

Группа Р3110 К работе допущен \_\_\_\_\_

Студент Лебедев Вадим Антонович Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Коробков Максим Петрович Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.10

### Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний

#### 1. Цель работы.

Изучение характеристик свободных затухающих колебаний

#### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Произвести необходимые измерения и вычисления.
2. Построить графики: зависимости логарифмического декремента от сопротивления магистина, добротности от сопротивления цепи, экспериментального значения периода от емкости и теоретического значения периода от емкости.
3. Сформулировать выводы.

#### 3. Объект исследования.

Электромагнитные колебания

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Прямые многократные измерения

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$L = 10 \text{ мГн} \pm 10\%;$$

$$C_1 = 0,022 \text{ мкФ} \pm 10\%;$$

$$C_2 = 0,033 \text{ мкФ} \pm 10\%;$$

$$C_3 = 0,047 \text{ мкФ} \pm 10\%;$$

$$C_4 = 0,47 \text{ мкФ} \pm 10\%;$$

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{U_i}{U_{i+n}} \quad (1)$$

$$R = R_0 + R_m \quad (2) \quad L = \frac{\pi^2 R^2 C}{\lambda^2} \quad (3)$$

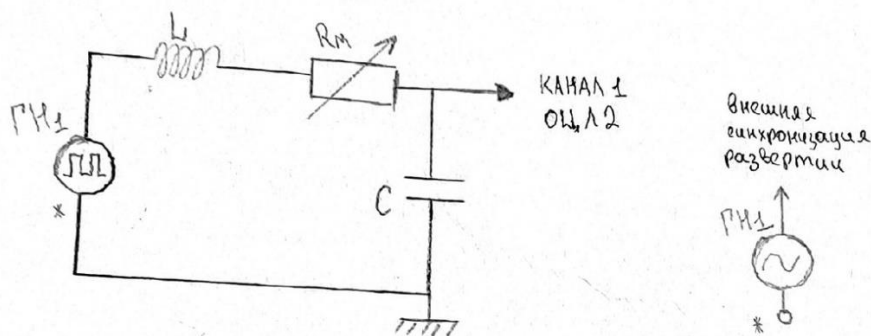
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (4) \quad Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}} \quad (5)$$

$$R_{кр} = 2 * \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6) \quad Q = \frac{1}{R} * \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (7)$$

## 6. Измерительные приборы.

№ n/n	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	-	-	-	-

## 7. Схема установки. (перечень схем, которые составляют Приложение 1)



Рабочая схема для изучения затухающих колебаний напряжения.

Буквой L обозначена катушка, используемая в качестве индуктивности, буквой C обозначен конденсатор,  $R_m$  – добавочное сопротивление, ГН1 – генератор переменного напряжения, ОЦЛ2 – канал осциллографа.

## 8. Результат прямых измерений и их обработки. (таблицы)

См. табл. 1(первые 5 столбцов) и табл. 2(первый столбец).

## 9. Расчет результатов косвенных измерений. (таблицы, примеры расчетов)

$R_m$ , Ом	T, мс	$2U_{i-1}$ , дел	$2U_{i+n}$ , дел	n	$\lambda$	Q	R, Ом	L, мГн
0	0,1	6,1	2,2	3	0,34	12,74	45	3,80
10	0,1	6	1,8	3	0,40	11,39	55	4,08
20	0,1	5,8	1,6	3	0,43	10,90	65	4,98
30	0,1	5,8	1,5	3	0,45	10,58	75	6,01
40	0,1	5,7	1	3	0,58	9,15	85	4,66
50	0,1	5,6	0,8	3	0,65	8,65	95	4,66
60	0,1	5,5	0,7	3	0,69	8,41	105	5,07
70	0,1	5,4	0,5	3	0,79	7,90	115	4,56
80	0,1	5,3	0,3	3	0,96	7,37	125	3,70
90	0,1	5,1	0,1	3	1,31	6,78	135	2,30
100	0,1	3,1	0,7	2	0,74	8,12	145	8,25

200	0,1	2,5	0,8	1	1,14	7,00	245	10,04
300	0,1	1,8	0,3	1	1,79	6,46	345	8,05
400	0,1	1,2	0,1	1	2,48	6,33	445	6,96

$$\lambda = \frac{1}{3} * \ln\left(\frac{6,1}{2,2}\right) = 0,34$$

$$Q = \frac{2*3,14}{1-e^{-2*0,34}} = 12,74$$

$$R = 45 + 0 = 45,6$$

$$L = \frac{3,14^2 * 55,6^2 * 0,022}{0,034^2} = 3,80$$

$R_0$  – вычислялся по методу наименьших квадратов, как точка пересечения аппроксимирующей прямой с осью абсцисс:

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}; a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$R_0 = a \approx 45 \text{ Ом}$$

Вычислим  $L_{cp}$  по полученным значениям индуктивности:

$$L_{cp} = 4,73$$

$$L = (10 \pm 1) \text{ мГн (данные, указанные на установке)}$$

Таблица 2			
С, мкФ	Тэксп, мс	Ттеор, мс	Сигма Т, %
0,022	0,08	0,06	24,6
0,033	0,1	0,08	27,1
0,047	0,13	0,09	38,4
0,47	0,42	0,30	38,1

$$T_{теор} = \frac{2 * 3,14}{\sqrt{\frac{1}{0,022 * 4,73} * \frac{45}{4 * 4,73^2}}} = 0,06$$

$$\delta T = \frac{0,08 - 0,06}{0,06 * 100} = 24,6$$

Вычислим период колебательного контура для сопротивлений магазина  $R_M = 0, 200, 400 \text{ Ом}$ :

$$T_0 = 0,093$$

$$T_{200} = 0,095$$

$$T_{400} = 0,099$$

$$Q_{(теор)} = \frac{1}{45} * \sqrt{\frac{10}{0,022 * 10^3}} = 14,98$$

$$R_{(крит)} = 1250 \text{ Ом(эксп)}$$

$$R_{(крит)} = 1348,4 \text{ Ом(теор)}$$

10. Расчет погрешностей.

$$\sigma(L) = \sqrt{\frac{\sum(L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}} = 0,38 \text{ мГц}$$

$$\Delta L_{\text{ср}} = t_{a,n} * \sigma(L) = 0,85 \text{ мГц}$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

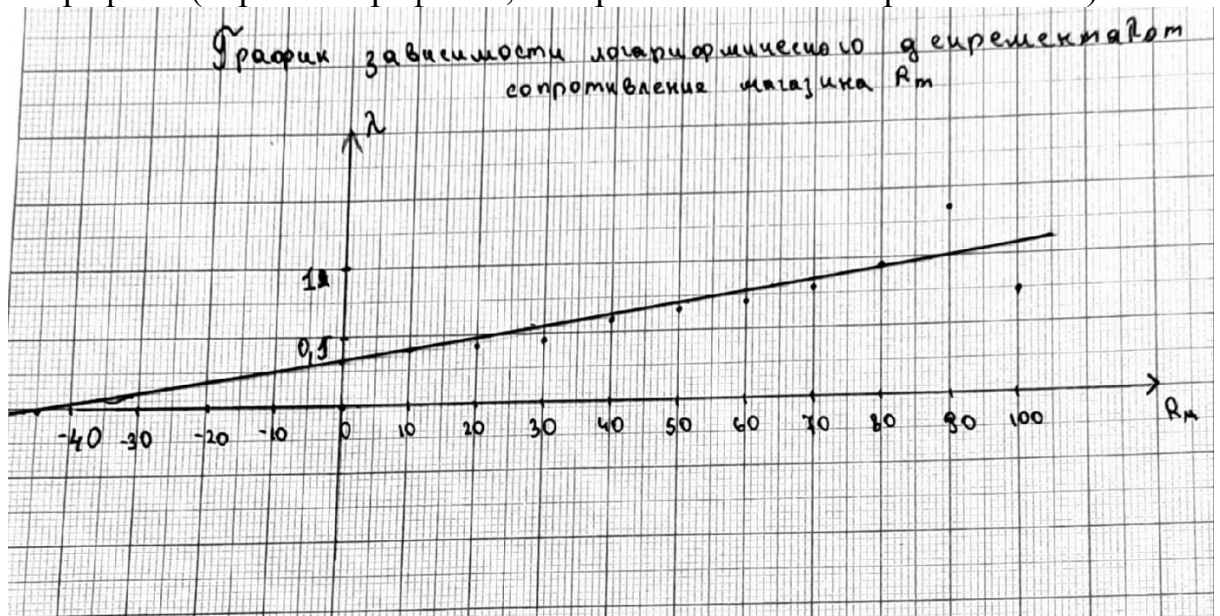
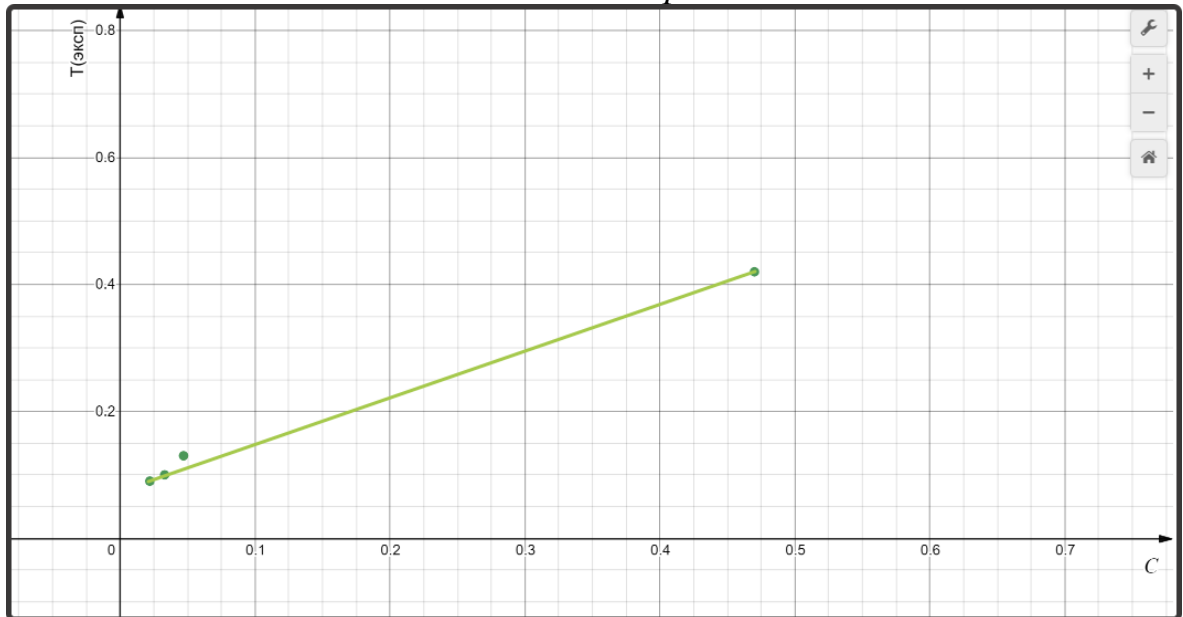


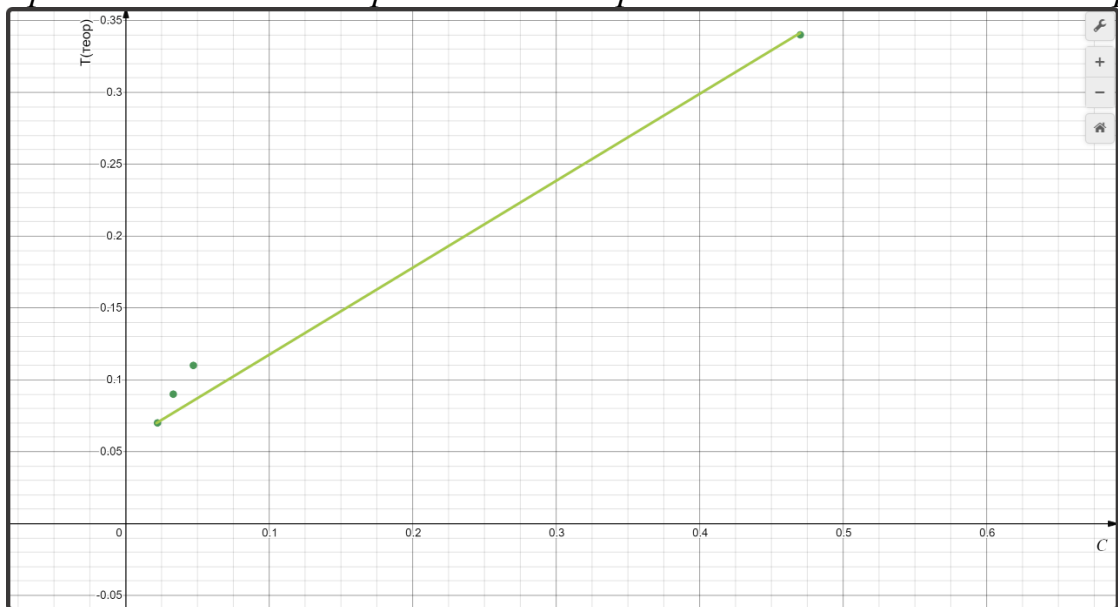
График зависимости добротности от сопротивления контура.



*График зависимости экспериментального периода от емкости конденсатора.*



*График зависимости теоретического периода от емкости конденсатора.*



## 12. Окончательные результаты.

1. Среднее значение индуктивности катушки и его погрешность:

$$L_{\text{ср}} = 4,73 \pm 0,85 \text{ мГн}$$

2. Собственное сопротивление цепи:

$$R_0 = 45 \text{ Ом}$$

3. Теоретическое и экспериментальное значение периода колебаний при  $R = 0,200, 400 \text{ Ом}$ :

$$T_{0(\text{эксп})} = T_{200(\text{эксп})} = T_{400(\text{эксп})} = 0,09 \text{ мс}$$

$$T_{0(\text{теор})} = 0,093 \text{ мс}$$

$$T_{200(\text{теор})} = 0,095 \text{ мс}$$

$$T_{400(\text{теор})} = 0,099 \text{ мс}$$

4. Теоретическая и экспериментальная добротность при  $R_M = 0$ :

$$Q_{0(\text{эксп})} = 12,74$$

$$Q_{0(\text{теор})} = 14,98$$

5. Теоретическое и экспериментальное значение критического сопротивления:

$$R_{\text{крит}(\text{эксп})} = 1250 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{крит}(\text{теор})} = 1348,4 \text{ Ом}$$

### 13. Выводы и анализ результатов работы.

1. Графики зависимостей теоретического периода колебаний от емкости и экспериментального периода колебаний от емкости практически идентичны.
2. Экспериментальная средняя индуктивность катушки меньше, чем теоретическая индуктивность стенда, равная 10.
3. Теоретические периоды колебаний при 0, 200, 400 Ом близки к экспериментальным.
4. Теоретическое значение добротности при 0 Ом практически совпадает с экспериментальным.
5. Теоретическое критическое значение сопротивления различается с экспериментальным меньше, чем на 100 Ом.
6. Что же касается использования формулы Томпсона, то исходя из пункта 1 становится понятно, что мы можем ее использовать т.к.  $\beta \ll \omega_0$ .

# Приложение 1.

RM, Ом	T, мс	2U <sub>i</sub> , дел	2U <sub>i+n</sub> , дел	n	$\lambda$	Q	R, Ом	L, мГн
0	0,1	6,1	2,2	3	0,34	12,34	45	3,8
10	0,1	6,0	1,8	3	0,4	11,39	55	4,08
20	0,1	5,8	1,6	3	0,43	10,8	65	4,88
30	0,1	5,8	1,5	3	0,45	10,58	75	6,01
40	0,1	5,7	1,0	3	0,58	9,15	85	4,66
50	0,1	5,6	0,8	3	0,65	8,65	85	4,66
60	0,1	5,5	0,7	3	0,69	8,41	105	5,07
70	0,1	5,4	0,5	3	0,79	7,9	115	4,56
80	0,1	5,3	0,3	3	0,86	7,27	125	3,7
80	0,1	5,1	0,1	3	1,31	6,48	135	2,3
100	0,1	3,1	0,7	2	0,741	8,12	145	8,25
200	0,1	2,5	0,8	1	1,14	7,0	245	10,04
300	0,1	1,8	0,3	1	1,79	6,46	345	8,05
400	0,1	1,2	0,1	1	2,46	6,33	445	6,86

C, мкФ	T <sub>эксп</sub> , мс	T <sub>теор</sub> , мс	$\delta T = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{теор}}}{T_{\text{теор}}}, \%$
0,022	0,09	0,07	38,4
0,033	0,10	0,09	46,8
0,047	0,13	0,11	51,2
0,17	0,42	0,34	30,8

$$R_{\text{вп}} = 1250 \text{ Ом}$$

20.05.20  
