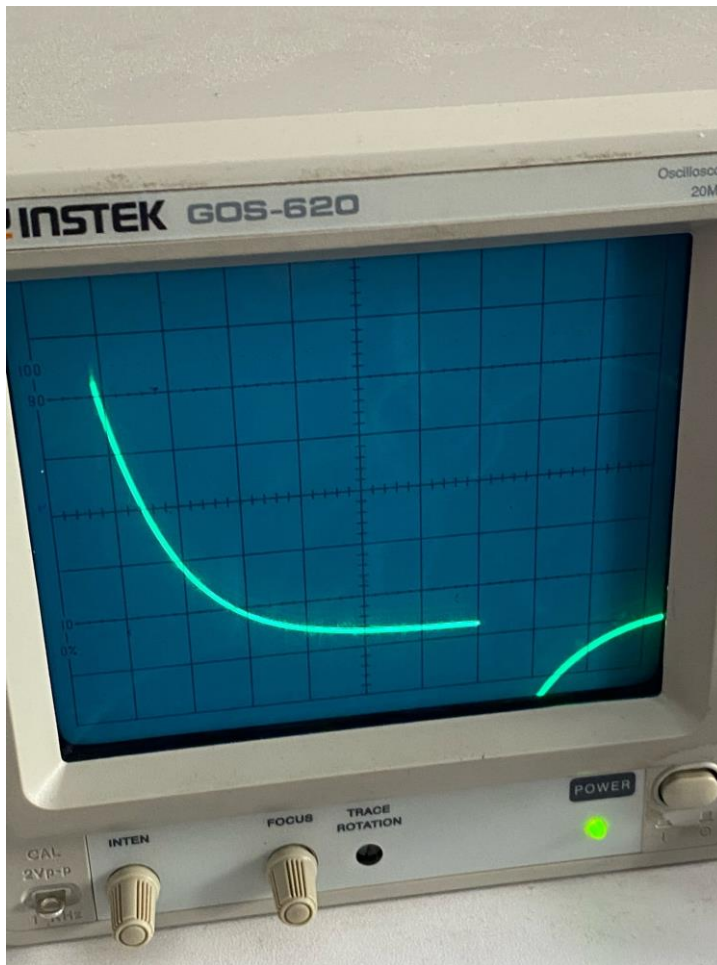


## Обработка результатов

### 1. Исследование свободных процессов в цепи первого порядка:



1 деление по горизонтали = 10 миллисекунд

1 деление по вертикали = 0.2 В

График 1. Осциллограмма напряжения на конденсаторе в цепи 1-го порядка

#### 1.1. Экспериментальное определение собственной частоты цепи:

$U_1=1.2$  В  $U_2=0.2$  В

$t_1= 10$  мкс  $t_2 = 70$  мкс

$$a = \frac{\ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)}{t_2 - t_1} = 21148 \text{ c}^{-1}; p = -a = -21148 \text{ c}^{-1}$$

#### 1.2. Теоритическое определение собственной частоты цепи:

$$p = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^3} = -10000 \text{ c}^{-1}$$

Рис. 3. диаграмма расположения собственных частот цепи 1-го порядка на комплексной плоскости

**1.3. Ответы на вопросы:**

1. Каким аналитическим выражением описывается осциллографируемый процесс?

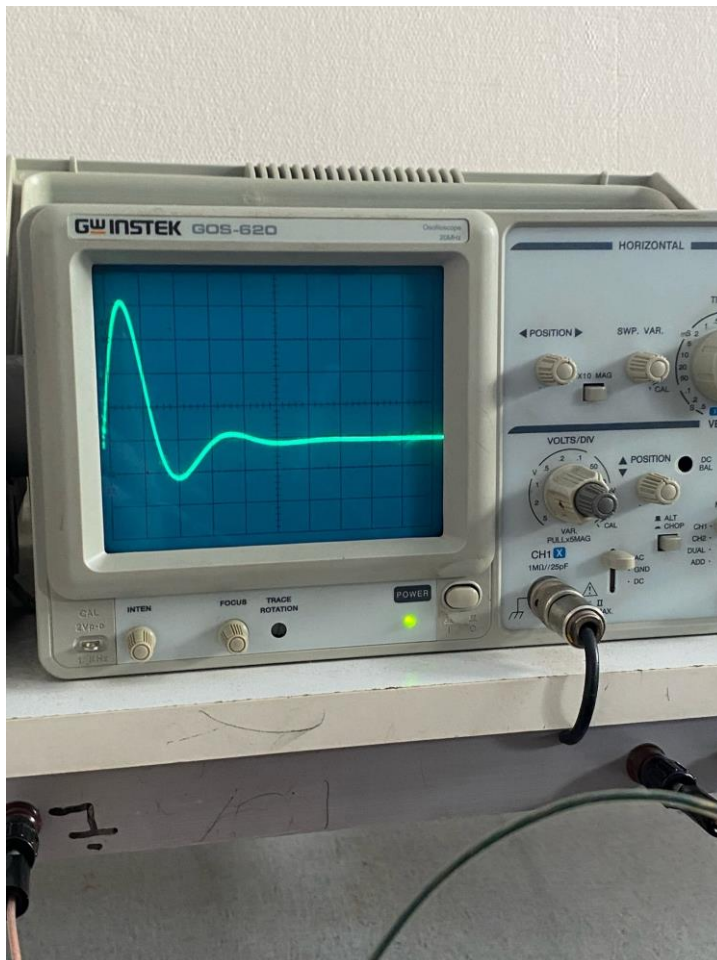
$u(t) = Ae^{pt} = Ae^{-\alpha t} = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ , где  $u$  – напряжение на каком-либо элементе цепи;  $t$  – время;  $\alpha$  – постоянная затухания;  $\tau$  – постоянная времени;  $A$  – постоянная интегрирования.

2. Соответствует ли найденная собственная частота теоретическому расчету, выполненному согласно (3.1)?

Нет, не соответствует, превышает в два раза.

**2. Исследование свободных процессов в цепи второго порядка:**

**2.1. Колебательный режим:**



T/дел = 50 мкс

U/дел = 0.1 В

Осциллограмма напряжения цепи при  $R_1 = 0,778$  кОм изображена на графике 2.

График 2. Осциллограмма цепи 2-го порядка при  $R_1 = 0.778$  кОм

**2.1.1.** Экспериментальное определение собственных частот цепи:

$U_1 = 0.31$  В,  $U_2 = 0.9$  В

$T = 140$  мкс

$$a = \frac{\ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)}{T} = 8843 \text{ c}^{-1}$$

$$p_1; p_2 = -a(\pm)j\omega = -a(\pm)j \cdot \frac{2\pi i}{T} = -8843(\pm)j44880$$

**2.1.2.** Теоритическое определение собственных частот цепи:

$$\alpha = \frac{R_1}{2L} = \frac{500}{2 * 25 * 10^{-3}} = 10000 \text{ c}^{-1}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 44721 \text{ c}^{-1}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = 43589 \text{ c}^{-1}$$

$$p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega = 10000 + j43589 \text{ c}^{-1}$$

Рис. 4. диаграмма расположения собственных частот цепи 2-го порядка при колебательном режиме на комплексной плоскости

**2.1.3.** Определение добротности цепи:

$$Q = \frac{\pi}{\ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)} = 2,5$$

## 2.2. Аperiodический процесс:

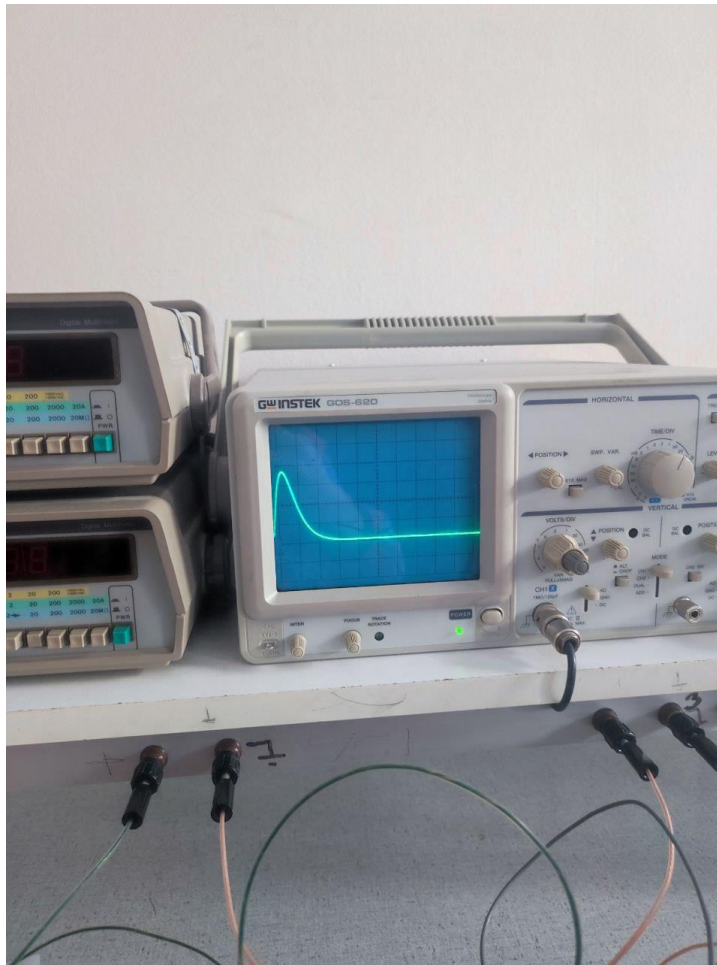


График 3 Осциллограмма напряжения цепи 2-го порядка при  $R_1 = 4.18 \text{ кОм}$

$T/\text{дел} = 50 \text{ мкс}$

$U/\text{дел} = 0.1 \text{ В}$

**2.2.1.** Осциллограмма напряжения цепи при  $R_1 = 4.18 \text{ кОм}$  изображена на 3 графике

**2.2.2.** Теоритическое определение собственных частот цепи:

$$\alpha = \frac{R_1}{2L} = \frac{3000}{2 * 25 * 10^{-3}} = 60000 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 44721 \text{ Гц}$$

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

$$p_1 = -20000 \text{ с}^{-1}, p_2 = -10000 \text{ с}^{-1}$$

Рис. 5. диаграмма расположения собственных частот цепи 2-го порядка при апериодическом режиме на комплексной плоскости

### 2.3. Критический процесс:

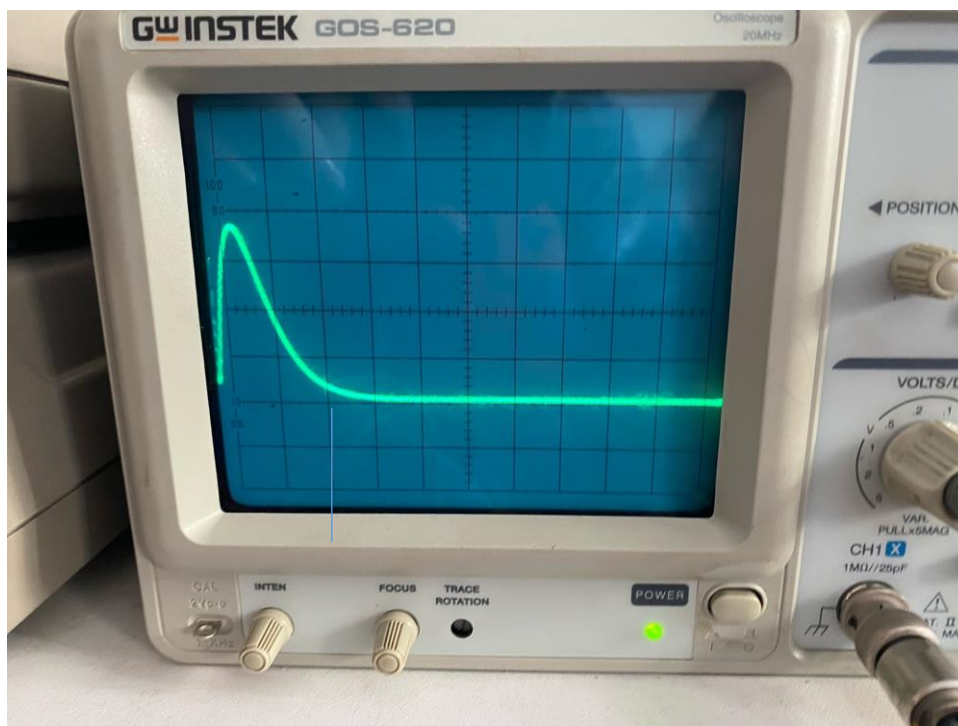


График 4. Осциллограмма цепи 2-го порядка при  $R_1 = R_{1кр} = 2.08 \text{ кОм}$   
 $T/\text{дел} = 50 \text{ мкс}$   
 $U/\text{дел} = 0.2 \text{ В}$

#### 2.3.1. Экспериментальное определение собственных частот цепи:

$t_m = 23 \text{ мкс}$

$$p_1 = p_2 = -a = \frac{1}{t_m} = 43478 \text{ с}^{-1}$$

#### 2.3.2. Теоритическое определение собственных частот цепи:

$$\alpha = \frac{R_1}{2L} = \frac{2000}{2 * 25 * 10^{-3}} = 40000 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 40000 \text{ Гц}$$

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

$$p_1 = p_2 = -40000 \text{ с}^{-1}$$

Рис. 6. диаграмма расположения собственных частот цепи 2-го порядка при критическом режиме на комплексной плоскости

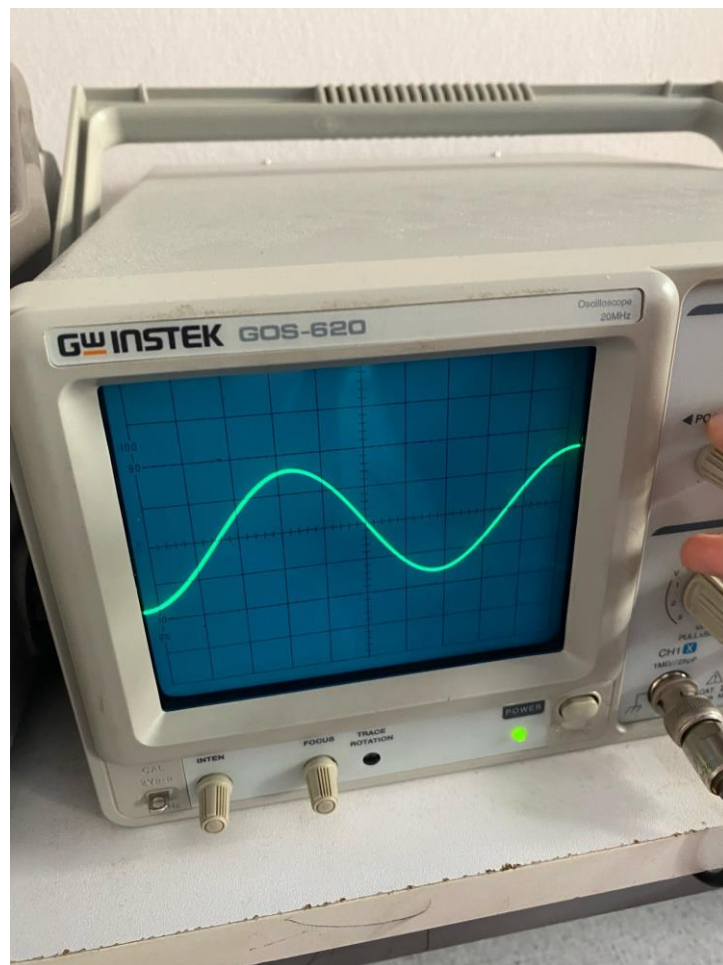


График 5. Осциллограмма напряжения на конденсаторе в цепи 2-го порядка при  $R_1 = 0$  кОм

$T/\text{дел} = 50$  мкс

$U/\text{дел} = 0.5$  В

#### 2.4. Свободные колебания:

Осциллограмма напряжения на конденсаторе в цепи при  $R_1 = 0$  изображена на графике 5.

##### 2.4.1. Определение добротности цепи:

$$Q = \frac{\pi}{\ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)} = \frac{\pi}{\ln\left(\frac{0,7}{0,7}\right)} \rightarrow \infty$$

##### 2.4.2. Ответы на вопросы:

3. Какими аналитическими выражениями (в общем виде) описываются процессы во всех четырех случаях?

1. Колебательный режим:  $u(t) = Ae^{-\alpha t} \cos(\omega t + \beta)$
2. Аперiodический режим:  $u(t) = A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t}$
3. Критический режим:  $u(t) = A_1 e^{-\alpha t} + A_2 t e^{-\alpha t}$
4. Свободные колебания:  $u(t) = A \cos(\omega t + \beta)$

4. Соответствуют ли найденные собственные частоты теоретическому расчету, выполненному согласно (3.2)?

Да, если брать в учет погрешность соответствуют теоретическому расчёту.

5. Каковы теоретические значения собственных частот при  $R_1 = 3$  кОм и соответствует ли этим значениям снятая осциллограмма?  $p_1 = -20000 \text{ с}^{-1}, p_2 = -10000 \text{ с}^{-1}$

Снятая осциллограмма аперiodического режима соответствует найденным частотам.

6. Как соотносятся найденные значения добротности с результатами теоретического расчета по формуле (3.9)?

Для  $R_1 = 0, 5$  кОм:

$$Q = \frac{\omega_0}{2\alpha} = 2,2$$

Сл-но, значения соответствуют друг другу

Для  $R_1 = 0$  кОм:

$$Q = \frac{\omega_0}{2\alpha} \rightarrow \infty$$

Таким образом, полученная добротность для свободных колебаний совпадает с теоретической

#### 3. Исследование свободных процессов в цепи третьего порядка



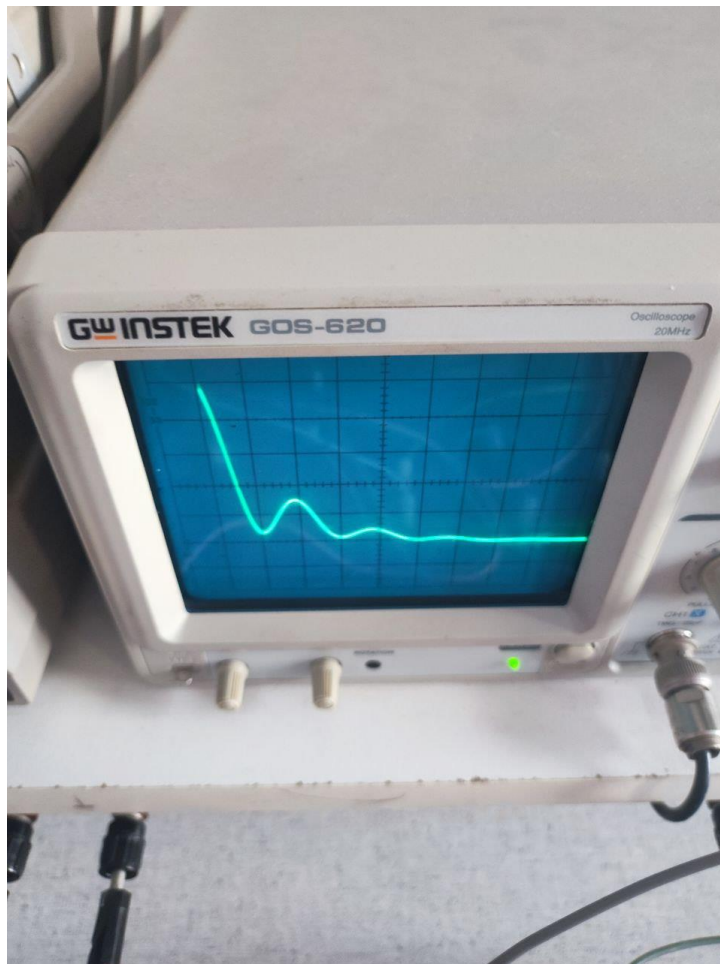


График 6. Осциллограмма напряжения на входе цепи 3-го порядка

$T/\text{дел} = 50 \text{ мкс}$

$U/\text{дел} = 0.5 \text{ В}$

Рис. 7. диаграмма расположения собственных частот цепи 3-го порядка комплексной плоскости

### 3.2.1. Ответы на вопросы:

7. Каким аналитическим выражением описывается осциллографируемый процесс?

$$p_1 = -\alpha_1, p_2 = -\alpha \pm j\omega$$

$$u(t) = A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t} \cos(\omega t) + A_3 e^{-\alpha_2 t} \sin(\omega t)$$

8. Каковы значения собственных частот, вычисленные согласно (3.3), и соответствует ли этим значениям снятая осциллограмма?



$p_1 = -10000 \text{ c}^{-1}, p_2 = -25000 \pm j61441 \text{ c}^{-1}$ . Снятая осциллограмма соответствует найденным теоритическим значениям собственных частот цепи.

**Вывод:** в лабораторной работе были исследованы свободные процессы в цепях 1-го, 2-го и 3-го порядка. Были посчитаны значения собственных частот цепей и их сверили с теоретическими расчётами, что показало относительную правильность экспериментальных результатов с учётом погрешности. Также для колебательных режимов и режима свободных колебаний была посчитана добротность, которая совпала с теоретическими данными.

Лабораторная работа №3  
“Исследование свободных процессов в электрических цепях”  
Протокол

1) Цепь первого порядка  
 $k_n \approx 0,1 \text{ мс/дел}$        $k_v \approx 0,2 \text{ В/дел}$       1

2) Цепь второго порядка

2 колебательный режим  $k_n \approx 50 \text{ мкс/дел}$        $k_v \approx 0,1 \text{ В/дел}$        $R \approx 20,778 \text{ Ом}$   
3 Аperiodический режим  $k_n \approx 50 \text{ мкс/дел}$        $k_v \approx 0,2 \text{ В/дел}$        $R \approx 4,132 \text{ Ом}$   
4 Критический режим  $k_n \approx 50 \text{ мкс/дел}$        $k_v \approx 0,2 \text{ В/дел}$        $R \approx 22,09 \text{ Ом}$   
5 свободные колебания  $k_n \approx 50 \text{ мкс/дел}$        $k_v \approx 0,5 \text{ В/дел}$        $R \approx 0$

3) Цепь третьего порядка

6  $k_n \approx 50 \text{ мкс/дел}$        $k_v \approx 0,2 \text{ В/дел}$   
 $R \approx 2,63$

Выполнила студентка группы 1302  
Факультета КТИ:

Серотюкова Олеся

Безруков Павел

Новиков Григорий

Проверил:

Соседов Н.А.

27.02.23г.