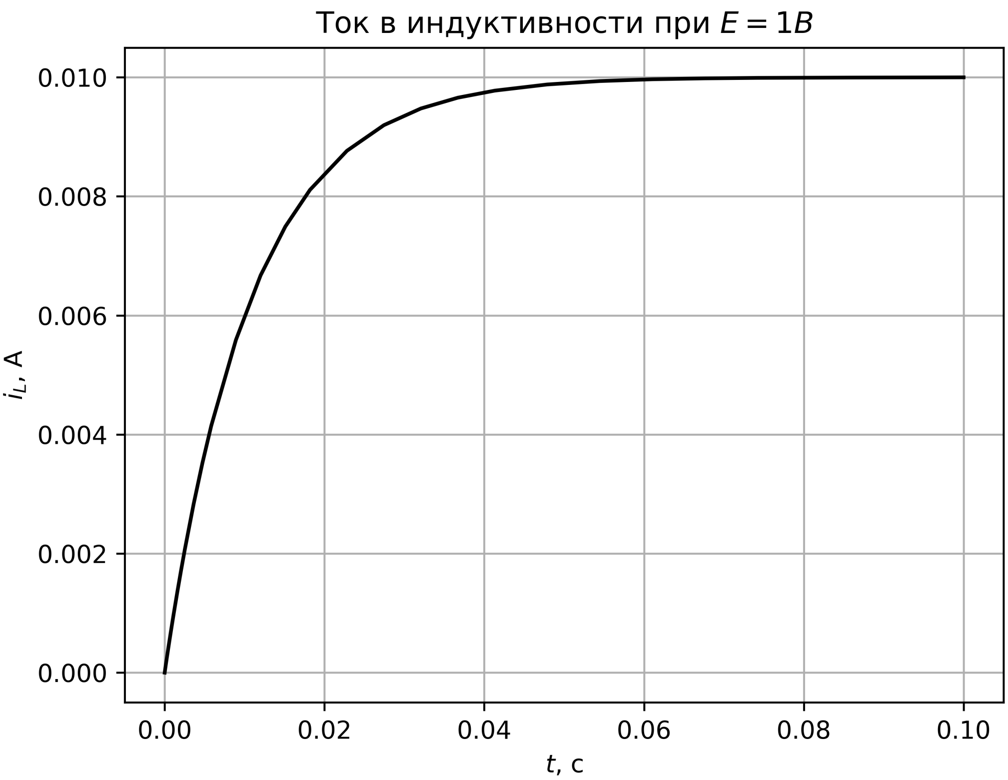
Подставим значения i_1 и i_C, выраженные через i_L и u_C, в выражения в форме Коши

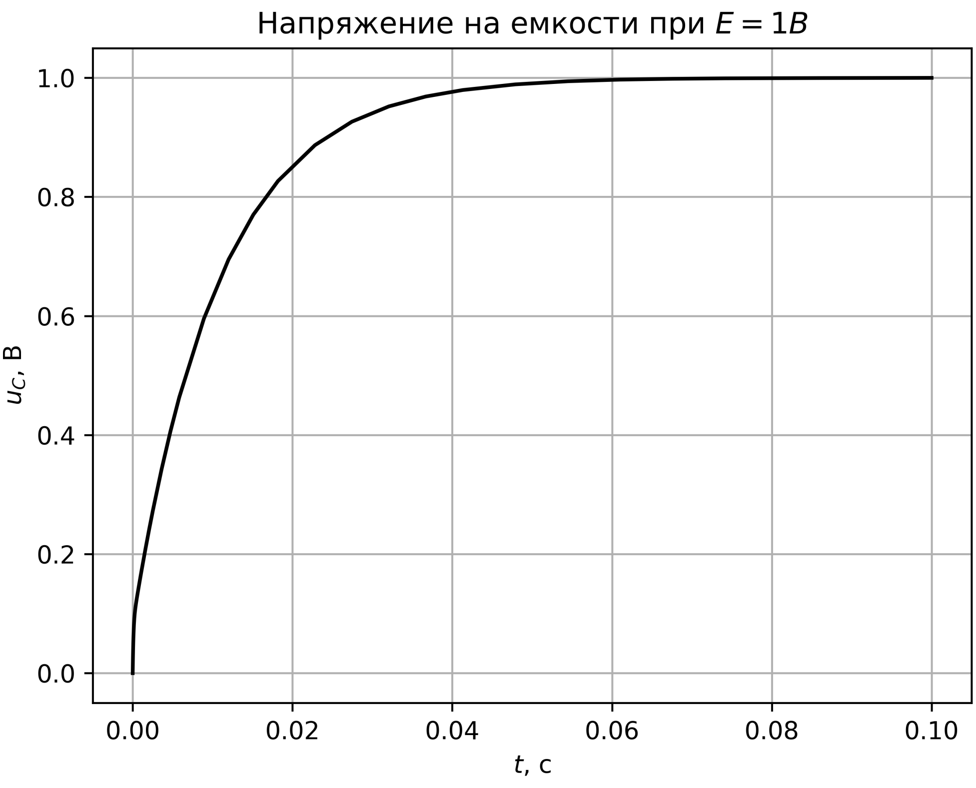
$\frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C}\left[i_L + \frac{e - u_c}{R_1} - \frac{u_c}{R_2}\right]$

$\frac{di_L}{dt} = e - u_C$

Расчет переходного процесса по полученным выражениям произведен в среде Python с использованием функции solve_ivp библиотеки scipy.integrate. Вывод графиков осуществлен средствами библиотеки matplotlib.pyplot

Результат расчета при постоянной ЭДС E = 1 В





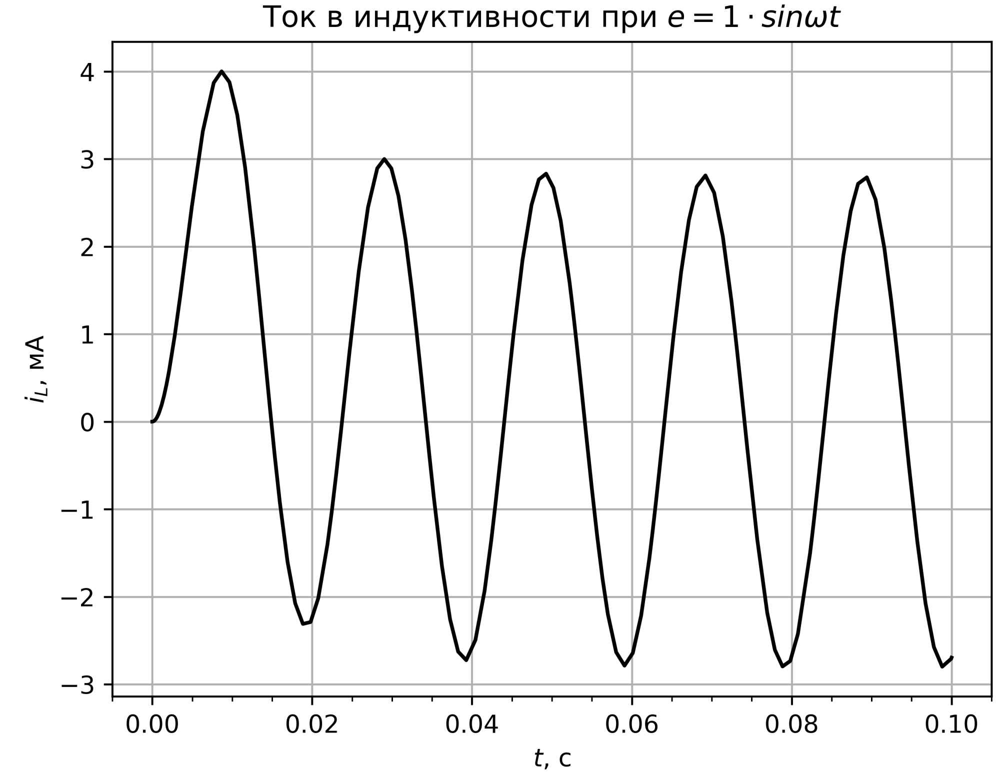
Установившиеся значения тока и напряжения:
$u_{C\,уст} = 1.000$ В
$i_{L\,уст} = 10.00$ мА

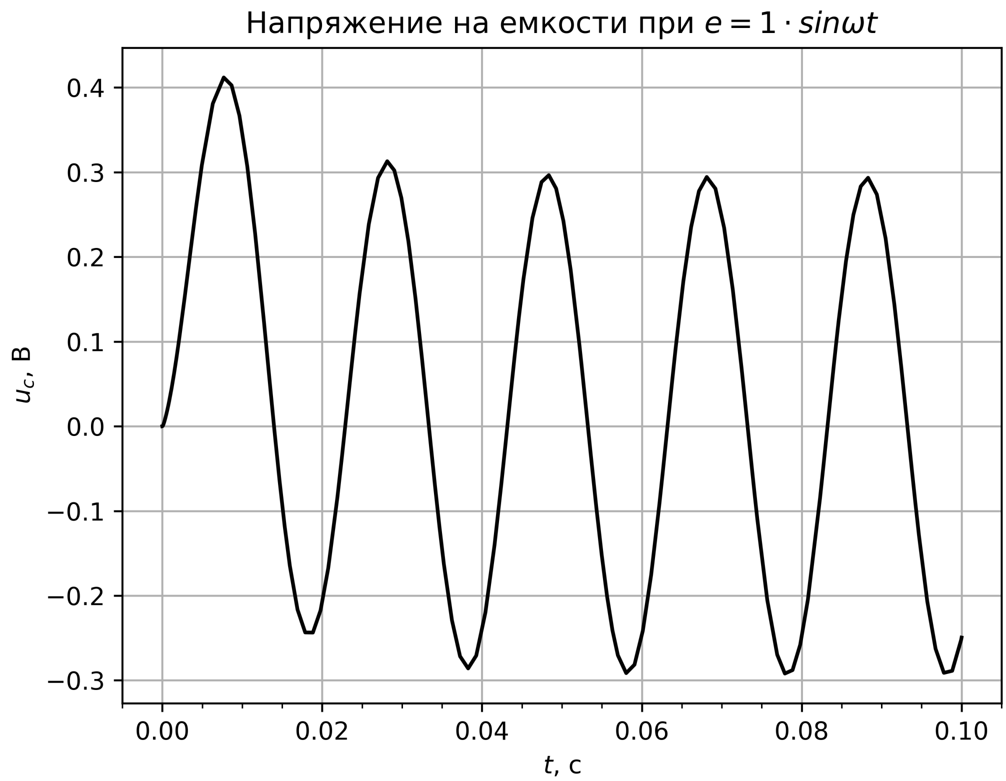
Максимальные значения тока и напряжения:

$u_{C\,max} = 1.000$ В
$i_{L\,max} = 10.0$ мА

Результат расчета при переменной ЭДС

$e(t) = sin(\omega t)$





Амплитудные значения установившихся тока и напряжения:

$u_{C\,уст} = 0.3$ В
$i_{L\,уст} = 2.7$ мА

Максимальные значения тока и напряжения:

$u_{C\,max} = 0.4$ В
$i_{L\,max} = 4.00$ мА

Ручной расчет

Колпаланов Эн1-22

Вариант 27

2. $z_{вх} = \frac{x_c r_2}{x_c + r_2} + \frac{x_L r_1}{x_L + r_1}$; $C = 1$ мкФ; $L = 1$ Гн

~~$z_{вх} = \omega L r_2$~~ ~~$z_{вх}(p) = \frac{p/C\, r_2}{}$~~

$z_{вх}(p) = \frac{1/(pC)\, r_2}{1/(pC) + r_2} \, (pL + r_1) + \frac{pL r_1}{pL + r_1} \, (1/pC + r_2) = 0$

$$\frac{\frac{r_2(pL + r_1)}{pC} + \frac{pLr_1\left(\frac{1}{pC} + r_2\right)}{(pL + r_1)(1/(pC) + r_2)}}{(1/(pC) + r_2)(pL_1 + r_1)} = 0$$

$\frac{r_2 pL}{pC} + \frac{r_2 r_1}{pC} + \frac{pLr_1}{pC} + \frac{pLr_1r_2}{C} = 0 \,|\cdot p$

$p^2(Lr_1r_2) + p\left(\frac{r_2 L}{C} + \frac{L r_1}{C}\right) + \frac{r_2 r_1}{C} = 0 \,|: L r_1 r_2$

$p^2 + p\left(\frac{\frac{L}{C}(r_2 + r_1)}{L r_1 r_2}\right) + \frac{r_2 r_1}{C L r_1 r_2} = 0$ $\quad C = [Ф] = [\frac{c}{Ом}]$

$L = [Гн] = [Ом \cdot c]$

$p^2 + p\,\frac{r_2 + r_1}{C r_1 r_2} + \frac{1}{CL} = 0$

$p^2 + 2\delta + \beta^2 = 0$; δ

$2\delta = \frac{r_2 + r_1}{C r_1 r_2}$; $\delta = \frac{r_2 + r_1}{2C r_1 r_2}$; $\beta = \sqrt{\frac{1}{CL}}$

$\delta \le \beta$ при колебательном процессе $\quad r \ge L$

$\frac{r_2 + r_1}{C r_1 r_2} \le \frac{1}{CL}$; $\frac{2r}{2Cr^2} = \frac{1}{CL}$; $\frac{1}{Cr} = \frac{1}{CL}$; $\frac{1}{r} \le \frac{1}{L}$; b

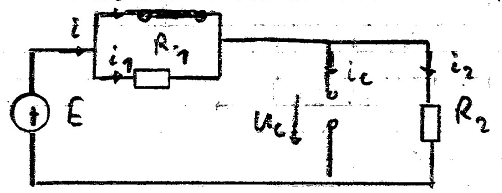
3. ~~R~~ $r_1 = r_2 = 1000$ Ом; $r_2 = 100$ Ом

$\beta = \sqrt{\frac{1}{10^{-6}}} = 10^3$; $\delta = \frac{200}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4} = 1$; $\omega_0 = \sqrt{\beta^2 - \delta^2}$

$\omega_0 = \sqrt{10^{-6} - 1} \approx 10^3$

4. $E = 1$В, $I_{уст} = I_L = I_2 = \frac{E}{R_2} = 0{,}01$А

$U_{уст} = U_C = E = 1$В



При постоянной ЭДС E = 1 В

$U_{пер} = \sqrt{(u_{вын}(0) - u_0)^2 + Z^2(i_{вын}(0) - i_0)^2}$

$I_{пер} = \sqrt{(u_{вын}(0) - u_0)^2/Z^2 + (i_{вын}(0) - i_0)^2}$

где $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - характеристическое сопротивление контура; $\quad Z = 1000.0$

$U_{пер} = \sqrt{(1.00 - 0)^2 + 1000^2 \cdot (0.0100 - 0)^2} = 10.05$ В

$I_{пер} = \sqrt{(1.00 - 0)^2 / 1000^2 + (0.0100 - 0)^2} = 0.0029$ А

$tan\phi_п = -\frac{z(i_{вын}(0) - i0)}{u_{вын}(0) - u0} = 10.000$

$t^u_{max} = \frac{\pi - \phi_п}{\omega_0} = 4.61$ мс

$t^i_{max} = \frac{\pi/2 - \phi_п}{\omega_0} = 3.0$ мс

$K^u_{уд} = e^{-\delta * t^u_m ax} + 1 = 2.000$

$K^i_{уд} = e^{-\delta * t^i_m ax} + 1 = 2.000$

При переменной ЭДС

$e(t) = sin(\omega t)$

$U_{пер} = \sqrt{(0.29 - 0)^2 + 1000^2 \cdot (0.0028 - 0)^2} = 2.81$ В

$I_{пер} = \sqrt{(0.16 - 0.25j - 0)^2 / 1000^2 + (0.0008 - 0.0027j - 0)^2} = 0.0029$ А

$i_{вын} = \frac{e}{Z}$

$Z = \frac{x_c R_2}{x_c + R_2} + \frac{x_L R1}{x_L + R_1}; Z = 340.5\angle 0.0$ Ом

$i_{вын} = \frac{(1 + 0j)}{189.7 + 282.8j} = 2.9\angle - 0.0$ мА

$i_{L\,вын} = i_{вын} \frac{R_1}{x_l + R_1} = 2.80\angle - 0.0$ мА

$i_{1\,вын} = i_{вын} - i_{L\,вын} = 0.84 + 0.25j$ мА

$U_{C\,вын} = E - i_{1\,вын} R_1 = 0.156 - 0.249j$ В

$tan\phi_п = -\frac{z(i_{вын}(0) - i0)}{u_{вын}(0) - u0} = 9.545$

$t^u_{max} = \frac{\pi - \phi_п}{\omega_0} = 4.61$ мс

$t^i_{max} = \frac{\pi/2 - \phi_п}{\omega_0} = 3.0$ мс

$K^u_{уд} = e^{-\delta t^u_{max}} + 1 = 2.000$

$K^i_{уд} = e^{-\delta t^i_{max}} + 1 = 2.000$

Вывод: в результате работы выполнено моделирование переходного процесса в заданной схеме электрической цепи. Результат моделирования проверен ручным счетом.