

Группа _____ Р3224 К работе допущен _____

Студент _____ Маликов Г. И. Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Смирнов А. В. 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. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Осциллограф	Цифровой	Настраиваемый	Настраиваемый

3. Экспериментальная установка

Оборудование, использованное для выполнения лабораторной работы:

1. Блок генератора напряжений ГН1.
2. Осциллограф ОЦЛ2.
3. Стенд с объектом исследования СЗ-ЭМ01.
4. Проводники Ш4/Ш2 (4 штуки), Ш2/Ш2 (3 штуки), 2Ш4/BNC (2 штуки).

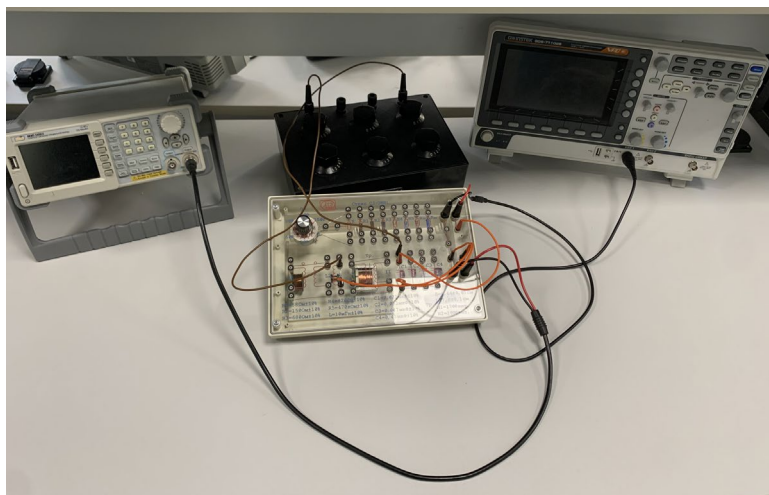


Рисунок 1 - Общий вид установки

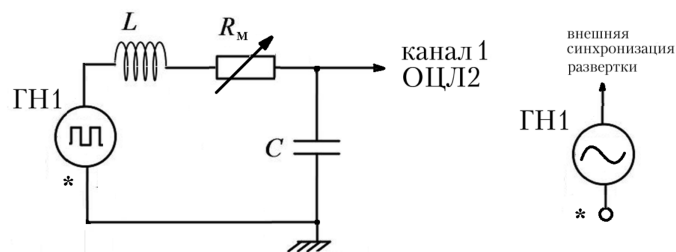


Рисунок 2 - Рабочая схема для первого случая

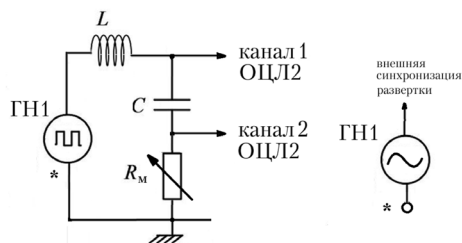


Рисунок 3 - Рабочая схема для второго случая

4. Результаты прямых измерений и их обработка.

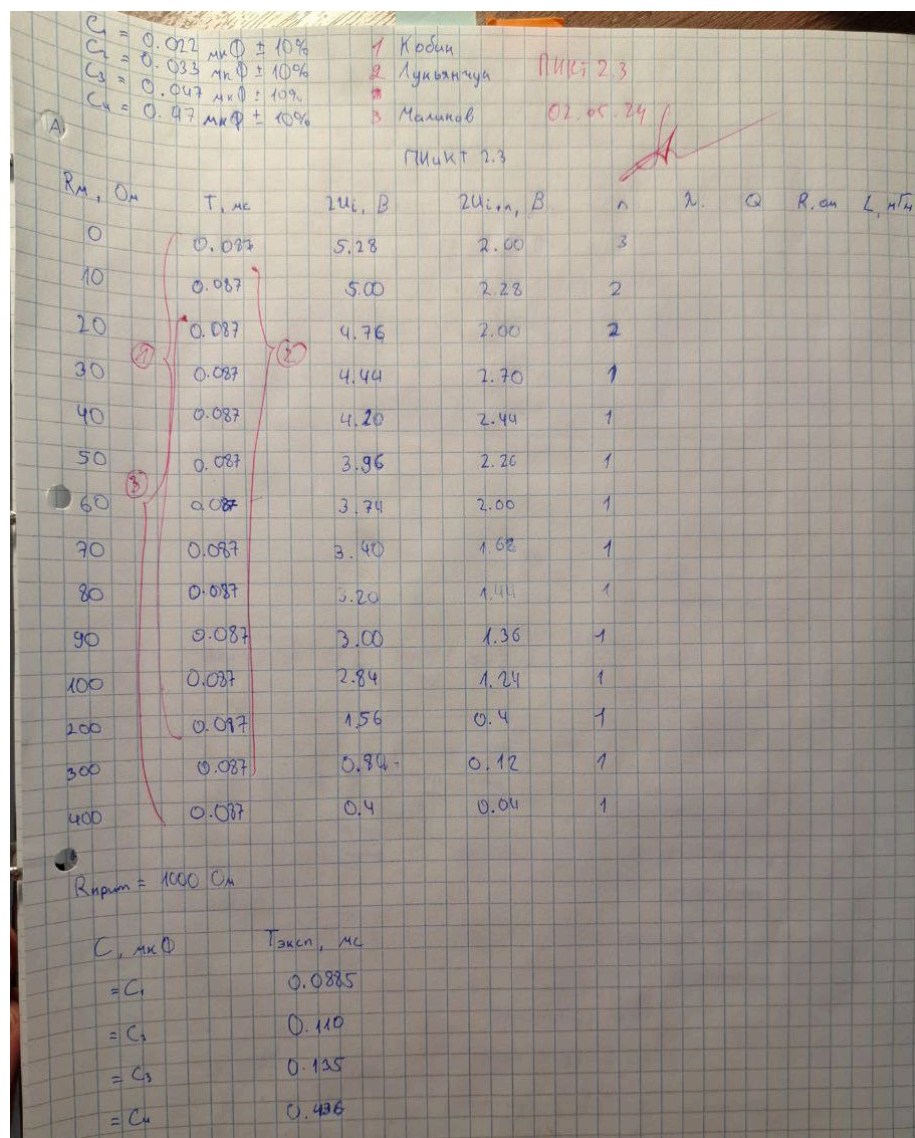


Рисунок 4 - Результаты измерений

Логарифмический декремент вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{2U_i}{2U_{i+n}}$$

Согласно графику зависимости логарифмического декремента λ от сопротивления магазина R_M получаем аппроксимирующую прямую равной $y = 0.0052x + 0.331$. Так угол наклона составляет $\arctan(0.0052) \approx 0.3^\circ$, а собственное сопротивление контура R_0 равен:

$$-R_M|_{\lambda=0} = -\left(\frac{-0.331}{0.0052}\right) \approx 63.654 \text{ Ом}$$

Для нахождения полного сопротивления воспользуемся формулой:

$$R = R_M + R_0$$

Индуктивность катушки находится по следующей формуле:

$$L = \frac{\pi^2 R^2 C}{\lambda^2}$$

Среднее значение L :

$$L_{cp} = 8.0922 \text{ мГн}$$

Значение индуктивности L катушки стенда составляет $10 \text{ мГн} \pm 10\%$

Вычислим период колебаний в контуре при $R_M = 200, 400 \text{ Ом}$ используя формулу

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

$R_M = 200 \text{ Ом}$:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \approx 0.086 \text{ мс}$$

Экспериментальное значение периода равен 0.087 мс , $\delta T = 0.95\%$

$R_M = 400 \text{ Ом}$:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \approx 0.094 \text{ мс}$$

Экспериментальное значение периода равен 0.087 мс , $\delta T = 7.42\%$

Вычислим добротность контура Q используя формулу:

$$Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}}$$

Для сравнения полученных результатов вычислим также по следующей формуле:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$R_M = 20 \text{ Ом}$:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{83.654} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{0.022 \cdot 10^{-6}}} \approx 8.059$$

$R_M = 30 \text{ Ом}$:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{93.654} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{0.022 \cdot 10^{-6}}} \approx 7.199$$

Сравнивая со значениями, вычисленными ранее, эти значения добротности оказываются меньше.

$R_M, \text{Ом}$	$T, \text{мс}$	$2U_i, \text{В}$	$2U_{i+n}, \text{В}$	n	λ	Q	$R, \text{Ом}$	$L, \text{мГн}$
20	0.087	4.76	2	2	0.4336	10.836	83.654	8.0838
30	0.087	4.44	2.7	1	0.4974	9.970	93.654	7.6976
40	0.087	4.2	2.44	1	0.5431	9.484	103.654	7.9096
50	0.087	3.96	2.26	1	0.5609	9.318	113.654	8.916
60	0.087	3.74	2	1	0.6259	8.800	123.654	8.4737
70	0.087	3.4	1.68	1	0.7050	8.313	133.654	7.8042
80	0.087	3.2	1.44	1	0.7985	7.879	143.654	7.0275
90	0.087	3	1.36	1	0.7911	7.908	153.654	8.1906
100	0.087	2.84	1.24	1	0.8287	7.763	163.654	8.4681
200	0.087	1.56	0.4	1	1.3610	6.725	263.654	8.1487
300	0.087	0.84	0.12	1	1.9459	6.414	363.654	7.5832
400	0.087	0.4	0.04	1	2.3026	6.347	463.654	8.8040

Таблица 1 - Результаты первого задания

Экспериментально было найдено значение сопротивления, при котором исчезает периодичность процесса разряда конденсатора $R_{\text{крит}} = 1000 \text{ Ом}$. Учитывая полное сопротивление $R = R_M + R_0$ получим $R_{\text{крит}} = 1063.654 \text{ Ом}$.

Найдем теоретическое критическое сопротивление используя формулу:

$$R_{\text{крит}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{0.022 \cdot 10^{-6}}} \approx 1348.399 \text{ Ом}$$

Вычислим теоретическое значение периода используя $L = 10 \text{ мГн}$ с формулой Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$C, \text{мкФ}$	$T_{\text{эксп}}, \text{мс}$	$T_{\text{теор}}, \text{мс}$	$\delta T = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{теор}}}{T_{\text{теор}}}, \%$
0.022	0.0885	0.0932	5.04
0.033	0.11	0.1141	3.63
0.047	0.135	0.1362	0.89
0.47	0.436	0.4308	1.22

Таблица 2 - Результаты второго задания

5.Графики

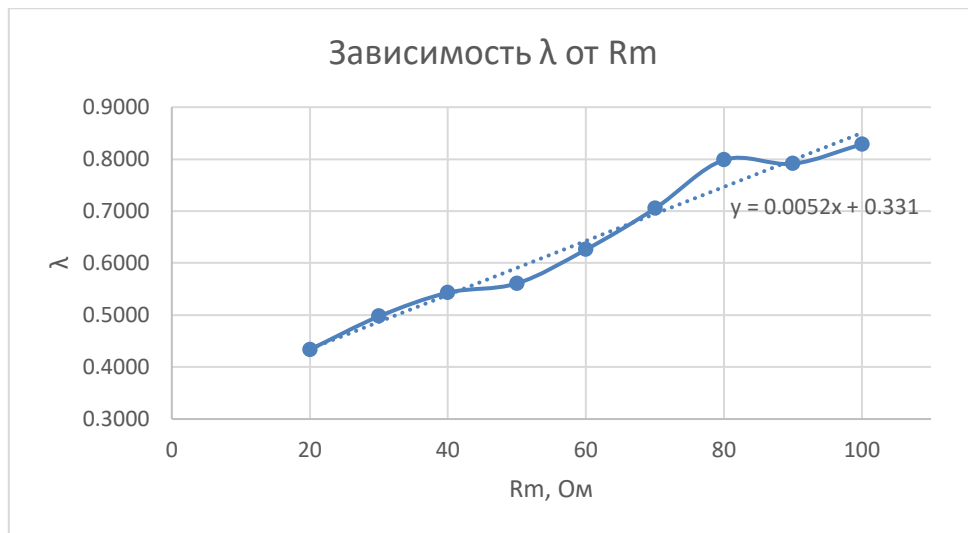


График 1 - Зависимость логарифмического декремента от сопротивления магазина

Зависимости логарифмического декремента от сопротивления в контуре линейна с аппроксимирующей прямой $y = kx + b, k = 0.0052, b = 0.331$

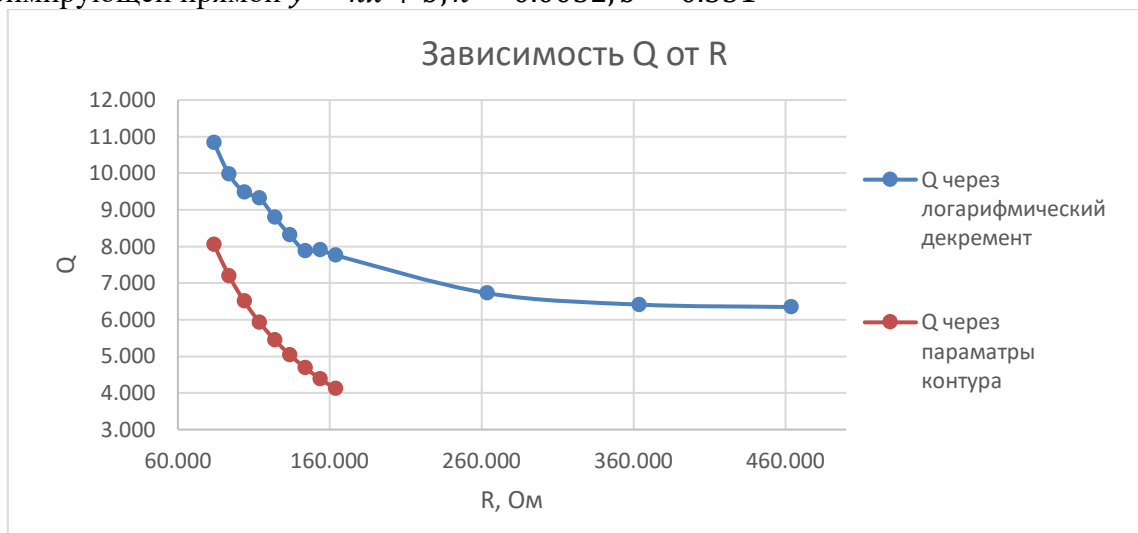


График 2 - Зависимость добротности от полного сопротивления

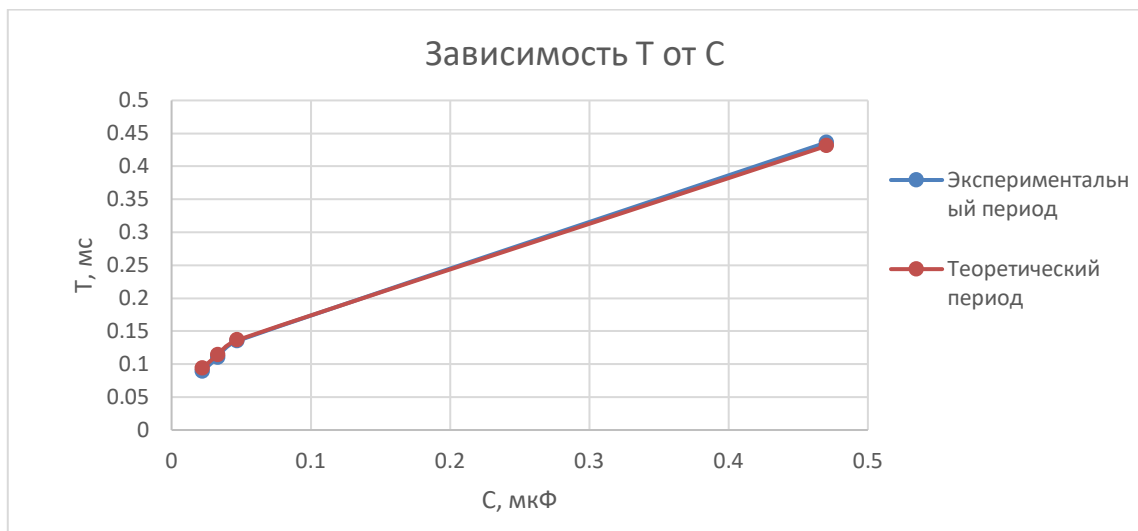


График 3 - Зависимость периода колебаний от ёмкостей конденсатора

6. Результаты

В ходе выполнения лабораторной работы были получены следующие значения:

Индуктивность катушки:

$$L_{cp} = 8.0922 \text{ мГн}$$

Сопротивление в контуре:

$$R_0 = 63.654 \text{ Ом}$$

Практическое критическое сопротивление контура:

$$R_{\text{крит}} = 1063.654 \text{ Ом}$$

Теоретическое критическое сопротивление контура:

$$R_{\text{крит}} = 1348.399 \text{ Ом}$$

7. Вывод

В ходе лабораторной работы были изучены основные характеристики свободных затухающих колебаний. Графически была подтверждена прямая зависимость логарифмического декремента от сопротивления в контуре. Также было подтверждено, что добротность контура обратно пропорциональна сопротивлению контура, а период колебаний возрастает с ростом емкости конденсатора. Экспериментально было найдено значение сопротивления, при котором исчезает периодичность процесса разряда конденсатора. Полученные результаты соответствуют теоретическим расчетам, что подтверждает правильность выполнения работы и корректность полученных данных.

8. Вопросы

1. Как в этой работе находят сопротивление катушки?
2. При каком значении R в исследуемом контуре зависимость $\lambda(R)$ отличается от линейной зависимости $\lambda = \frac{R}{2L} 2\pi\sqrt{LC}$ на 1%?
3. Откуда такое различие между добротностью, вычисленной через логарифмический декремент, и добротностью, вычисленной через параметры контура?
4. Найти величину $\frac{T^2}{C}$ для всех C .

1. Собственное сопротивление контура находится через аппроксимирующую прямую графика зависимости логарифмического декремента от сопротивления магазина. Логарифмический декремент напрямую связан с энергией, теряемой системой за один цикл колебаний. В идеальном контуре без потерь амплитуда колебаний не изменяется, и логарифмический декремент равен нулю.
2. Различия между значениями добротности могут возникать из-за того, что эти два определения описывают разные аспекты поведения колебательного контура. Добротность, определенная через параметры контура, описывает внутренние свойства контура, в то время как добротность, определенная через логарифмический декремент, описывает динамику колебаний в контуре.
- 3.

$$\left| \frac{\lambda(R) - \lambda}{\lambda(R)} \right| \leq 1\%$$
$$\lambda = \frac{R}{2L} 2\pi\sqrt{LC}$$
$$\lambda(R) = \beta \cdot T = \frac{R}{L} \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

$$\left| \frac{\frac{R}{L} \pi \sqrt{LC} - \frac{R}{L} \pi \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}}{\frac{R}{L} \pi \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}} \right| = \left| \frac{\sqrt{LC}}{1} - 1 \right| = \left| \sqrt{LC} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} - 1 \right| =$$

$$= \left| \sqrt{LC \left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right)} - 1 \right| = \left| \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4L}} - 1 \right|$$

Подставляя $C = 22 \cdot 10^{-9}$, $L = 10 \cdot 10^{-3}$

$$\left| \sqrt{1 - \frac{R^2 \cdot 22 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}} - 1 \right| \leq 0.01$$

$$\frac{-20\sqrt{10945}}{11} \leq R \leq \frac{20\sqrt{10945}}{11} \Rightarrow R \leq 190.2152 \text{ Ом}$$

4.

С, мкФ	$\frac{T_{\text{эксп}}^2}{C}$	$\frac{T_{\text{теор}}^2}{C}$
0.022	0.3560	0.3948
0.033	0.3667	0.3948
0.047	0.3878	0.3948
0.47	0.4045	0.3948

Так как теоретический период находится через $T = 2\pi\sqrt{LC}$, то при $\frac{T^2}{C} = 4\pi^2 L$. Это означает что в экспериментальных данных мы видим изменение индуктивности, при чем она увеличивается.