



Рабочий протокол и отчёт по лабораторной работе №4

Свиридов Фёдор, Александр Слободнюк, Владимир Попов

**«Свободные затухающие колебания в параллельном
LC-контуре»**

Цель работы.

Изучить свободные затухающие колебания LC-контура

Задачи, решаемы при выполнении работы.

- Получить график затухающих колебаний для контуров с разными параметрами
- Косвенно измерить логарифмический декремент затухания и добротность
- Исследовать зависимость названных величин от параметров контура

Объект исследования.

Переменный ток

Метод экспериментального исследования.

Измерение зависимости напряжения на конденсаторе от времени

Исходные данные.

$$U(t) = U_m e^{-\beta t} \sin(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{R}{2L} \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{U(t)}{U(t+T)} = \beta T \quad (5)$$

$$Q \approx \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

$$\delta\beta = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \quad (7)$$

$$\delta\lambda = \sqrt{\delta\beta^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2} \quad (8)$$

$$\delta\tau = \tau \cdot \delta\beta \quad (9)$$

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{1}{R^2} \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \Delta R\right)^2 + \left(\frac{1}{2R\sqrt{LC}} \cdot \Delta L\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{L}}{2R\sqrt{C^3}} \cdot \Delta C\right)^2} \quad (10)$$

Результаты прямых измерений.

Контур №1
 $L = 5,7 \text{ мГн}$
 $C = 97,9 \text{ нФ}$
 $R = 16,65 \text{ Ом}$
time/div = 0,1 мс
volts/div = 0,1 В

$t, \text{ div}$	$U, \text{ div}$
0.6	3.1
1.2	-2.9
2.2	2.3
2.8	-2.2
3.8	1.8
4.3	-1.7
5.3	1.4
5.8	-1.4

Контур №2
 $L = 5,7 \text{ мГн}$
 $C = 97,9 \text{ нФ}$
 $R = 5,3 \text{ Ом}$
time/div = 0,1 мс
volts/div = 0,1 В

$t, \text{ div}$	$U, \text{ div}$
0.5	3.2
1.0	-3.0
2.1	2.6
2.6	-2.6
3.6	2.2
4.2	-2.2
5.2	2.0
5.8	-2.0
6.8	1.8
7.4	-1.6
8.4	1.6

Контур №3
 $L = 5,7 \text{ мГн}$
 $C = 1 \text{ мкФ}$
 $R = 5,3 \text{ Ом}$
time/div = 0,5 мс
volts/div = 0,1 В

$t, \text{ div}$	$U, \text{ div}$
0.4	3.8
0.6	-3.4
1.4	3.0
1.6	-2.8
2.4	2.5
2.6	-2.3
3.4	2.0
3.6	-2.0
4.4	1.7
4.6	-1.6
5.3	1.4
5.6	-1.3
6.3	1.2
6.7	-1.1
7.4	1.0
7.7	-0.9
8.4	0.9
8.8	-0.7

Контур №4
 $L = 5,7 \text{ мГн}$
 $C = 1 \text{ мкФ}$
 $R = 16,65 \text{ Ом}$
time/div = 0,5 мс
volts/div = 0,1 В

$t, \text{ div}$	$U, \text{ div}$
0.4	4.0
0.6	-3.0
1.4	2.2
1.6	-1.6
2.3	1.2
2.7	-0.9
3.2	0.6
3.7	-0.5
4.3	0.4
4.7	-0.3
5.2	0.2
5.8	-0.2

Обработка результатов и расчёт косвенных величин.

• Период колебаний T

Для 1-го и 2-го контура по формуле (2) $T_{12} = 0,158 \text{ мс}$. Из опыта $T_{12} = 0,155 \text{ мс}$

Для 3-го и 4-го контура по формуле (2) $T_{34} = 0,474 \text{ мс}$. Из опыта $T_{34} = 0,506 \text{ мс}$

• Коэффициент затухания β

$$\beta_1 = (1461 \pm 27) \text{ с}^{-1}$$

$$\beta_2 = (465 \pm 12) \text{ с}^{-1}$$

$$\beta_3 = (465 \pm 12) \text{ с}^{-1}$$

$$\beta_4 = (1461 \pm 27) \text{ с}^{-1}$$

• Логарифмический декремент λ

$$\lambda_1 = (0,226 \pm 0,015)$$

$$\lambda_2 = (0,074 \pm 0,005)$$

$$\lambda_3 = (0,235 \pm 0,008)$$

$$\lambda_4 = (0,730 \pm 0,020)$$

• Время затухания $\tau = \frac{1}{\beta}$

$$\tau_1 = (0,684 \pm 0,013) \text{ мс}$$

$$\tau_2 = (2,15 \pm 0,06) \text{ мс}$$

$$\tau_3 = (2,15 \pm 0,06) \text{ мс}$$

$$\tau_4 = (0,684 \pm 0,013) \text{ мс}$$

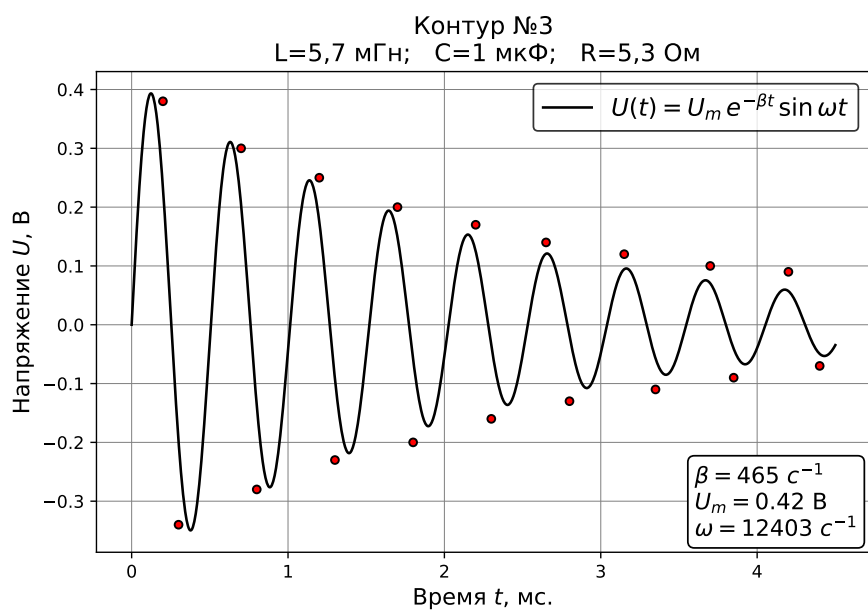
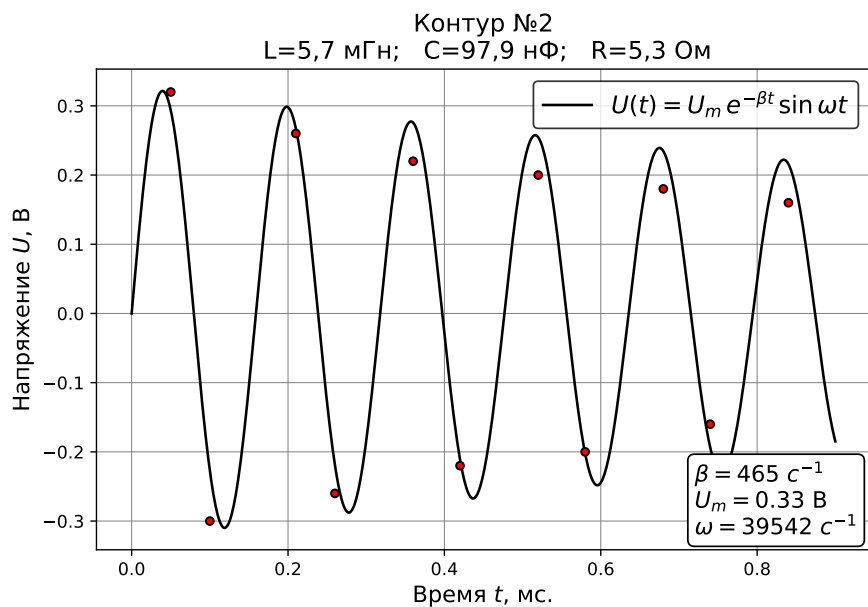
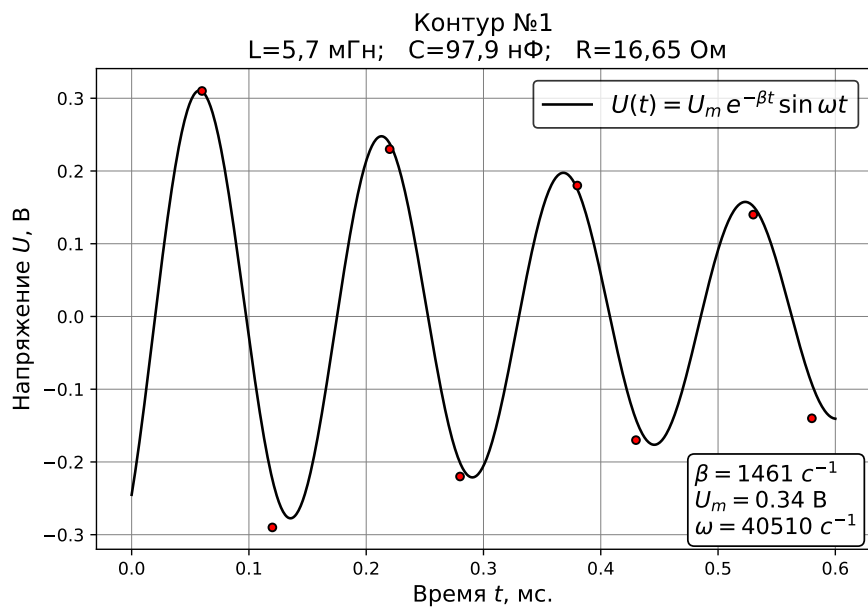
• Добротность Q

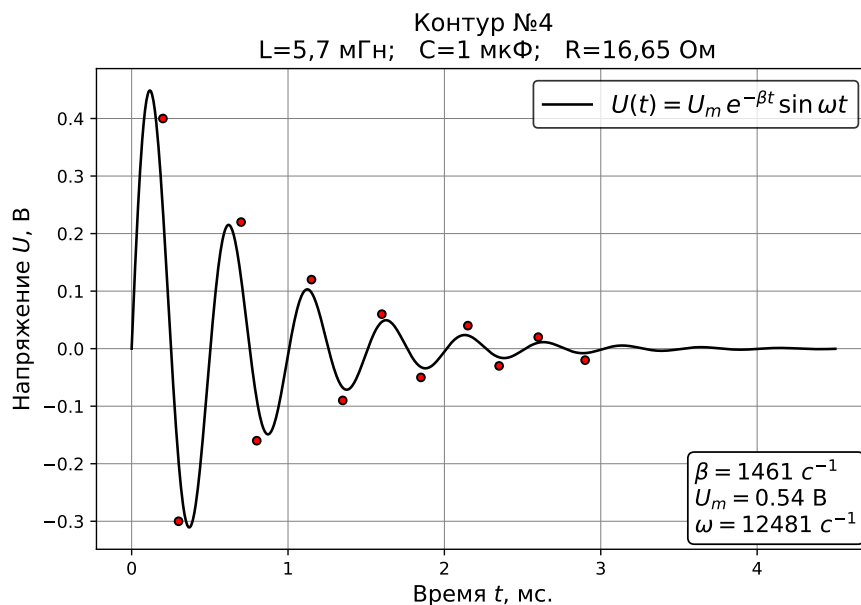
$$Q_1 = (14,49 \pm 0,15)$$

$$Q_2 = (45,5 \pm 0,9)$$

$$Q_3 = (14,2 \pm 0,8)$$

$$Q_4 = (4,53 \pm 0,23)$$





Выводы.

Мы провели измерения свободных затухающих колебаний напряжения в LC-контурах с разными параметрами. На основе полученных данных были найдены следующие величины: период колебаний T , коэффициент затухания β , логарифмический декремент λ , время затухания τ , добротность Q .

В опыте было обнаружено необычное поведение затухающих колебаний: их полупериоды (время, за которое заряды на обкладках конденсатора меняют знак) не равны, что противоречит уравнению $U(t) = U_m e^{-\beta t} \sin(\omega t + \alpha)$, так как данная функция обладает симметрией. Приведём значения полупериодов всех 4-ёх контуров (особенно хорошо различия видны в 3-ем контуре):

hT_1, div	0.6	1	0.6	1	0.5	1	0.5								
hT_2, div	0.5	1.1	0.5	1.0	0.6	1	0.6	1	0.6	1					
hT_3, div	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2	0.7	0.3	0.7	0.4	0.7	0.3
hT_4, div	0.2	0.8	0.2	0.7	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6				

Таким образом, перетекание заряда в одном направлении происходит быстрее чем в другом. Объяснения данному явлению мы не знаем, но можно предположить, что, так как период однозначно определяют L и C , то в осцилляторе либо индуктивность, либо ёмкость конденсатора зависит от направления тока.

