



Группа РЗ114

К работе допущен 20.03.20 *И.И.И.*

Студент Попов Владимир Михайлович

Работа выполнена 20.03.20 *И.И.И.*

Преподаватель Климов Василий Александрович

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.10

Изучение свободных затухающих
электромагнитных колебаний

1. Цель работы.
*Изучение основных характеристик затухающих колебаний.
Получение $T_{теор}$ и сравнение с $T_{эксп}$.*
2. Задачи, решаемые при выполнении работы.
*Снятие показаний с осциллографа
получение $T_{теор}, T_{эксп}, \lambda, n, Q, V$
Построение графиков*
3. Объект исследования.
Электромагнитные колебания
4. Метод экспериментального исследования.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{U_i}{U_{i-n}} \right) \quad Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\pi}}$$

$$\lambda = \pi R \sqrt{\frac{C}{R}} \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

$$R_0 = -R_m|_{\lambda=0} \quad C = 0,022 \text{ мкФ}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	<i>Осциллограф ОЦ1-2</i>	<i>цифровой</i>	—	—
2				
3				
4				

Приложение 2

① Примеры вычисления λ, L, R, Q для $R_M = 0 \text{ all}$

$$\lambda_1 = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{U_i}{U_{i+n}} \right) = \frac{1}{3} \ln \left(\frac{4,8 \cdot \frac{1}{2}}{1,8 \cdot \frac{1}{2}} \right) = 0,33$$

$$R_1: R_0 = -R_M|_{\lambda=0} \Rightarrow R_0 = -(-60) = 60 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R_M + R_0 = 60 \text{ Ом}$$

$$L_1 = \frac{C \cdot (\pi R)^2}{\lambda_1^2} = \frac{0,022 \cdot (3,14 \cdot 60)^2}{0,33^2} = 7,31 \text{ мГн}$$

$$Q_1 = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda_1}} = \frac{2 \cdot 3,14}{1 - 2,7^{-2 \cdot 0,33}} = 13,11$$

② Погрешности L и λ

$$\Delta L = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial C} \Delta C \right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial R} \Delta R \right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial \lambda} \Delta \lambda \right)^2} \approx 0,002 \text{ мГн}$$

$$L_{\text{ср}} = 9,2 \text{ мГн} \quad \varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L_{\text{ср}}} \cdot 100 \approx 2\%$$

$$\Delta \lambda = \sqrt{\left(\frac{\partial \lambda}{\partial n} \Delta n \right)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial U_i} \Delta U_i \right)^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial U_{i+n}} \Delta U_{i+n} \right)^2} = 0,008$$

$$\lambda_{\text{ср}} = 0,77 \quad \varepsilon_\lambda = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_{\text{ср}}} \cdot 100 \approx 1\%$$

③ Подсчёт периода колебаний T для $R = 0,200,400 \text{ Ом}$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \Rightarrow T_0 = \frac{2 \cdot 3,14}{\sqrt{\frac{1}{7,31 \cdot 0,022 \cdot 10^{-6}} - \frac{60^2}{4 \cdot 7,31^2}}} = 0,08 \text{ мс}$$

$$T_{200} = 0,10 \text{ мс}$$

$$T_{400} = 0,13 \text{ мс}$$

$$T_{\text{ср}} = 0,10 \text{ мс}$$

Декремент затухания

не имеет единиц измерения,
в таблице измерений

у него нет единиц измерения.

④ Добротность контура при различных R

$$Q_1 = 13,11$$

$$Q_2 = 12,45$$

посчитаем Q для R_1 и R_2 и сравним

$$Q_{1,2} = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{60} \sqrt{\frac{7,8 \cdot 10^{-3}}{0,022 \cdot 10^{-6}}} = 9,5$$

$$Q_{2,2} = 8,7$$

⑤ Пример вычисления $T_{\text{теор}}$ и δT при $C = 0,022 \cdot 10^{-3}$

$$T_{\text{эксп}} = 0,09$$

$$T_{\text{теор}} = \frac{2 \cdot 3,14}{\sqrt{\frac{1}{9,13 \cdot 0,022 \cdot 10^{-3}} - \frac{60^2}{4 \cdot 9,13^2}}} = 0,089 \text{ мс}$$

$$\delta T_1 = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{теор}}}{T_{\text{теор}}} = 1\%$$

⑥ Вычисление β , ω_0 и δ

$$\beta = \frac{R}{2L} = \frac{60}{2 \cdot 9,13 \cdot 10^{-3}} = 3225 \text{ Ом/Гн}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{9,13 \cdot 10^{-3} \cdot 0,022 \cdot 10^{-6}}} \approx 70 \cdot 10^3 \frac{1}{\sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}}}$$

$$\cos \delta = \frac{\beta}{\omega_0} \Rightarrow \delta = \arccos\left(\frac{3225}{70 \cdot 10^3}\right) = 1,9$$

Условие $\beta \ll \omega_0$ выполняется

⑦ Вывод:

Построены графики зависимостей λ от R_m , Q от R , $T_{\text{теор}}$ от $T_{\text{эксп}}$.
Из лабораторной следует, что период не зависит от сопротивления

Таблица 1.

$R_M, \text{Ом}$	$T, \text{мс}$	$2U_i, \text{дел}$	$2U_{i+n}, \text{дел}$	n	λ	Q	$R, \text{Ом}$	$L, \text{мГн}$
0	0,09	4,8	1,8	3	0,33	13,11	60	7,31
10	0,09	4,6	1,6	3	0,35	12,45	70	8,58
20	0,09	4,4	1,2	3	0,43	10,86	80	7,40
30	0,09	4,3	1	3	0,49	10,12	90	7,43
40	0,09	4,2	0,8	3	0,55	9,40	100	7,10
50	0,09	4	0,8	3	0,54	9,56	110	9,12
60	0,09	3,8	0,7	3	0,56	9,30	120	9,82
70	0,09	3,8	1	2	0,67	8,54	130	8,23
80	0,09	3,6	0,8	2	0,75	8,08	140	7,52
90	0,09	3,5	0,8	2	0,74	8,15	150	8,96
100	0,09	3,4	0,7	2	0,72	8,22	160	10,01
200	0,09	2,4	0,7	1	1,10	7,04	260	12,15
300	0,09	1,7	0,3	1	1,73	6,48	360	9,34
400	0,09	1,2	0,2	1	1,79	6,46	460	14,30

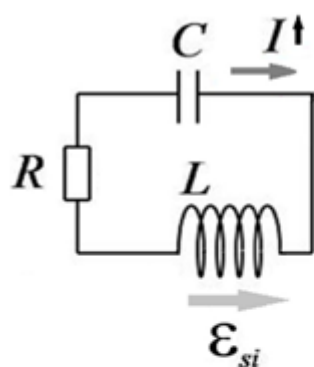
Таблица 2.

$C, \text{мкФ}$	$T_{\text{эксп}}, \text{мс}$	$T_{\text{теор}}, \text{мс}$	$\delta T = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{теор}}}{T_{\text{теор}}}, \%$
0,022	0,09	0,089	1 %
0,033	0,11	0,109	1 %
0,047	0,13	0,103	0 %
0,47	0,41	0,402	2 %

20.03.20

Приложение 1

Схема установки



Обозначим полное электрическое сопротивление контура R ,
индуктивность катушки L , ёмкость конденсатора C ,
ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_{si}

Графики зависимостей

