

Московский физико-технический институт

Лабораторная работа № 3.2.4
Свободные колебания в электрическом контуре.



Осипов Егор. Б03-005
07.09.2021
г. Долгопрудный

Содержание

1	Экспериментальная установка	2
2	Ход работы	2
2.1	Подготовим установку к работе.	2
2.2	Измерение периодов	2
2.3	Критическое сопротивление и декремент затухания	3
3	Обработка результатов	3
4	Вывод.	6

Цель работы: исследование свободных колебаний в колебательном контуре.

В работе используется: Генератор импульсов, электрическое реле, магазин сопротивлений, магазин емкостей, индуктивность, электронный осциллограф, универсальный мост.

1 Экспериментальная установка

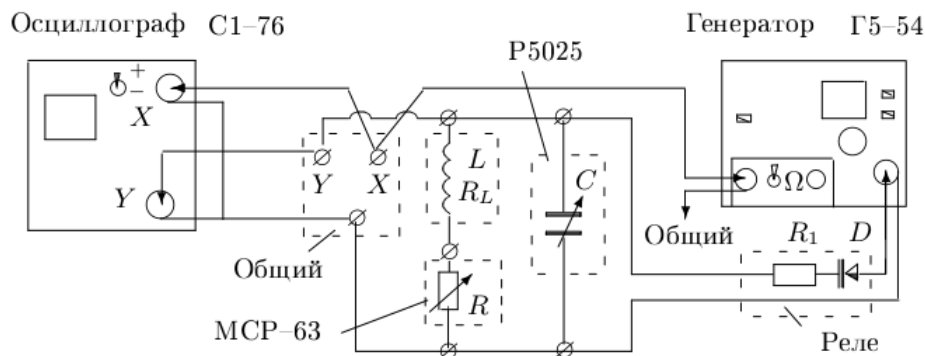


Рис. 1: Схема установки для исследования свободных колебаний

2 Ход работы

2.1 Подготовим установку к работе.

Для этого у нас уже собрана схема, изображенная на рисунке (1).

Ручкой АМПЛ генератора импульсов установим напряжение на вольтметре чуть больше 30 В. Установим длительность импульсов ~ 5 мкс. Частоту повторения $\nu_0 = 100$ Гц.

2.2 Измерение периодов

1. Установим на магазине сопротивлений сопротивление $R = 0$; на магазине емкостей величину $C = 0.02$ мкФ

2. Прокалибруем горизонтальную ось осциллографа по известному периоду импульсов:

а) подберем частоту осциллографа при которой расстояние x_0 между импульсами, поступающими с генератора ($T_0 = 0.01$ с), занимает почти весь экран.

б) измерив на экране расстояние x , которые занимают несколько полных периодов n , рассчитаем период колебаний контура: $T = T_0 x / (n x_0)$. Малые расстояния будем увеличивать.

Результаты занесем в таблицу (1).

Таблица 1: Измерение периода.

n	x_0 (*10 ⁻³ сек)	x (*10 ⁻³ сек)	$T_{\text{теор}}$ (*10 ⁻² сек)	C (*10 ⁻⁶ Ф)	$T_{\text{эксп}}$ (*10 ⁻² сек)
5	10	1.74	0.35	0.02	0.40
3	9.8	2.5	0.85	0.12	0.97
4	9.8	4.5	1.1	0.22	1.32
3	9.8	4.1	1.4	0.32	1.59
3	9.8	4.65	1.58	0.42	1.82
2	9.8	3.45	1.76	0.52	2.03
4	9.8	7.5	1.91	0.62	2.21
3	9.8	6	2.04	0.72	2.38
3	9.8	6.6	2.24	0.82	2.54
3	9.8	6.8	2.31	0.9	2.66
3	9.8	6.7	2.27	0.86	2.60

2.3 Критическое сопротивление и декремент затухания

1. Приняв $L=200\text{мГн}$, рассчитайте емкость C , при которой собственная частота колебаний контура $\nu_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ совпадает с 5кГц . После для выбранных значений L и C рассчитаем критическое сопротивление контура R_{crit} по формуле (1).

$$R_{crit} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

2. Далее найдем экспериментально значение R_{ex} . Для этого будем изменять значение сопротивления от 0 до R_{crit}

3. Установим сопротивление $R \simeq 0.1R_{ex}$. Получим на экране картину затухающих колебаний. Для расчета **логарифмического декремента затухания** по формуле (2) измерим амплитуды, разделенные целым числом периодов. Измерения повторим 5-6 раз.

$$\Theta = \frac{1}{n} \ln \frac{U_k}{U_{k+1}} \quad (2)$$

3 Обработка результатов

1. Рассчитаем экспериментальные значения периодов по результатам измерений 2.2.2 и теоретические по формуле (3). Построим график $T_{ex} = f(T_{teor})$.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (3)$$

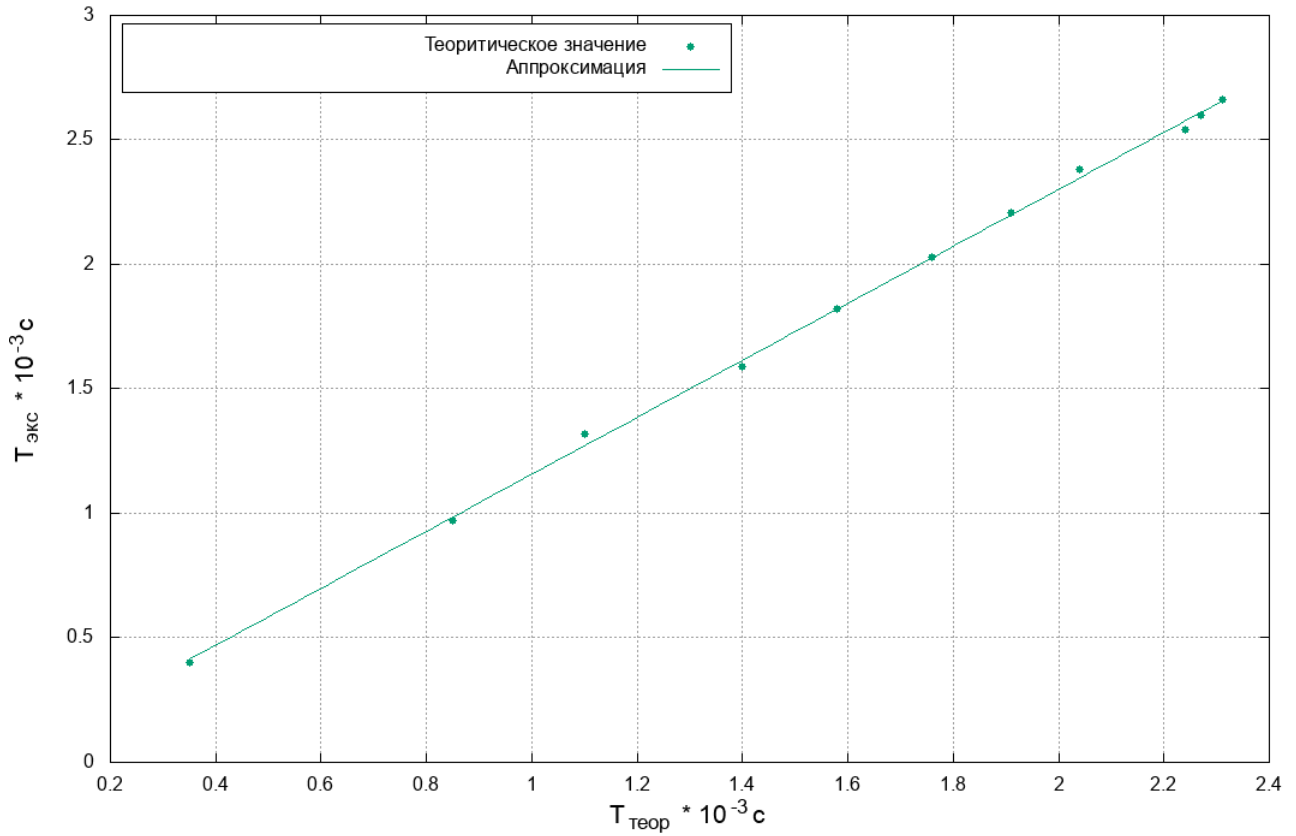


Рис. 2: График зависимости экспериментального значения периода от теоритического.

Наклон графика получился $k = 0.87 \pm 0.01$, что означает, что брать $L = 200 \text{ мГн}$ слишком оптимистично. Из уравнения (3) можно найти удовлетворяющую нас величину: $L = 150.7 \pm 0.5 \text{ мГн}$.

Емкость, при которой собственная частота колебаний составляет 5 кГц:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \nu_0^2 L} = 5 * 10^{-9} \text{ Ф} \quad (4)$$

$$R_{\text{crit}}^{\text{exp}} = 8.6 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{кат}} = 10.7 \text{ Ом при частоте колебаний в } 5 \text{ кГц.}$$

$$\Theta = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{U_k}{U_{k+n}} \right) \quad (5)$$

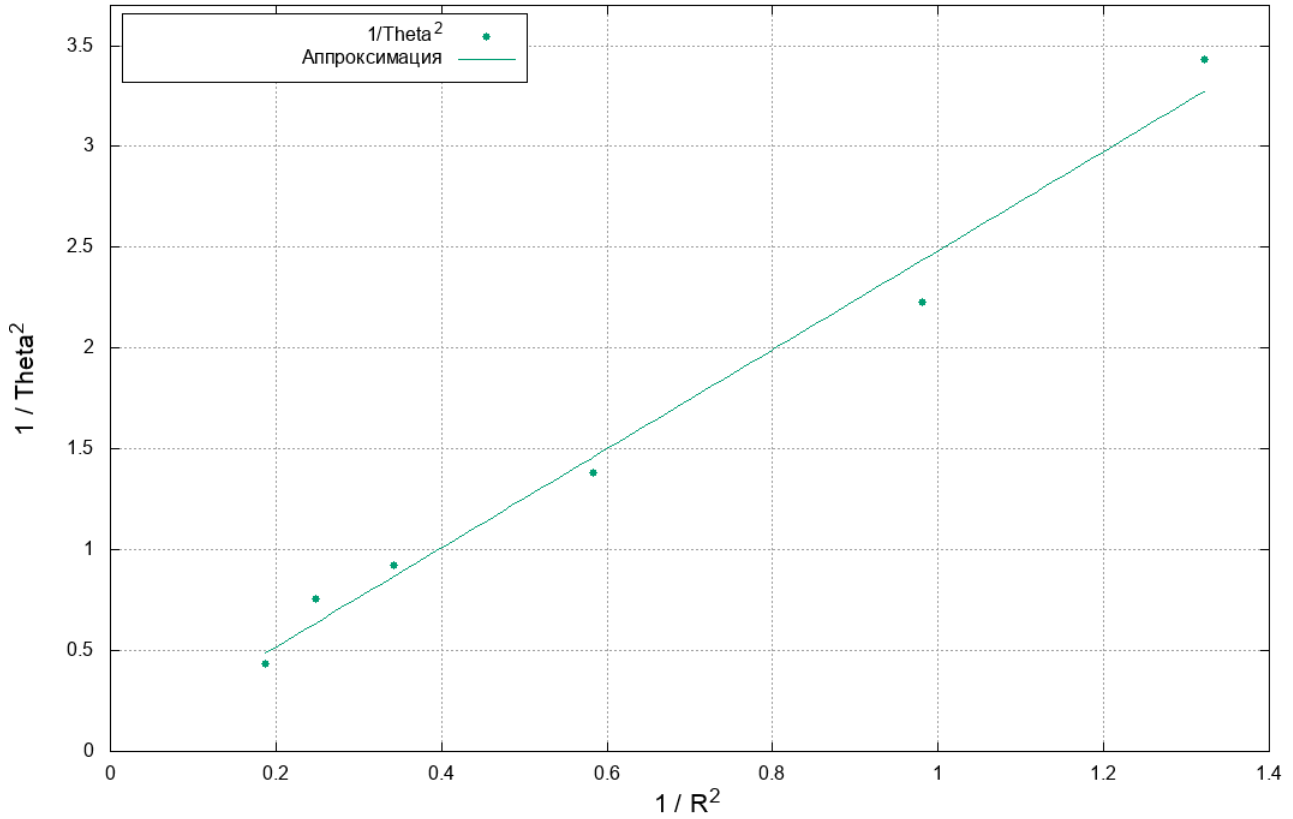
2. Рассчитаем значения Θ и R_{cont} (сопротивление контура, которое состоит из сопротивления магазина и сопротивления катушки). Значения занесем в таблицу (4)

Таблица 2: Измерение логарифмического декремента затухания.

$R_{\text{конт}} (\text{кОм})$	U_1 (дел)	U_2 (дел)	n	Θ
0.87	3	0.2	5	0.54
1.01	2.9	0.2	4	0.67
1.31	2.6	0.2	3	0.85
1.71	3.2	0.4	2	1.04
2.01	2	0.2	2	1.15
2.31	4.2	0.2	2	1.52

3. Построим график в координатах $1/\Theta^2 = f(1/R_{cont}^2)$ (Рисунок (3)). Определим критическое сопротивление R_{crit} по наклону прямой, приняв обозначения $1/\Theta^2 = Y$, $1/R_{cont}^2 = X$, можно показать, что:

Рис. 3: График зависимости обратной величины квадрата логарифмического декремента затухания от обратной величины квадрата сопротивления контура.



$$R_{crit} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta Y}{\Delta X}} \quad (6)$$

Из графика получаем $\frac{\Delta Y}{\Delta X} = 2.45$. $R_{crit} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta Y}{\Delta X}} = 9.83 \pm 0.12 \text{кОм}$

4. Рассчитаем R_{crit} по формуле (1) и сравним результаты: теоритический, графический и экспериментальный и сведем все в таблицу (3).

$$R_{crit} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 10.98 \text{кОм} \quad (7)$$

Таблица 3: Сравнение разных методов измерения критического сопротивления.

	$R_{\text{крит}}$ кОм
Теоритический	10.98
Графический	9.83 ± 0.12
Экспериментальный	8.6

5. Рассчитаем добротность контура для максимального и минимального значений Θ , используя равенства (2) и (9) и сравним с расчетом Q через параметры R , C , L по формуле (8). Сведем все в таблицу (4).

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (8)$$

$$Q = \frac{\pi}{\gamma T} = \frac{\pi}{\Theta} \quad (9)$$

Таблица 4: Измерение добротности.

Θ	$Q_{\text{экс}}$	R (кОм)	L (мГн)	C (пФ)	$Q_{\text{теор}}$	ΔQ
0.54	5.82	0.86	150.7	5	6.38	8.77%
1.52	2.07	2.3	150.7	5	2.39	13.3%

6. В таблицу (5) сведем зависимость омического сопротивления от частоты.

Таблица 5: Зависимость омического сопротивления от частоты.

	50 Гц	1 кГц	5 кГц
R_{cat} (Ом)	10.4	11.2	10.7
L (мГн)	145	141.35	141

4 Вывод.

В процессе работы были исследованы свободные колебания в электрическом контуре. Были найдены добротность колебаний и логарифмический декремент затухания Θ .