

Группа Р32141

К работе допущен _____

Студент Ушаков Максим Евгеньевич

Работа выполнена _____

Преподаватель Коробков М.П.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.11

«Вынужденные электромагнитные колебания в последовательном колебательном контуре»

1) Цель работы

- а. Изучение вынужденных колебаний и явлений резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре.

2) Задачи, решаемые при выполнении работы

- а. Построить график зависимости амплитуды выходного напряжения от частоты входного. По графику определить резонансную частоту, при которой амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе достигает наибольшего значения, и оценить величину добротности контура.
- б. Оценить добротность контура Q по формуле. Сравнить с полученным по графику.
- с. Построить график зависимости квадрата резонансной частоты от обратной емкости. По угловому коэффициенту графика найти индуктивность.
- д. Оценить величину активного сопротивления контура R .

3) Объект исследования

Вынужденные электромагнитные колебания.

4) Метод экспериментального исследования

Лабораторный эксперимент

5) Рабочие формулы и исходные данные

$$\Omega_{res}^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \quad - \text{связь квадрата резонансной частоты с обратной емкостью}$$

$$L = 0,01 \text{ Гн} \pm 10\%$$

$$R = 68 \text{ Ом} \pm 10\%$$

Представим Ω_{res}^2 как $\Omega_{res}^2 = A \frac{1}{C} + B$



$$y = Ax + B$$



МНК будет выглядеть:

$$A = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - A * \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{D} \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-2}} \quad - \text{среднеквадратичное отклонение коэффициента A}$$

$$d_i = y_i - (Ax_i + B)$$

$$D = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\Delta A = t_{0,95,6} * \sigma_A \quad - \text{абсолютная погрешность магнитной индукции Земли}$$

$$t_{0,95,14} = 2,57 \quad - \text{коэффициент Стьюдента}$$

6) Измерительные приборы

Таблица 1. Измерительные приборы

№	Наименование	Тип	Диапазон	Погрешность
1	Осциллограф	Электронный	-	-

7) Результаты измерений

Таблица 2. Измерения (Задание 1)

C, мкф	Э0, В	f, кГц	Авыход, В
0,1	4	3,0	5,58
		3,5	6,50
		4,0	7,90
		4,5	9,28
		4,6	9,44
		4,7	9,59
		4,8	9,68
		4,9	9,67
		5,0	9,52
		5,1	9,36
		5,2	9,20
		5,3	8,76
		5,4	8,45
		5,5	8,18
		5,6	7,68
		5,7	7,36
		5,8	6,96
		5,9	6,56
		6,0	6,24
		6,5	4,72
		7,0	3,86
		7,5	3,10

Таблица 3. Измерения (Задание 2)

C, мкФ	ε0, В	Ω рез, кГц	Авыход, В	Ω^2 рез, кГц^2	C^(-1), нФ^(-1)
1	1	47,63	14,20	2268,62	1,0000
3		30,12	10,14	907,21	0,3333
10		16,14	6,50	260,50	0,1000
30		9,50	4,30	90,25	0,0333
100		5,51	2,34	30,35	0,0100
300		2,36	1,53	5,57	0,0033

8) Расчеты результатов измерений

Задание 1

$$f_{\text{расч}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-9}}} = 5032,92 \text{ Гц} = 5,03 \text{ кГц}$$

- расчетная резонансная частота

$$\Omega_0 = f_{\text{граф}} \approx 4,8 \text{ кГц}$$

- резонансная частота по графику 1

$$\Delta\Omega \approx 5,82 - 3,59 = 2,23 \text{ кГц}$$

- ширина резонансной кривой по графику 2 ($A_{\text{расч}} = 6,84 \text{ В}$)

$$Q_{\text{граф}} = \frac{\Omega_0}{\Delta\Omega} \approx 2,15$$

- добротность контура по графику

$$Q_{\text{расч}} = \frac{U_{C_{\text{рез}}}}{\varepsilon_0} = \frac{9,68}{4} = 2,42$$

- расчетная добротность контура

Задание 2

$$A = \frac{6 \cdot 2600,4 - 1,48 \cdot 3562,5}{6 \cdot 1,12 - 2,19} = 2,183 \text{ Гц}^2 \cdot \Phi$$

$$L_{\text{расч}} = \frac{1}{4\pi^2 A} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 2,183} = 11,62 \text{ мГн}$$

- расчетная индуктивность

$$B = \frac{3562,5 - 2183 \cdot 1,48}{6} = 55,2767 \text{ МГц}^2$$

$$R^2 = -16\pi^2 B L^2$$



$$R = |i \cdot 4\pi\sqrt{B}L| = 4\pi\sqrt{B}L = 4\pi \cdot 11,62 \cdot \sqrt{55,2767} = 1085,64 \text{ Ом}$$

- активное сопротивление контура

9) Расчет погрешностей измерений

$$\Delta L = 0,01 \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$\Delta R = 0,68 \cdot 0,1 = 6,8 \text{ Ом}$$

$$\Delta f_{\text{расч}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}} \cdot \Delta \frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}} \cdot \Delta \frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}} \cdot \frac{\Delta L}{2L\sqrt{L}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1 \cdot 10^{-6}}} \cdot \frac{10^{-3}}{2\sqrt{10^{-6}}} = 0,25 \text{ кГц}$$

- погрешность резонансной частоты

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{0,757 \cdot 10^{18}} - \frac{26431,38 \cdot 10^{12}}{4}} = 0,093 \text{ Гц}^2 \cdot \Phi$$

$$\Delta A = t_{0,95,6} \cdot \sigma_A = 2,57 \cdot 0,093 = 239 \cdot 10^{-3} \text{ Гц}^2 \cdot \Phi$$

$$\Delta L_{\text{расч}} = \frac{1}{4\pi^2 A} = \frac{\Delta A}{4\pi^2 A^2} = \frac{239 \cdot 10^{-3}}{4\pi^2 \cdot 2,183^2} = 1,2 \text{ мГн}$$

10) Графики

График 1. Зависимость амплитуды напряжения выходного сигнала от частоты входного

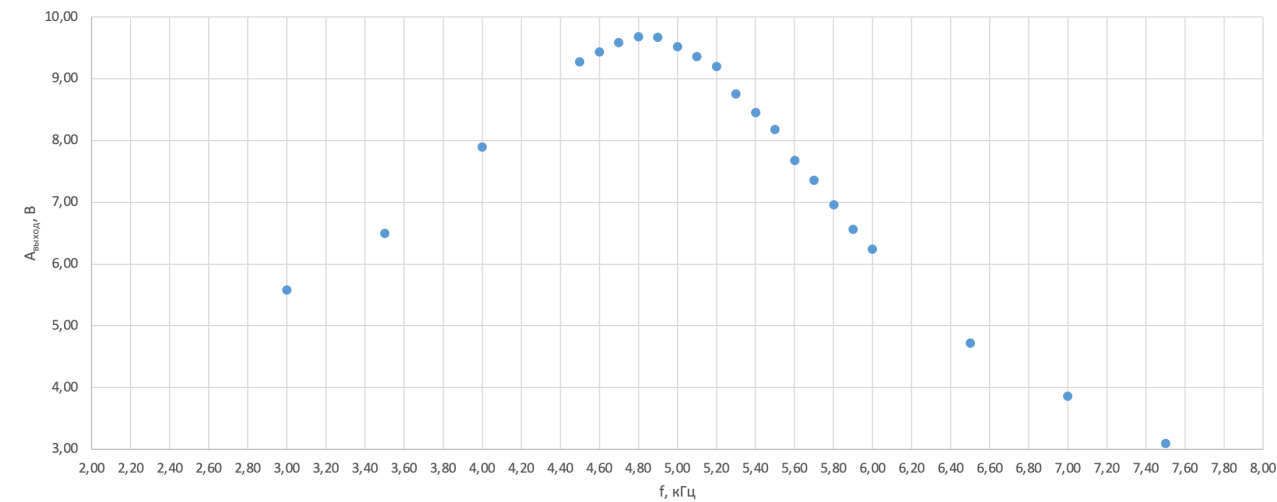


График 2. Резонансная кривая

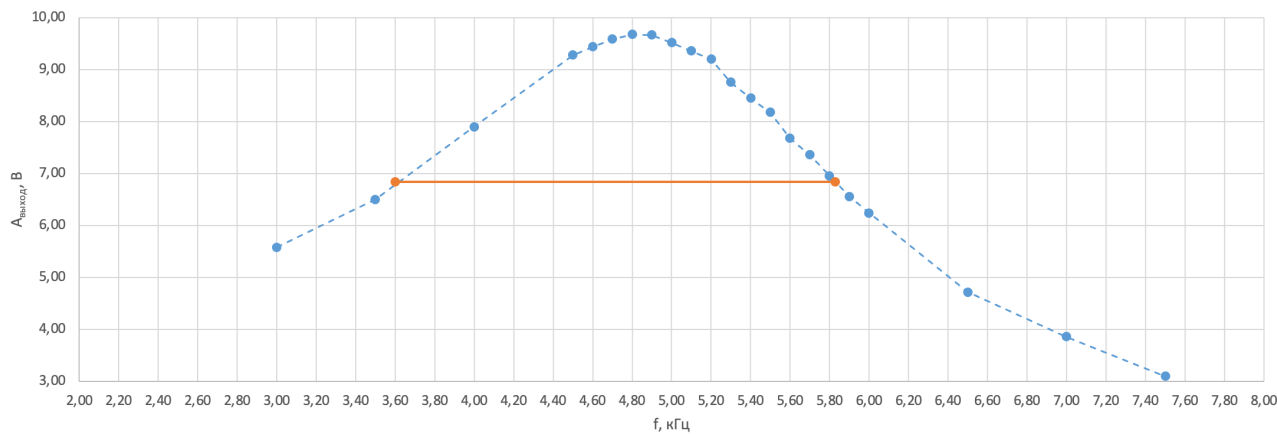


График 3. Зависимость квадрата резонансной частоты от обратной емкости конденсатора

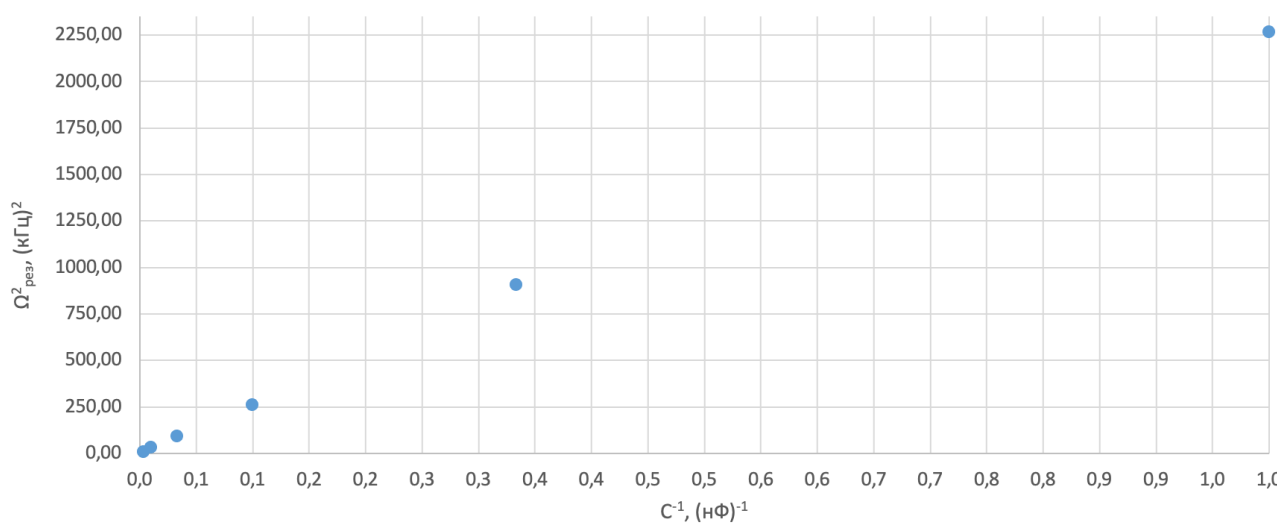
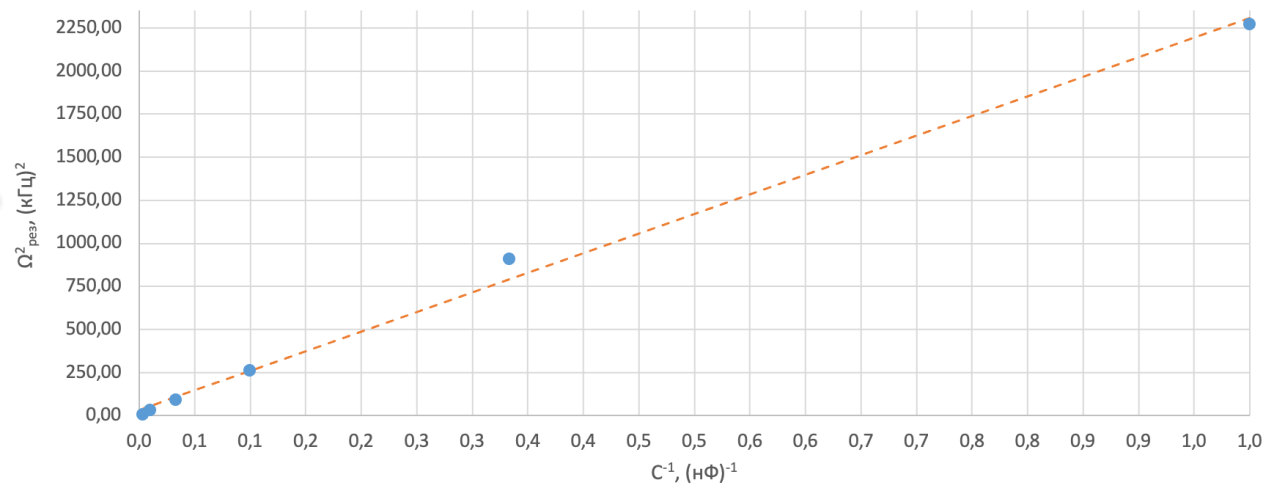


График 4. Аппроксимированная зависимость квадрата резонансной частоты от обратной емкости конденсатора



11) Окончательные результаты

Резонансная частота:

$$f_{\text{расч}} = (5,03 \pm 0,25) \text{ кГц}$$

$$f_{\text{граф}} \approx 4,8 \text{ кГц}$$

Добротность:

$$Q_{\text{граф}} = 2,15$$

$$Q_{\text{расч}} = 2,42$$

Индуктивность:

$$L_{\text{расч}} = (12 \pm 1,2) \text{ мГн}$$

$$R = 1085,64 \text{ Ом}$$

12) Выводы и анализ выполненной работы

В процессе выполнения лабораторной работы я изучил вынужденные колебания и явление резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре.

Графическим и расчетным методами были получены значения резонансной частоты. Значение, полученное графическим путем, является верным, так как оно попадает в диапазон погрешности, рассчитанной резонансной частоты. Этими же двумя методами была оценена добротность контура, значение соответственно тоже верно. Не получилось оценить погрешность из-за проблем с погрешностями осциллографа.

Также было рассчитаны значения индуктивности и активного сопротивления. Реальное значение индуктивности пересекается с полученным - это значит, что реальное значение лежит в диапазоне $(10,9 \pm 0,1) \text{ мГн}$.