

Группа М3102 К работе допущен _____
Студент Фадеев Артем Владимирович Работа выполнена _____
Преподаватель Герт А. В Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №

Вынужденные электромагнитные колебания в последовательном колебательном контуре

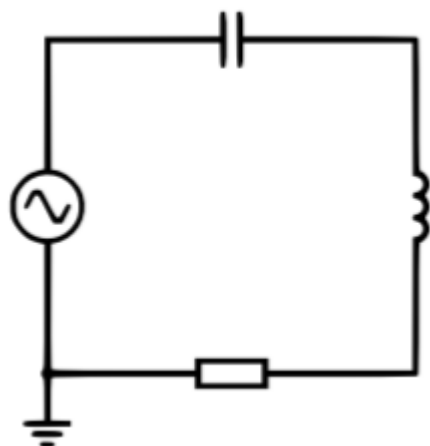
1. Цель работы:
 - Изучение вынужденных колебаний и явления резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре.
 - Изучение закона Ома для цепи переменного тока.
2. Задачи, решаемые во время выполнения работы:
 - Изучение явлений резонанса и зависимостей резонансных частот.
3. Объект исследования:
 - Вынужденные электромагнитные колебания.
4. Метод экспериментального исследования:
 - Виртуальная исследование.
5. Рабочие формулы и исходные данные:
 - $C = 100 \text{ нФ}$
 - $L = 10 \text{ мкГн}$
 - $R_1 = 1 \text{ Ом}$
 - $R_2 = 3 \text{ Ом}$
 - $\varepsilon = 5\text{В}$

$$\frac{U_{C_{res}}}{\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{LC}}{RC} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = Q, \quad \Omega_{I_{res}} = \Omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad Q = \frac{\Omega_0}{\Delta\Omega},$$
$$\beta_{1,2} = \frac{R_{1,2}}{2L} \quad \Omega = 2\pi f$$
$$\begin{cases} \Omega_{R_{res}} = \Omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \\ \Omega_{C_{res}} = \Omega_0 \sqrt{1 - 2 \left(\frac{\beta}{\Omega_0} \right)^2}; \\ \Omega_{L_{res}} = \frac{\Omega_0}{\sqrt{1 - 2 \left(\frac{\beta}{\Omega_0} \right)^2}}; \end{cases}$$

6. Измерительные приборы:

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Резистор		0-3 Ом	0.05 Ом
2	Конденсатор		0-100нФ	0.5нФ
3	Катушка		0-10мкГн	0.5мкГн
4				

7. Схема установки:



8. Результаты прямых измерений и их обработки:

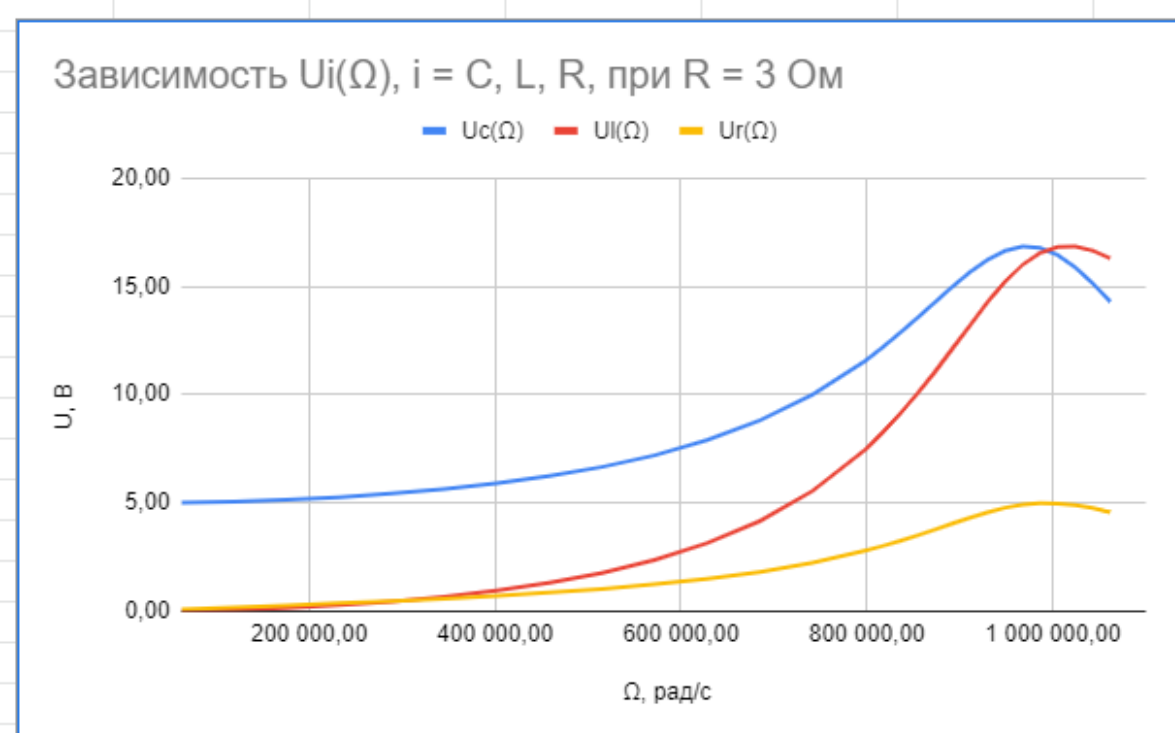
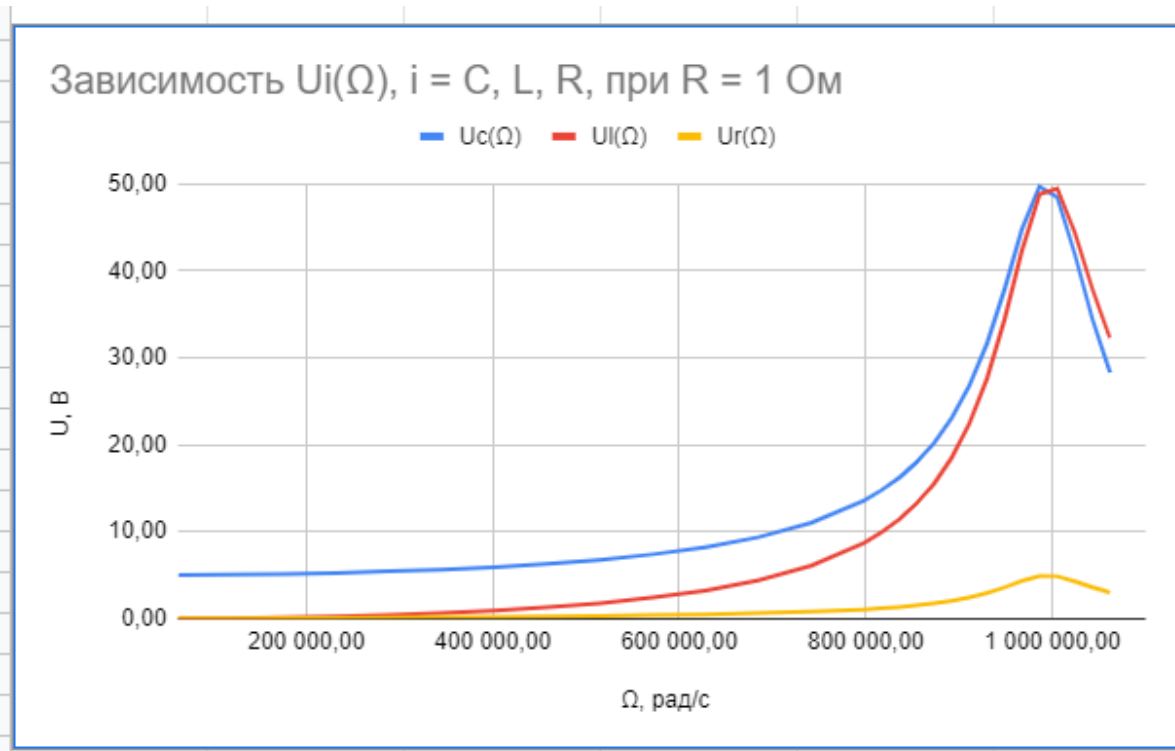
R = 1 Ом					
№	f	ω , рад / с	U_c , В	U_I , В	U_r , В
1	10	62 831,85	5,02	0,02	0,03
2	19	119 380,52	5,07	0,07	0,06
3	28	175 929,19	5,16	0,16	0,09
4	37	232 477,86	5,28	0,29	0,12
5	46	289 026,52	5,46	0,46	0,16
6	55	345 575,19	5,67	0,68	0,20
7	64	402 123,86	5,95	0,97	0,24
8	73	458 672,53	6,32	1,33	0,29
9	82	515 221,20	6,79	1,80	0,35
10	91	571 769,86	7,41	2,43	0,42
11	100	628 318,53	8,23	3,26	0,52
12	109	684 867,20	9,37	4,42	0,64
13	118	741 415,87	11,02	6,09	0,82
14	127	797 964,53	13,57	8,70	1,08
15	130	816 814,09	14,77	9,92	1,21
16	133	835 663,65	16,21	11,40	1,36
17	136	854 513,20	17,98	13,23	1,54
18	139	873 362,76	20,21	15,53	1,77
19	142	892 212,31	23,05	18,50	2,06
20	145	911 061,87	26,75	22,39	2,44
21	148	929 911,43	31,60	27,57	2,95
22	151	948 760,98	37,82	34,35	3,60
23	154	967 610,54	44,80	42,34	4,35
24	157	986 460,09	49,69	48,83	4,92
25	160	1 005 309,65	48,44	49,45	4,89
26	163	1 024 159,21	41,93	44,45	4,31
27	166	1 043 008,76	34,51	37,96	3,62
28	169	1 061 858,32	28,33	32,31	3,026

R = 3 Ом					
№	f	ω, рад / с	U _c , В	U _l , В	U _r , В
1	10	62 831,85	5,01	0,02	0,09
2	19	119 380,52	5,06	0,07	0,18
3	28	175 929,19	5,15	0,16	0,27
4	37	232 477,86	5,27	0,29	0,37
5	46	289 026,52	5,43	0,45	0,47
6	55	345 575,19	5,64	0,67	0,59
7	64	402 123,86	5,90	0,96	0,71
8	73	458 672,53	6,24	1,31	0,86
9	82	515 221,20	6,66	1,77	1,03
10	91	571 769,86	7,20	2,37	1,24
11	100	628 318,53	7,90	3,14	1,49
12	109	684 867,20	8,81	4,16	1,82
13	118	741 415,87	10,00	5,55	2,24
14	127	797 964,53	11,55	7,46	2,79
15	130	816 814,09	12,19	8,24	3,01
16	133	835 663,65	12,85	9,10	3,25
17	136	854 513,20	13,55	10,04	3,50
18	139	873 362,76	14,27	11,06	3,77
19	142	892 212,31	14,99	12,12	4,05
20	145	911 061,87	15,66	13,21	4,32
21	148	929 911,43	16,23	14,27	4,57
22	151	948 760,98	16,65	15,22	4,78
23	154	967 610,54	16,84	16,00	4,92
24	157	986 460,09	16,78	16,54	4,99
25	160	1 005 309,65	16,45	16,82	4,98
26	163	1 024 159,21	15,88	16,84	4,9
27	166	1 043 008,76	15,14	16,65	4,76
28	169	1 061 858,32	14,29	16,3	4,57

9. Расчет погрешностей:

- Относительная погрешность значений экспериментальных и расчётных добротностей:
 $\delta Q_1 = (1 - 10 / 9,938) * 100\% = 0,7\%$
 $\delta Q_2 = (1 - 3,33 / 3,36) * 100\% = 0,89\%$
- Относительная погрешность значений экспериментальных добротностей из графиков и расчётных добротностей:
 $\delta Q_1 = (1 - 9,938 / 9,52) * 100\% = 4,3\%$
 $\delta Q_2 = (1 - 3,36 / 3,12) * 100\% = 7,69\%$
- Относительные погрешности резонансных частот при R = 1 Ом:
 $\delta \Omega_{Rres} = (1 - 1000000 / 1005309) * 100\% = 0,52\%$
 $\delta \Omega_{Cres} = (1 - 997496 / 1005309) * 100\% = 0,7\%$
 $\delta \Omega_{Lres} = (1 - 1002510 / 1005309) * 100\% = 0,52\%$
- Относительные погрешности резонансных частот при R = 3 Ом:
 $\delta \Omega_{Rres} = (1 - 1000000 / 986460) * 100\% = 1,37\%$
 $\delta \Omega_{Cres} = (1 - 997496 / 967610) * 100\% = 3,08\%$
 $\delta \Omega_{Lres} = (1 - 1002510 / 1024159) * 100\% = 2,11\%$

10. Графики:



11. Окончательные результаты.

- Резонансная частота без учета активного сопротивления:
 $f_{расч} = 10000 \text{ кГц}$
- Экспериментальные значения добротностей:
 $Q_1 = 10$
 $Q_2 = 3,33$
 $U(C, res1) = 49,69 \text{ В}$
 $f = 157 \text{ кГц}$
 $U(C, res2) = 16,84 \text{ В}$
 $f = 154 \text{ кГц}$
- Расчетные значения добротностей:
 $Q_1 = U(C, res1) / \varepsilon = 49,69 \text{ В} / 5 \text{ В} = 9,938$
 $Q_2 = U(C, res2) / \varepsilon = 16,84 \text{ В} / 5 \text{ В} = 3,368$
- Экспериментальные значения добротностей, полученные из графиков:
Ширина первой кривой $U_c(\Omega)$ в резонансе = 105008
Ширина второй кривой $U_c(\Omega)$ в резонансе = 320442
 $Q_1 = 9,52$
 $Q_2 = 3,12$

Расчетные значения резонансных частот для $R_1 = 1 \text{ Ом}$:

$$\Omega_{Rres} = 1000000 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Cres} = 997496 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Lres} = 1002510 \text{ Гц}$$

Экспериментальные значения резонансных частот для $R_1 = 1 \text{ Ом}$:

$$\Omega_{Rres} = \Omega_{Cres} = \Omega_{Lres} = 1005309 \text{ Гц}$$

Расчетные значения резонансных частот для $R_2 = 3 \text{ Ом}$:

$$\Omega_{Rres} = 1000000 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Cres} = 997241 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Lres} = 1023290 \text{ Гц}$$

Экспериментальные значения резонансных частот для $R_2 = 3 \text{ Ом}$:

$$\Omega_{Rres} = 986460 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Cres} = 967610 \text{ Гц}$$

$$\Omega_{Lres} = 1024159 \text{ Гц}$$

$$\beta_1 = 50000$$

$$\beta_2 = 150000$$

12. Выводы и анализ работы:

- В ходе выполнения работы были проведены измерения резонансных частот и были выполнены их теоретические расчеты для разных значений активного сопротивления. Погрешности получились небольшими, не более трех процентов. При меньшем коэффициенте затухания получены более близкие к собственной частоте колебания контура значения резонансных частот. Проведены так же измерения добротностей контуров и их теоретические вычисления.