

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

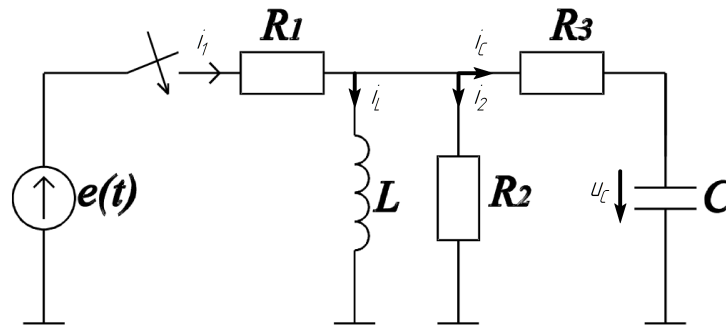


Рис. 1 - Схема заданной цепи

Исходные данные

L , Гн	C , мкФ	Характер процесса
1	1.0	Колебательный

Система уравнений, описывающих заданную цепь

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

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

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

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

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} i_1 R_1$$

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:

$$u_{C \text{ уст}} = -3.9 \text{ мВ}$$

$$i_{L \text{ уст}} = -0.63 \text{ мА}$$

Максимальные значения тока и напряжения:

$$u_{C \text{ max}} = 507.0 \text{ мВ}$$

$$i_{L \text{ max}} = 3.1 \text{ мА}$$

Результат расчета при переменной ЭДС

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

Максимальные значения тока и напряжения:

$$u_{C \text{ max}} = 507.0 \text{ мВ}$$

$$i_{L \text{ max}} = 3.11 \text{ мА}$$

Ручной расчет

При постоянной ЭДС $E = 1 \text{ В}$

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

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

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

$$U_{\text{пер}} = \sqrt{((0.5122889085856576 - 0.085668646357977j) - 0)^2 + 1000^2 \cdot ((0.0002726917707172707 - 0.0002726917707172707j) - 0)^2}$$

$$I_{\text{пер}} = \sqrt{((0.5122889085856576 - 0.085668646357977j) - 0)^2/1000^2 + ((0.0002726917707172707 - 0.0002726917707172707j) - 0)^2}$$

$$\tan \phi_{\pi} = -\frac{z(i_{\text{вын}}(0) - i_0)}{u_{\text{вын}}(0) - u_0} = 3.035$$

$$t_{\text{max}}^u = \frac{\pi - \phi_{\pi}}{\omega_0} = 4.60 \text{ мс}$$

$$t_{\text{max}}^i = \frac{\pi/2 - \phi_{\pi}}{\omega_0} = 3.0 \text{ мс}$$

$$K_{\text{уд}}^u = e^{-\delta * t_{\text{max}}^u} + 1 = 1.995$$

$$K_{\text{уд}}^i = e^{-\delta * t_{\text{max}}^i} + 1 = 1.997$$

При переменной ЭДС
 $e(t) = \sin(\omega t)$

$$U_{\text{пер}} = \sqrt{((0.5122889085856576 - 0.085668646357977j) - 0)^2 + 1000^2 \cdot (0.0100 + 0.0000j - 0)^2} = 10.0$$

$$I_{\text{пер}} = \sqrt{(0.51 - 0.09j - 0)^2/1000^2 + (0.0100 + 0.0000j - 0)^2} = 0.0052 \text{ А}$$

$$i_{\text{вын}} = \frac{e}{Z}$$

$$Z = \frac{x_c R_2}{x_c + R_2} + \frac{x_L R_1}{x_L + R_1}; Z = 192.4 \angle 0.0 \text{ Ом}$$

$$i_{\text{вын}} = \frac{(1 + 0j)}{190.7 + 25.8j} = 5.2 \angle -0.0 \text{ мА}$$

$$i_{L \text{ вын}} = i_{\text{вын}} \frac{R_1}{x_L + R_1} = 0.0 \angle -0.0$$

$$i_{1 \text{ вын}} = i_{\text{вын}} - i_{L \text{ вын}} = 0.005 + 0.001j$$

$$U_{C \text{ вын}} = E - i_{1 \text{ вын}} R_1 = 0.512 - 0.086j \text{ В}$$

$$\tan \phi_{\pi} = -\frac{z(i_{\text{вын}}(0) - i_0)}{u_{\text{вын}}(0) - u_0} = 10.000$$

$$t_{\text{max}}^u = \frac{\pi - \phi_{\pi}}{\omega_0} = 4.61 \text{ мс}$$

$$t_{\text{max}}^i = \frac{\pi/2 - \phi_{\pi}}{\omega_0} = 3.0 \text{ мс}$$

$$K_{\text{уд}}^u = e^{-\delta * t_{\text{max}}^u} + 1 = 1.995$$

$$K_{\text{уд}}^i = e^{-\delta * t_{\text{max}}^i} + 1 = 1.997$$

Вывод: в результате работы