

Группа М3201

К работе допущен _____

Студенты Ткачук С. А. и Чуб Д. О.

Работа выполнена _____

Преподаватель Громова Н. Р.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.12

Определение частотно-амплитудной характеристики для двух индуктивно связанных контуров

1. Цель работы

Изучение установившихся вынужденных колебаний в связанных линейных осциллирующих системах с двумя степенями свободы на примере электрических контуров с индуктивной связью

2. Задачи, решаемые при выполнении работы

1. Экспериментально определить нормальные частоты колебаний по резонансным частотам
2. Построить резонансную кривую для одиночного контура и для двух связанных контуров
3. Рассчитать добротность одиночного контура и системы двух индуктивно связанных контуров
4. Определить коэффициент связи и силу связи между контурами

3. Объект исследования

Электрические контуры с индуктивной связью

4. Метод экспериментального исследования

Лабораторный

5. Рабочие формулы

Квадрат парциальной частоты (L - индуктивность катушки, C - емкость конденсатора)

$$\omega_r^2 = \frac{1}{LC} \quad (1)$$

Добротность контура (ω_0 - резонансная частота, $\Delta\omega$ - полоса пропускаемых частот (между точками с уровнем амплитуды 0,707 от максимального))

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} \quad (2)$$

Зависимость собственных частот от коэффициента связи (K - коэффициент связи, ω_r - парциальная частота)

$$\omega_{1,2} = \frac{\omega_r}{\sqrt{1 \pm K}} \quad (3)$$

Коэффициент связи для одиночного контура (L_1 , L_2 - индуктивности катушек, L_{12} - коэффициент взаимной индукции)

$$K = \frac{L_{12}}{L_1 L_2} \quad (4)$$

Частота первой моды ($L_{\text{эфф}1} = L_2 + L_{12}$, C - емкость конденсатора)

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{эфф}1} C}} \quad (5)$$

Частота второй моды ($L_{\text{эфф}2} = L_2 - L_{12}$, C - емкость конденсатора)

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{эфф}2} C}} \quad (6)$$

Коэффициент связи для системы двух контуров ($K_1 = \frac{L_{12}}{L_1}$, $K_2 = \frac{L_{12}}{L_2}$)

$$K = \sqrt{K_1 K_2} \quad (7)$$

6. Измерительные приборы

	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон
1	Осциллограф цифровой запоминающий GDS-71102B	Электронный	0 - 100 МГц

7. Схема установки

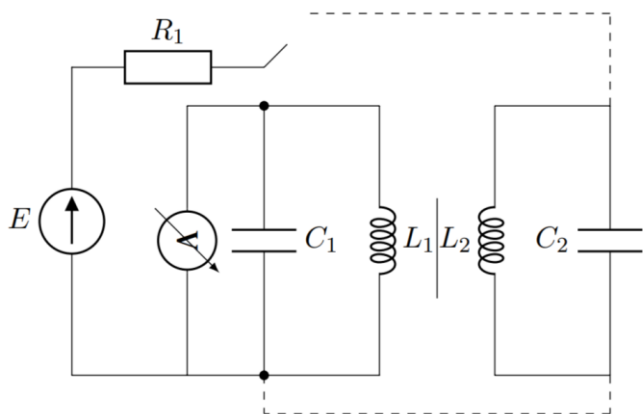


Рис. 1: Рабочая схема

8. Результаты измерений и их обработки

Упражнение 1: Резонансная кривая для одиночного контура

$$L_1 = L_2 = 11,7 \text{ мГн}$$

$$C_1 = C_2 = 1 \text{ мкФ}$$

Рассчитаем парциальные частоты по формуле (1):

$$\omega_{r1}^2 = \omega_{r2}^2 = \frac{1}{L_1 C_1} = \frac{1}{11,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 8,55 \cdot 10^7 \text{ Гц}^2$$
$$\omega_{r1} = \omega_{r2} = \sqrt{8,55 \cdot 10^7} = 9246 \text{ Гц}$$

Зависимость $U_{C_1} = U_{C_1}(\nu)$:

Таблица 1: АЧХ одиночного контура

№ п/п	ν , Гц	ω , рад/сек	U_{C_1} , В
1	1148	7215	4,02
2	1533	9632,12	4,67
3	2267	14244	5,36
4	4262	26778,9	5,91
5	8823	55436,5	5,6
6	11594	72847,3	5,3
7	17869	112274	4,11

Построим резонансную кривую для одиночного контура:

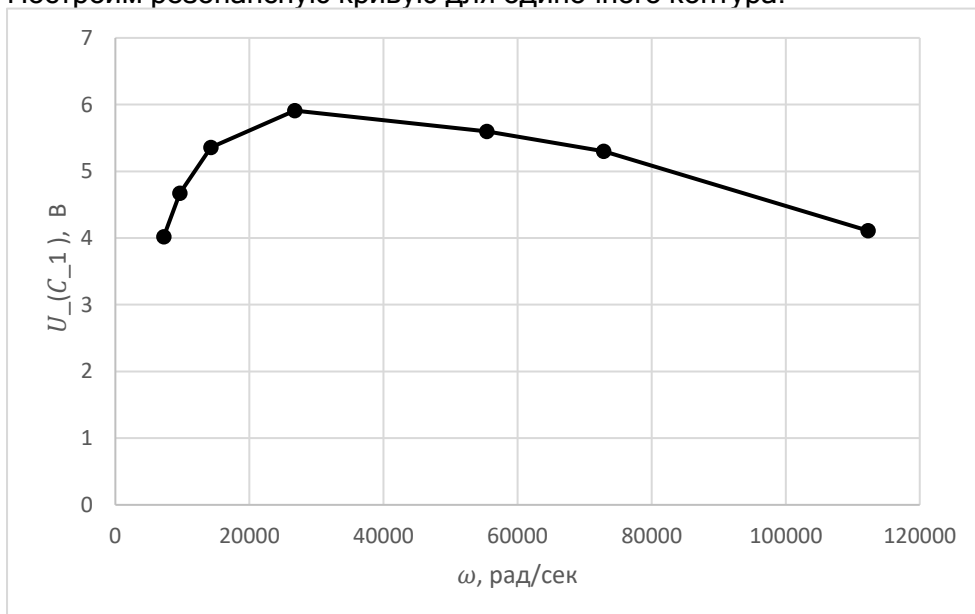


Рис. 2: Резонансная кривая для одиночного контура

Рассчитаем добротность Q_1 контура по полуширине резонансной кривой по формуле (2):

$$Q_1 = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{26778,9}{109954,78 - 7864,38} = 0,26$$

Используя выражение для нормальных частот (3), определим коэффициент связи K :

$$\omega_{1,2} = \frac{\omega_r}{\sqrt{1 \pm K}}$$

$$K = \left(\frac{\omega_r^2}{\omega_{1,2}^2} - 1 \right) = \left(\frac{9246^2}{26778,9^2} - 1 \right) = \pm 0,88$$

Следовательно коэффициент связи равен $K = 0,88$.

Через коэффициент связи определим коэффициент взаимной индукции L_{12} по формуле (4):

$$K = \frac{L_{12}}{L_1 L_2}$$

$$L_{12} = K \cdot L_1 \cdot L_2 = 0,88 \cdot 11,7 \cdot 11,7 = 120,46 \text{ мГн}$$

Упражнение 2: Резонансная кривая для индуктивно связанных контуров

Таблица 2: АЧХ индуктивно связанных контуров

№ п/п	ν , Гц	ω , рад/сек	U_{C_1} , В
1	1002	6295,75168	2,66
2	2700	16964,6003	6,26
3	4287	26936,0154	7,99
4	4468	28073,272	8,04
5	4595	28871,2365	8
6	5334	33514,5104	7,05
7	6426	40375,7488	4,41
8	6948	43655,5715	5,86
9	7549	47431,7659	7,07
10	8333	52357,7832	7,58
11	8730	54852,2077	7,6
12	9079	57045,0394	7,54
13	9605	60349,9949	7,38
14	11593	72840,9673	6,59

Построим резонансную кривую для двух контуров:

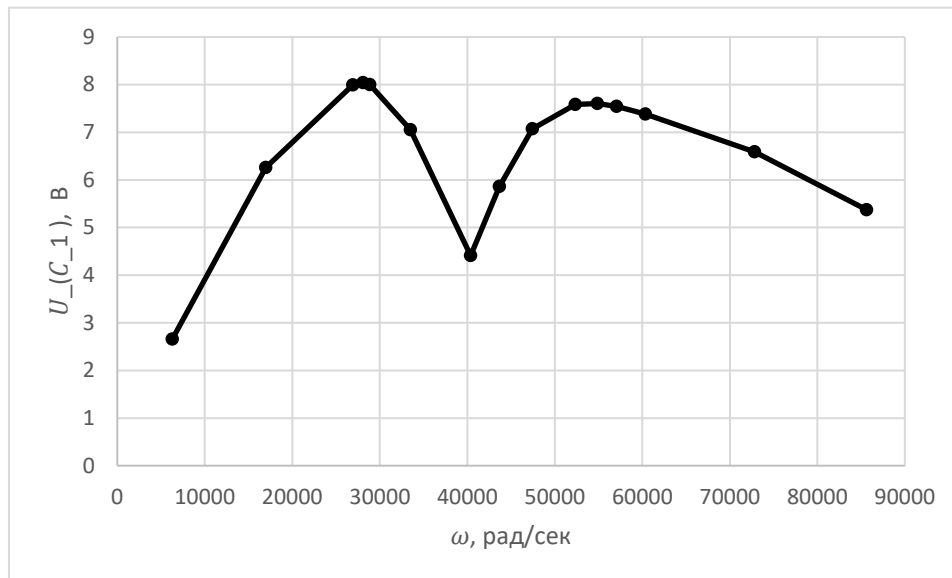


Рис. 3: Резонансная кривая для двух контуров

Рассчитаем добротность Q_1 контуров по полуширине резонансной кривой по формуле (2):

$$Q_1 = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{28073,272}{37459 - 15026} = 1,25$$

Рассчитаем добротность Q_2 контуров по полуширине резонансной кривой по формуле (2):

$$Q_2 = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{54852,2077}{85656 - 43187} = 1,29$$

По формуле (6) определим коэффициент взаимной индукции L_{12}

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{эфф}2}C}}$$

$$L_{\text{эфф}2} = \frac{1}{\omega_2^2 C}$$

$$L_{\text{эфф}2} = \frac{1}{54852,2077^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 0,0003 \text{ Гн} = 0,3 \text{ мГн}$$

$$L_{\text{эфф}2} = L_2 - L_{12}$$

$$L_{12} = L_2 - L_{\text{эфф}2}$$

$$L_{12} = 11,7 - 0,3 = 11,4 \text{ мГн}$$

Определим коэффициент связи K по формуле (7)

$$K_1 = K_2 = \frac{L_{12}}{L_1} = \frac{11,4}{11,7} = 0,97$$

$$K = \sqrt{K_1 K_2} = 0,97$$

Определим отношение $\frac{Q_1}{Q_2}$ и отношение ширин полос пропускания $\frac{\Delta\omega_1}{\Delta\omega_2}$.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 0,97$$

$$\frac{\Delta\omega_1}{\Delta\omega_2} = 0,53$$

9. Вывод и анализ результатов работы

В ходе проделанной работы мы изучили установившиеся вынужденные колебания в связанных осциллирующих системах на примере электрических контуров, при помощи полученных данных о резонансных частотах определили собственные нормальные частоты, а также вычислили коэффициент связи между контурами.