

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)»
кафедра теоретических основ электротехники

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 3
«ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ»

Авторы: Стукен В.А. , Зиновьев М.Д

Группа: 2307

Факультет: ФКТИ

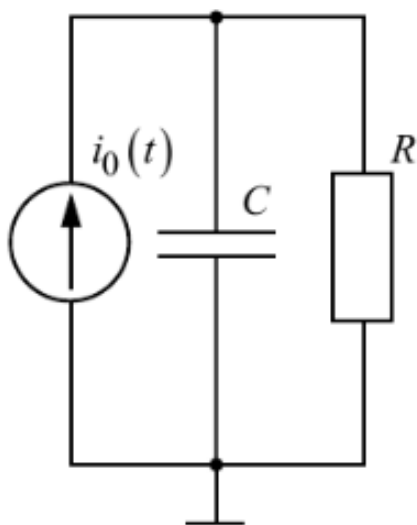
Преподаватель: Зубарев А.В

Санкт-Петербург, 2024

Л^AT_EX

Экспериментальные исследования

Опыт №1 Исследование свободных процессов в цепи первого порядка



Вопрос №1 Осциллографируемый процесс описывается формулой:

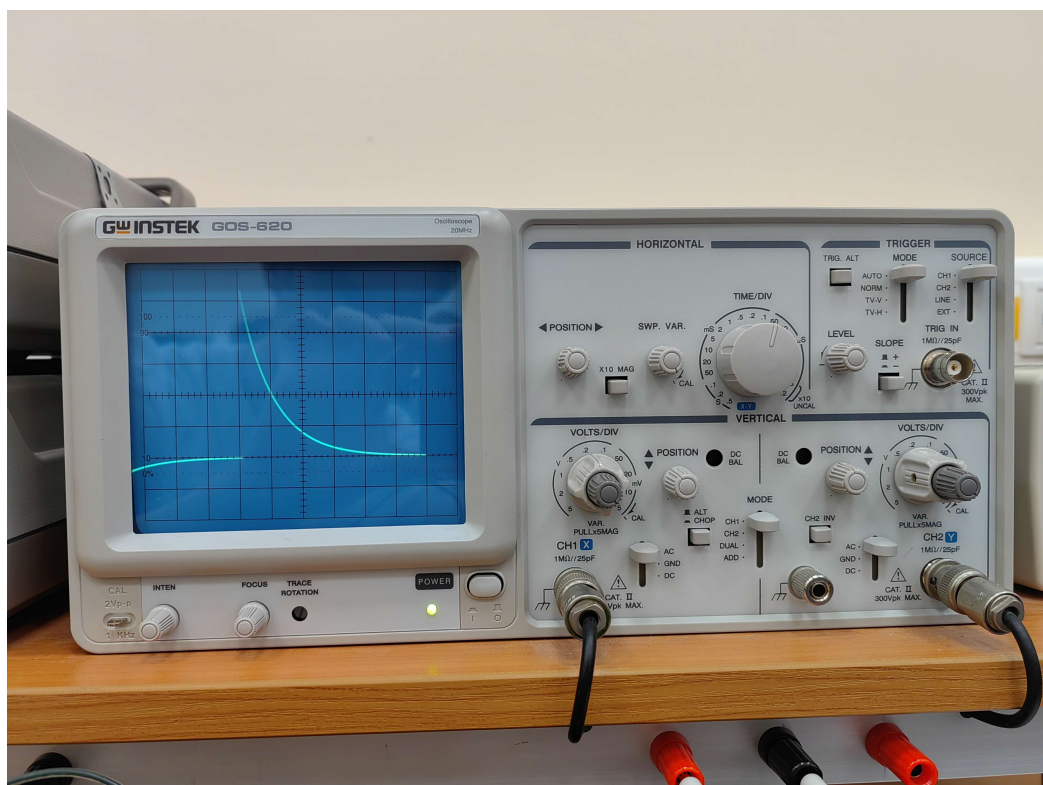
$$u(t) = Ae^{p_1 t} = Ae^{-at} = Ae^{-t/\tau}$$

Вопрос №2 Собственная частота определяется по формуле:

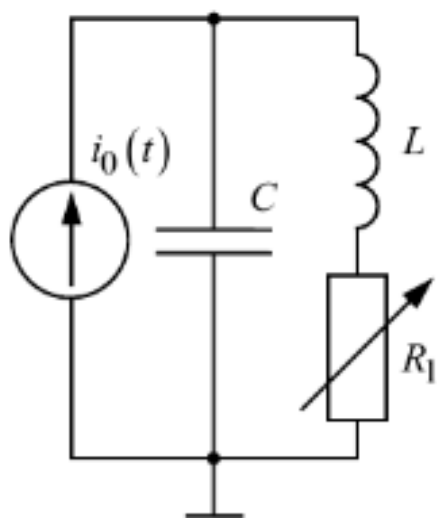
$$p_1 = -\alpha = -\frac{1}{\tau} = -10000$$

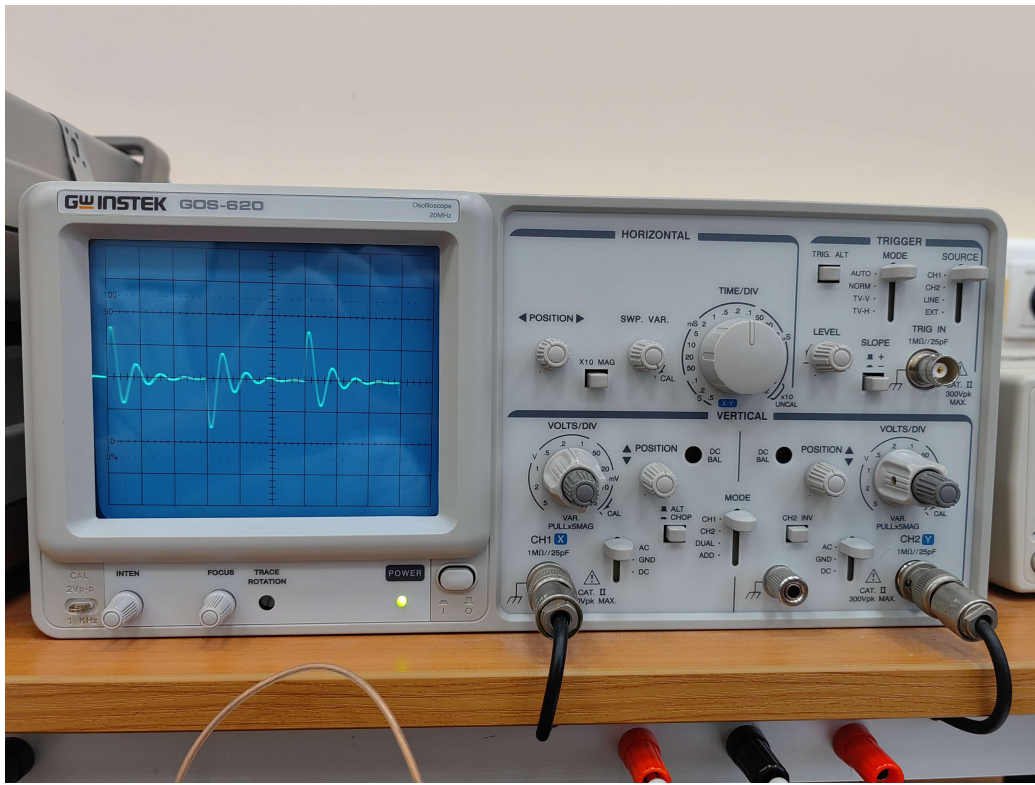
Что соответствует теоретическому расчету:

$$\alpha = -\frac{1}{RC} = \frac{1}{(5 \cdot 10^3) \cdot (0.02 \cdot 10^{-6})} = -10000$$



Опыт №2 Исследование свободного процесса в цепи второго порядка





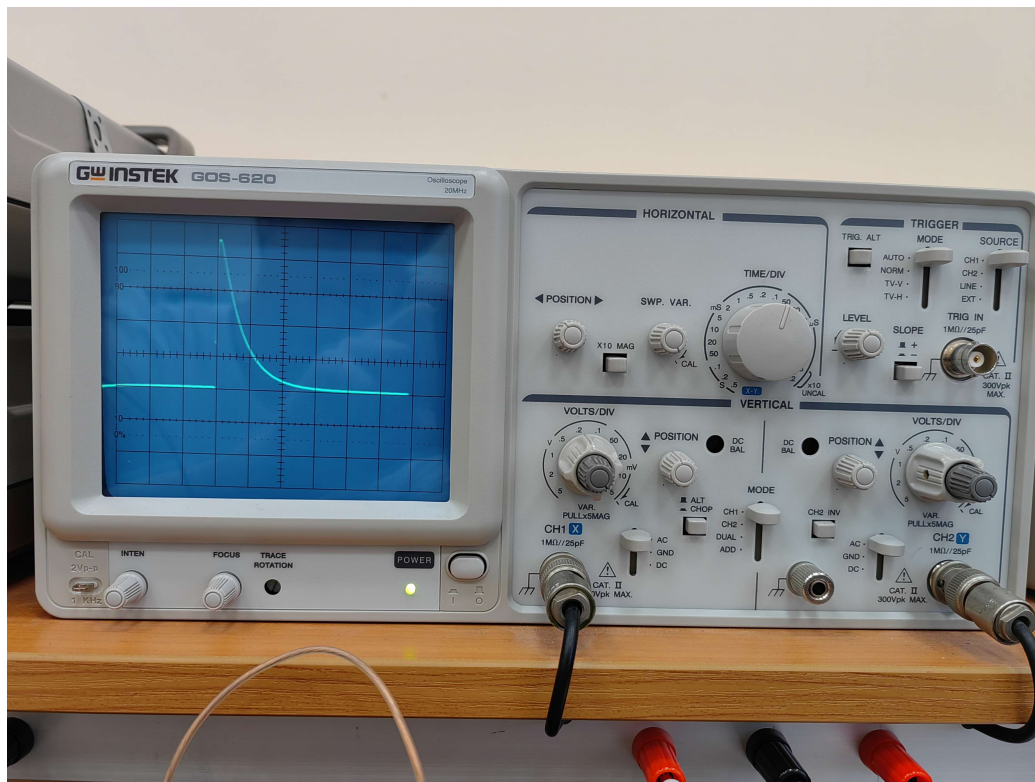
Найдем собственные частоты при $R_1 = 0.5 \text{ k}\Omega$

$$\alpha = \frac{R_1}{2L} = \frac{0.5 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 10000$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.02 \cdot 10^{-6}}} = 44271$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = j \cdot 43589$$

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = -10000 \pm j \cdot 43589$$



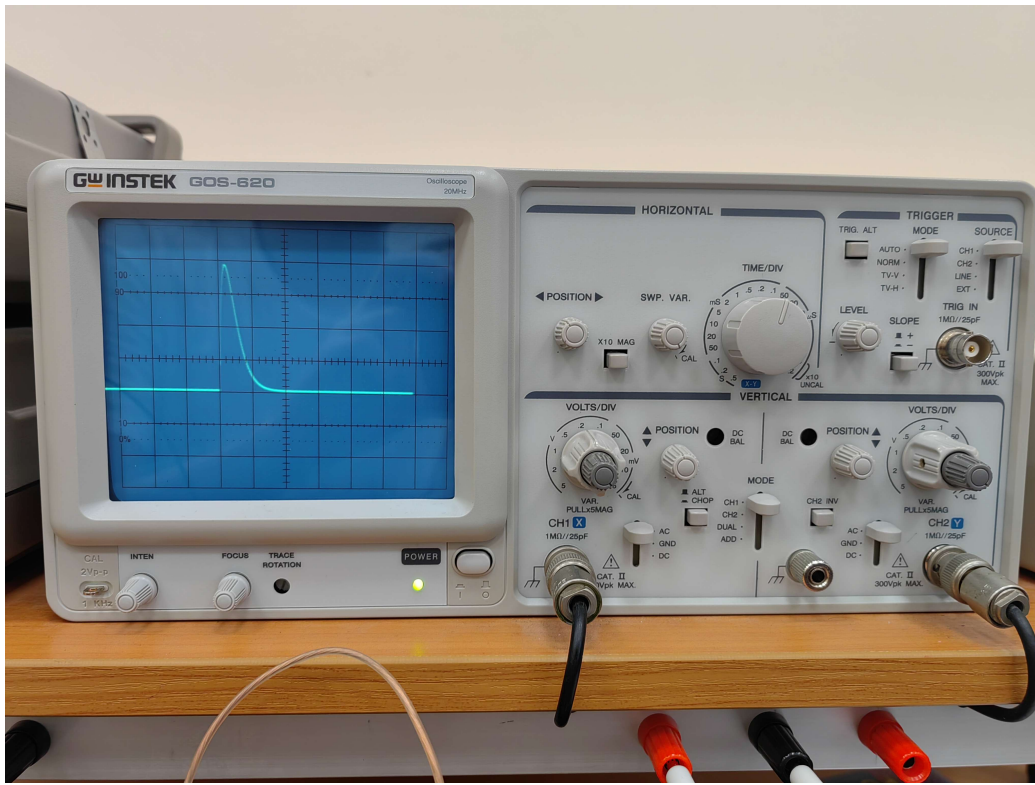
Найдем собственные частоты при $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$

$$\alpha = \frac{R_2}{2L} = \frac{3 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 60000$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.02 \cdot 10^{-6}}} = 44721$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = 40000$$

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = -60000 \pm 40000$$



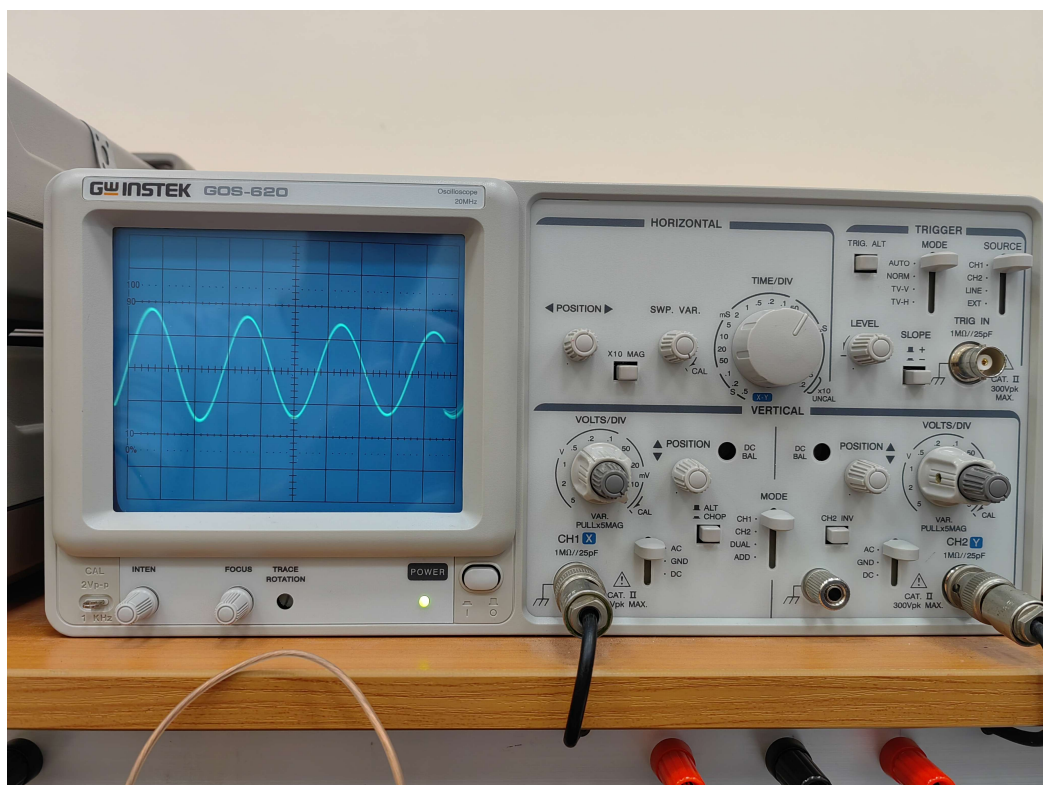
Найдем собственные частоты при $R_{cr} = 1.8 \text{ k}\Omega$

$$\alpha = \frac{R_{cr}}{2L} = \frac{1.8 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 36000$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.02 \cdot 10^{-6}}} = 44721$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = j \cdot 22467$$

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = -36000 \pm j \cdot 22467$$



Найдем собственные частоты при $R = 0 \text{ k}\Omega$

$$\alpha = \frac{R_{cr}}{2L} = \frac{0 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.02 \cdot 10^{-6}}} = 44721$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = j \cdot 211$$

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = 0 \pm j \cdot 211$$

Теоретические добротности:

Найдем добротность контура при $R = 0 \ \Omega$

$$Q = \frac{L}{R} \cdot \omega_0 \longrightarrow \inf$$

Найдем добротность контура при $R = 0.5 \ k\Omega$

$$Q = \frac{L}{R} \cdot \omega_0 = \frac{0.025}{500} \cdot 44721 = 2.24$$

Найдем добротность контура при $R = 1.8 \ k\Omega$

$$Q = \frac{L}{R} \cdot \omega_0 = \frac{0.025}{1800} \cdot 44721 = 0.62$$

Найдем добротность контура при $R = 3 \ k\Omega$

$$Q = \frac{L}{R} \cdot \omega_0 = \frac{0.025}{3000} \cdot 44721 = 0.37$$

Вопрос 3: Графики процессов описываются выражением

$$u(t) = A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t}$$

для апериодического режима

$$u(t) = +A_2 e^{-\alpha_2 t}$$

для предельного апериодического режима (критического режима)

$$u(t) = A e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \beta)$$

для колебательного режима

Вопрос 4.1: Расчет частоты цепи при $R = 0.5 \text{ k}\Omega$

$$T = \frac{4 \cdot 0.1 \text{ ms}}{3} \approx 0.133 \text{ ms}$$

$$u_1 = 0.3 \text{ V}$$

$$u_2 = 0.1 \text{ V}$$

$$\alpha = \frac{\ln(u_1/u_2)}{T} = 10980$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{0.133 \cdot 10^{-3}} = 47242$$

практическое значение:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\omega = -10980 \pm j \cdot 47242$$

теоретическое значение:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\omega = -10000 \pm j \cdot 43589$$

Теоретические и практические значения очень близки друг к другу.

Вопрос 4.2: Расчет частоты цепи при $R_{cr} = 1.8 \text{ k}\Omega$

практическое значение:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\omega = -40000 \pm j \cdot 20000$$

теоретическое значение:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\omega = -40000 \pm j \cdot 23589$$

Теоретические и практические значения очень близки друг к другу.

Вопрос 5: Расчет частоты цепи при $R = 3 \text{ k}\Omega$

$$T = 0.06 \text{ ms}$$

$$u_1 = 4.5 * 0.1 \text{ V}$$

$$u_2 = 0.3 * 0.1 \text{ V}$$

$$\alpha = \frac{\ln(u_1/u_2)}{\Delta t} = 135000$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{6 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}} = 10000$$

практическое значение:

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \omega_0 = -135000 \pm 10000$$

$$p_1 = -125000$$

$$p_2 = -145000$$

теоритическое значение:

$$p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega = -60000 \pm 40000$$

$$p_1 = -100000$$

$$p_2 = -20000$$

Теоретические и практические значения далеки друг от друга, что можно объяснить погрешностью измерений и несовершенством цепи, а также помехами.

Вопрос №6

$$Q = \frac{L}{R} \cdot \omega_0 \longrightarrow \inf$$

Найдем добротность контура при $R = 0.5 \text{ k}\Omega$

$$Q = \frac{\pi}{\ln(\frac{u_1}{u_2})} = 2.85$$

Найдем добротность контура при $R = 3 \text{ k}\Omega$

$$Q = \frac{\pi}{\ln(\frac{u_1}{u_2}) \cdot 3} = 0.38$$

Полученные значения достаточно близки к теоретическим.

Вывод

В ходе работы было проведено исследование свободных процессов в цепи первого и второго. Был произведён расчёт собственных частот цепи, а также добротность при помощи теоретического и экспериментального подхода к измерениям. В результате полученных расчётов и измерений теоретические данные кроме случая ($R = 3 k\Omega$) совпали с практически-ми.