



Группа М3202 К работе допущен _____

Студент Кочубеев Николай Работа выполнена _____

Преподаватель Тимофеева Эльвира Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.10

Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний

1. Цель работы.

Изучение основных характеристик свободных затухающих колебаний

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Изучить период колебаний в контуре при разных сопротивлениях
2. Вычислить критическое сопротивление
3. Понять отличие слабозатухающих и быстро затухающих колебаний

3. Объект исследования.

Колебательный контур

4. Метод экспериментального исследования.

Измерение изменения показателей при изменении сопротивления и емкости.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Исходные данные:

$L = 10 \text{ мГн} \pm 10\%$ (индуктивность катушки)

$C_1 = 0,022 \text{ мкФ} \pm 10\%$ (емкость конденсатора 1)

$C_2 = 0,033 \text{ мкФ} \pm 10\%$ (емкость конденсатора 2)

$C_3 = 0,047 \text{ мкФ} \pm 10\%$ (емкость конденсатора 3)

$C_4 = 0,47 \text{ мкФ} \pm 10\%$ (емкость конденсатора 4)

$\lambda = \frac{\frac{R}{L}\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$ (ед. логарифмический декремент через параметры элементов контура)

$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{U_i}{U_{i+n}} \right)$ (ед. логарифмический декремент через амплитуду колебаний напряжения)

$\lambda \approx \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$ (ед. логарифмического декремента от сопротивления при $\beta \ll \omega_0$)

$R = R_m + R_0$ (Ом, Полное сопротивление, R_m – сопротивления магазина, R_0 – собственного сопротивления контура)

$R_0 = -R_m|_{\lambda=0}$ (Ом, собственное сопротивление контура)

$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$ (мс, период затухающих колебаний)

$Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}}$ (ед, добротность контура, *формула 1)

$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ (ед, добротность контура, *формула 2 при $\beta \ll \omega_0$, (β коэффициент затухания))

$$R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \text{ (Ом, критическое сопротивление контура расчетное)}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ (с, период по ф. Томсона при } \beta \ll \omega_0 \text{)}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \text{ (среднее квадратическое отклонение, } n \text{ – количество измерений)}$$

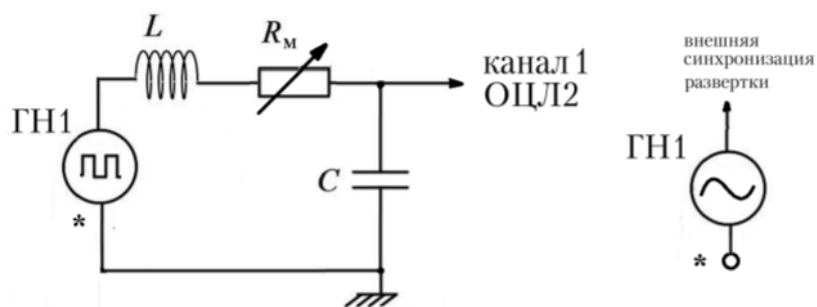
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \text{ (среднее арифметическое значение измеряемой величины, } x_i \text{ – измерение)}$$

$$\Delta_{\bar{x}} = t_{\alpha,n} S_{\bar{x}} \text{ (доверительный интервал случайной погрешности, } t_{\alpha,n} \text{ – коэффициент Стьюдента)}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Блок генератора напряжений ГН1			
2	Осциллограф ОЦЛ2			
3	Стенд с объектом исследования СЗ-ЭМ01			
4	Проводники Ш4/Ш2 (4 шт), Ш2/Ш2 (3 шт), 2Ш4/BNC (2 шт)			

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



8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

R _М , Ом	T, мс	2U _i , дел	2U _{i+n} , дел	n	λ	Q	R, Ом	L, мГн
0	0,1	6,4	2,3	3	0,341	12,71	55,8	5,81
10	0,1	6	2	3	0,366	12,11	65,8	7,02
20	0,1	5,8	1,8	3	0,39	11,60	75,8	8,20
30	0,09	5,5	1,4	3	0,456	10,50	85,8	7,69
40	0,09	5,3	1,1	3	0,524	9,68	95,8	7,26
50	0,08	5,2	0,8	3	0,624	8,81	105,8	6,24
60	0,08	5,1	0,7	3	0,662	8,56	115,8	6,64
70	0,08	5	0,6	3	0,707	8,30	125,8	6,87
80	0,08	4,9	1,2	2	0,745	8,11	135,8	7,21
90	0,08	4,7	1	2	0,774	7,98	145,8	7,70
100	0,08	4,4	0,8	2	0,852	7,68	155,8	7,26
200	0,08	3,2	0,8	1	1,386	6,70	255,8	-
300	0,07	2,4	0,5	1	1,567	6,57	355,8	-
400	0,07	1,5	0,2	1	2,015	6,40	455,8	-

C, мкФ	T _{эксп} , мс	T _{теор} , мс	$\delta T = -1 + \frac{T_{\text{эксп}}}{T_{\text{теор}}}, \%$
0,022	0,1	0,08	26,5
0,033	0,12	0,10	25
0,047	0,14	0,11	21,8
0,47	0,44	0,37	18,3

R_{кр} = 1000 Ом

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

$$4) y = 0,055x + 0,3069 \rightarrow R_0 = x_{(y=0)} = 55,8 \text{ Ом}$$

$$\text{Наклон: } 0,055 = \operatorname{tg}(\alpha) \rightarrow \alpha = 3,1^\circ$$

$$5) \lambda \approx \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \rightarrow L = \frac{\pi^2 R^2 C}{\lambda^2}$$

$$L_{\text{ср}} = 11^{-1} * \sum_{i=1}^{11} L_i = 7,08 \text{ мГн}$$

$$6) T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} = 0,079 \text{ мс}$$

$$T_{200} = 0,081 \text{ мс}$$

$$T_{400} = 0,086 \text{ мс}$$

$$7) Q_{(R_m=10)} = \frac{1}{R+R_m} \sqrt{\frac{L_{\text{ср}}}{C_1}} = 8,624$$

$$Q_{(R_m=40)} = 5,923$$

$$8) R_{\text{крит}_1} = 2 \sqrt{\frac{L_{\text{ср}}}{C_1}} = 1134,77 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{крит}_2} = R_{\text{пр}} + R_0 = 1155,00 \text{ Ом}$$

$$9) T_{\text{теор}} (\text{при } C_1) = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{L_{\text{ср}} C_1} - \frac{R^2}{4L_{\text{ср}}^2}}} = 0,079 \text{ мс}$$

$$T_{\text{теор}} (\text{при } C_2) = 0,096 \text{ мс}$$

$$T_{\text{теор}} (\text{при } C_3) = 0,115 \text{ мс}$$

$$T_{\text{теор}} (\text{при } C_4) = 0,372 \text{ мс}$$

$$T_{\text{Томс}} (\text{при } C_1) = 2\pi \sqrt{L_{\text{ср}} C_1} = 0,082 \text{ мс}$$

$$T_{\text{Томс}} (\text{при } C_2) = 0,100 \text{ мс}$$

$$T_{\text{Томс}} (\text{при } C_3) = 0,119 \text{ мс}$$

$$T_{\text{Томс}} (\text{при } C_4) = 0,387 \text{ мс}$$

$$\beta = \frac{R_0}{2L_{\text{ср}}} = 399$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{ср}} C_1}} = 25338 \text{ Гц}$$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$5) \Delta L_{cp1} = L_{min} - L_{cp} = 1,02 \text{ мГн}$$

$$\Delta L_{cp2} = L_{cp} - L_{min} = 1,27 \text{ мГн}$$

$$\Delta L_{cp1} < \Delta L_{cp2} \rightarrow \Delta L_{cp} = 1,27 \text{ мГн}$$

$$9) \delta T_1 = -1 + \frac{T_{\text{эксп}}}{T_{\text{теор}}} * 100\% = 26,6\%$$

$$\delta T_2 = 25\%$$

$$\delta T_3 = 21,7\%$$

$$\delta T_4 = 18,3\%$$

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

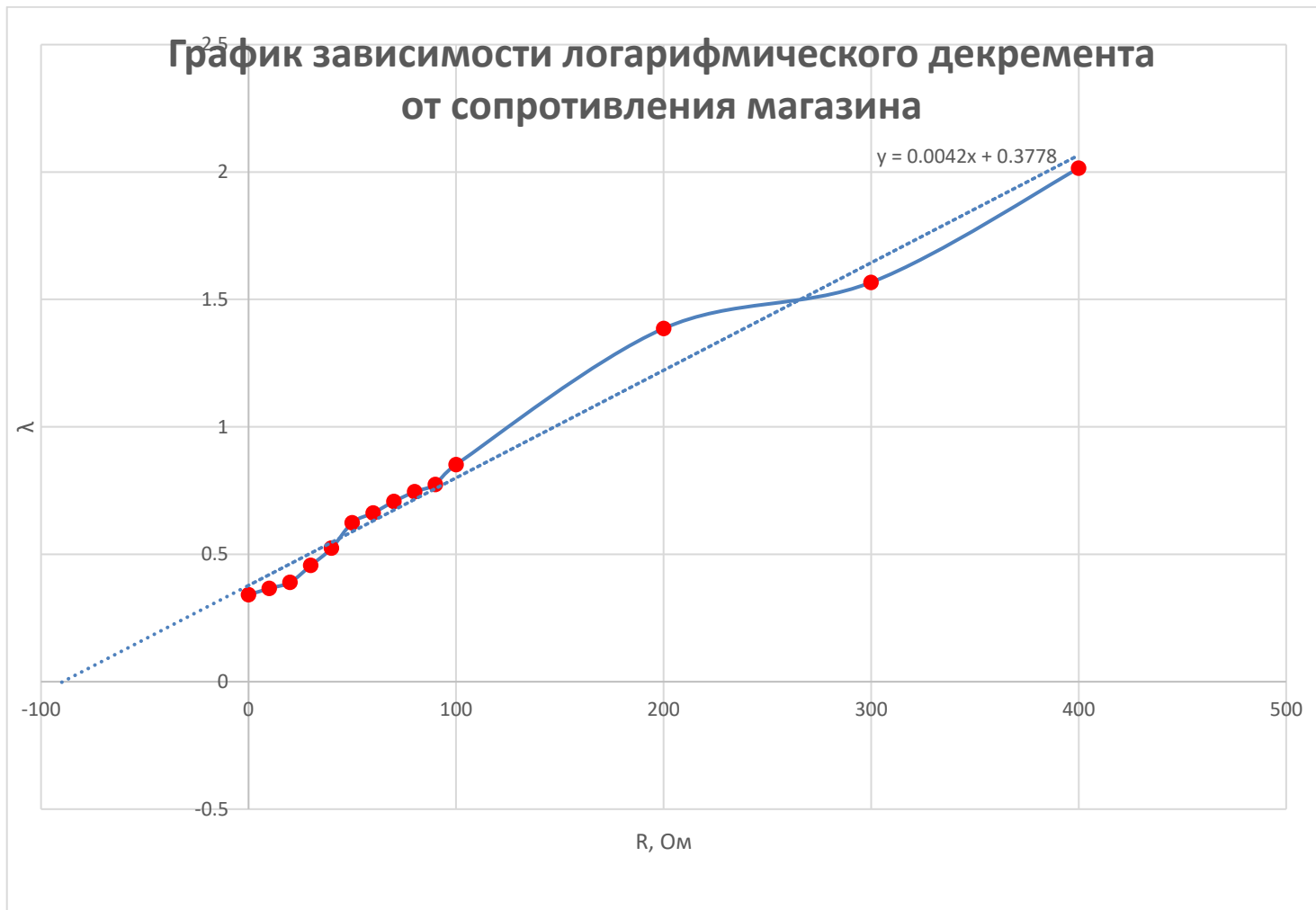
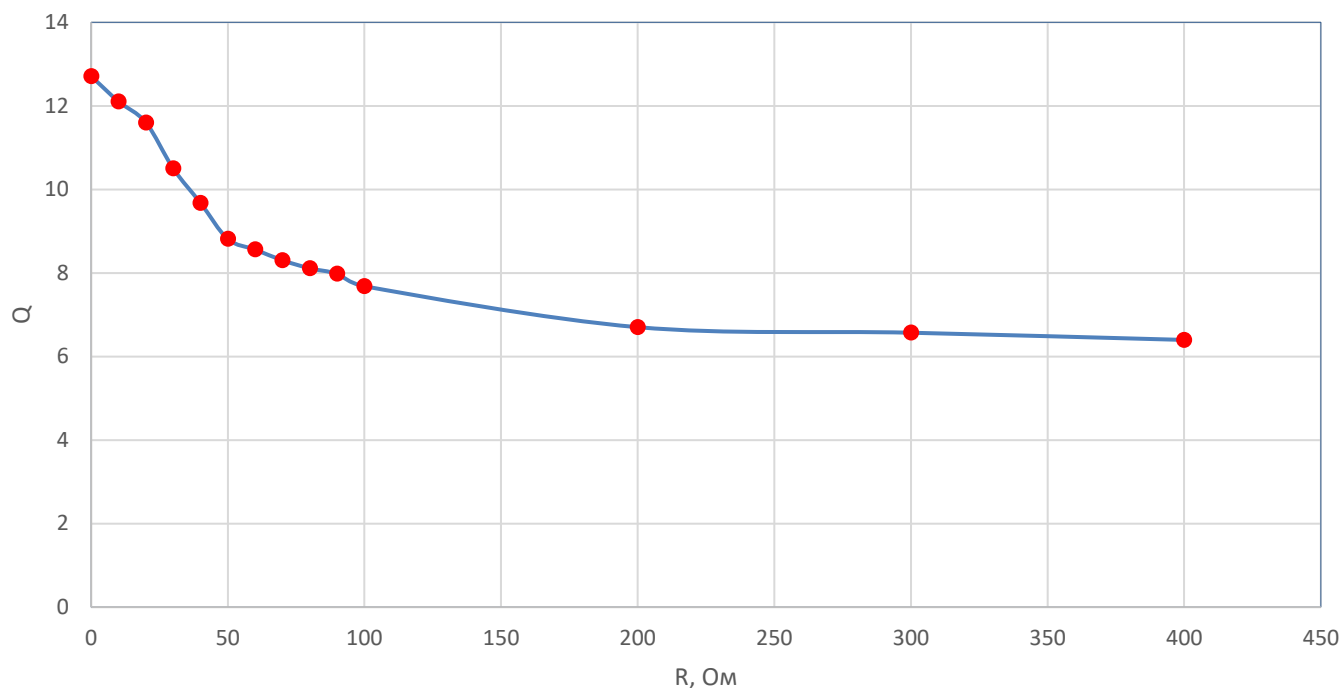
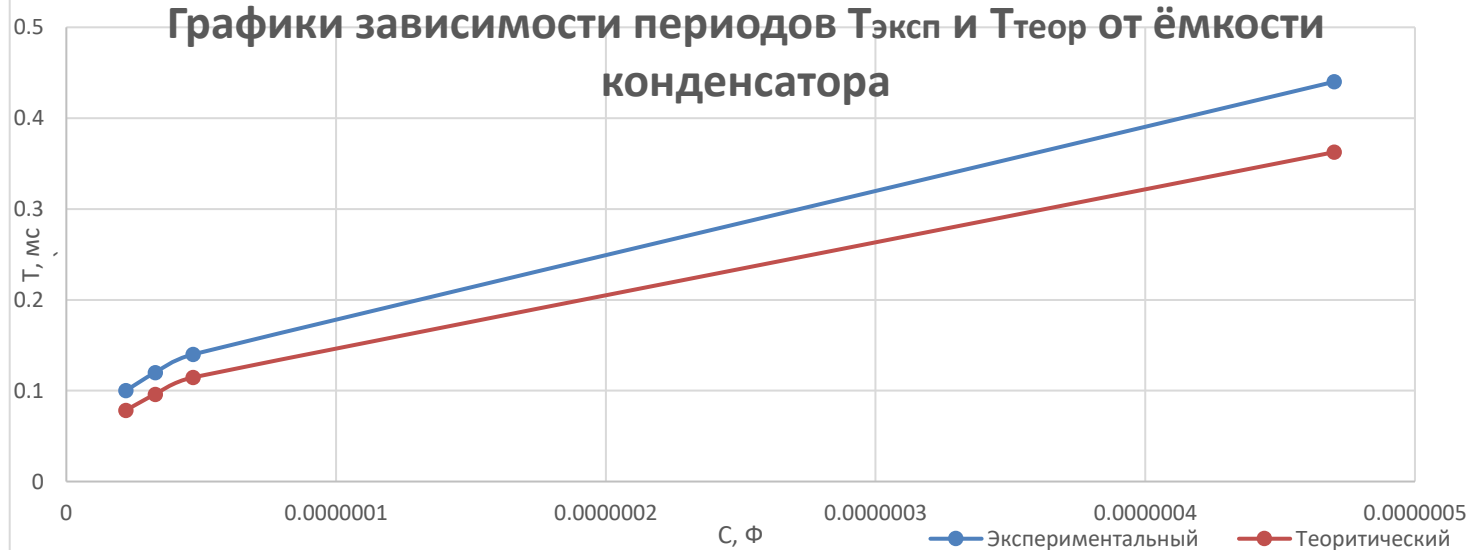


График зависимости добротности от сопротивления контура



Графики зависимости периодов $T_{\text{эксп}}$ и $T_{\text{теор}}$ от ёмкости конденсатора



12. Окончательные результаты.

$$5) L_{\text{CT}} = 10 \text{ мГн}$$

$$L_{\text{CP}} = 7,08 \text{ мГн}$$

$$L_{\text{CP}} < L_{\text{CT}}$$

$$6) T_0 = 0,079 \text{ мс}$$

$$T_{200} = 0,081 \text{ мс}$$

$$T_{400} = 0,086 \text{ мс}$$

$$T_{\text{табл}_0} = 0,100 \text{ мс}$$

$$T_{\text{табл}_{200}} = 0,080 \text{ мс}$$

$$T_{\text{табл}_{400}} = 0,070 \text{ мс}$$

$$T_0 < T_{\text{табл}_0}$$

$$T_{200} \approx T_{\text{табл}_{200}}$$

$$T_{400} > T_{\text{табл}_{400}}$$

$$7) Q_{(R_m=10)} = \frac{1}{R+R_M} \sqrt{\frac{L_{\text{CP}}}{C_1}} = 8,624$$

$$Q_{(T_{10})} = 12,105$$

$$Q_{(T_{10})} > Q_{(R_m=10)}$$

$$Q_{(R_m=40)} = 5,923$$

$$Q_{(T_{40})} = 9,675$$

$$Q_{(T_{40})} > Q_{(R_m=40)}$$

$$8) R_{\text{кр}_1} = 1134,87 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{кр}_2} = 1155 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{кр}_1} < R_{\text{кр}_2}$$

$$9) T_{\text{теор}}(C_1 - C_4) \approx T_{\text{Томс}}(C_1 - C_4)$$

$$\beta \ll \omega_0$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

- 5) Из-за особенностей эксперимента получается, что индуктивность стенда больше, чем средняя индуктивность.
- 6) Что-то больше, что-то меньше, а что-то примерно равно...
- 9) ф. Томпсона можно использовать, но будет точнее для C около 1 мкФ.

Вывод: я изучил основные характеристики свободных затухающих колебаний и научился работать с осциллографом. Произведя все вычисления и измерения, я увидел, что период от роста сопротивления сильно не меняется, а добротность контура уменьшается. Чем выше сопротивление, тем сильнее затухают колебания, следовательно, число колебаний уменьшается, а логарифмический декремент растёт.

Группа М3202

К работе допущен

Студент Кочубеев Николай

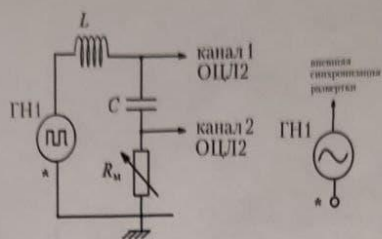
Работа выполнена

Преподаватель Тимофеева Эльвира

Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.10

Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний



8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

R _м , Ом	T, мс	2U _с , дел	2U _н , дел	n	λ	Q	R, Ом	L, мГн
0	0,1	6,4	2,4	3				
10	0,1	6	2	3				
20	0,1	5,8	1,8	3				
30	0,09	5,5	1,4	3				
40	0,09	5,3	1,1	3				
50	0,08	5,25	0,8	3				
60	0,08	5,15	0,6	3				
70	0,08	5	0,6	3				
80	0,08	4,9	1,2	2				
90	0,08	4,7	1	2				
100	0,08	4,4	0,8	2				
200	0,07	3,2	0,8	1				
300	0,07	2,2	0,6	1				
400	0,07	1,5	0,2	1				

R_н = 1000 Ом

C, мкФ	T _{эксп} , мс	T _{теор} , мс	δT = -1 + $\frac{T_{\text{эксп}}}{T_{\text{теор}}}$, %
0,02 ± 10%	0,09		
0,03 ± 10%	0,12		
0,04 ± 10%	0,14		
0,47 ± 10%	0,44		

30.09.21
Эльвира

14. Замечания преподавателя (исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт).