

Лабораторная работа 3.2.5

Свободные и вынужденные колебания в электрическом контуре

Шилов Артем Б01-306

30 октября 2024 г.

1. Ход работы

1.1. Измерение периодов свободных колебаний

Соберем установку с рисунка 1, выставим $R = 0$ Ом, $L = 100$ мГн, $C = 0$ нФ, однако контур сам по себе обладает некоторым C_0 , благодаря которому в контуре реализуются свободные колебания

Измерим с помощью осциллографа период затухающих колебаний $10T = 656$ мкс, по периоду колебаний вычисляем значение емкости C_0 , по формуле

$$C_0 = \frac{T^2}{4\pi^2 L} = 1,09 \text{ нФ}$$

Изменяя емкость C проведем измерения 10 периодов

C , нФ	1.09	2.09	4.09	6.09	8.09	10.09
T , мкс	65.6	90.8	127.0	155.1	178.8	199.7
T_{theor} , мкс	65.6	90.8	127.1	155.1	178.7	199.6

1.2. Критическое сопротивление и декремент затухания

Рассчитаем C , при котором собственная частота колебаний $\nu = 1/(2\pi\sqrt{LC}) = 6500$ Гц, $C = 6$ нФ. Для выбранных L и C рассчитаем критическое сопротивление контура $R_{cr} = 8168$ Ом по формуле $R_{cr} = 2\sqrt{L/C}$

Установим на магазине емкость, близкую к рассчитанной увеличивая сопротивление до критической, пронаблюдаем картину затухающих колебаний. При сопротивлении $R = 6$ кОм колебательный режим переходит в апериодический.

Изменяя сопротивление запишем зависимость логарифмического декремента от сопротивления

R , Ом	410	600	800	1000	1200	1600
U_1	588	660	470	610	360	550
U_2	400	370	250	250	150	140
U_3	284	220	140	100	70	40
U_4	192	130	—	40	—	—
θ	0.35	0.54	0.61	0.91	0.82	1.31

1.3. Свободное колебание на фазовой плоскости

Проведем аналогичные измерения, но уже на фазовой плоскости и запишем результаты в таблицу.

R, Ом	410	600	800	1000	1200	1600
U_1	21	20	20	19	18	17
U_2	14	12	10	8	6	4
U_3	10	7	5	3	2	1
θ	0.37	0.52	0.69	0.92	1.10	1.42

1.4. Исследование резонансных кривых

Выставим значение емкости $C = 6$ нФ и сопротивление $R = 410$ Ом (на этом моменте мы вспомнили, что забыли про C_0 и не учитывали его в течение всей лабораторной работы, поэтому нужно пересчитать частоту, $\nu_{res} = 6015$ Гц, критическое сопротивление $R_{cr} = 7511$ Ом)

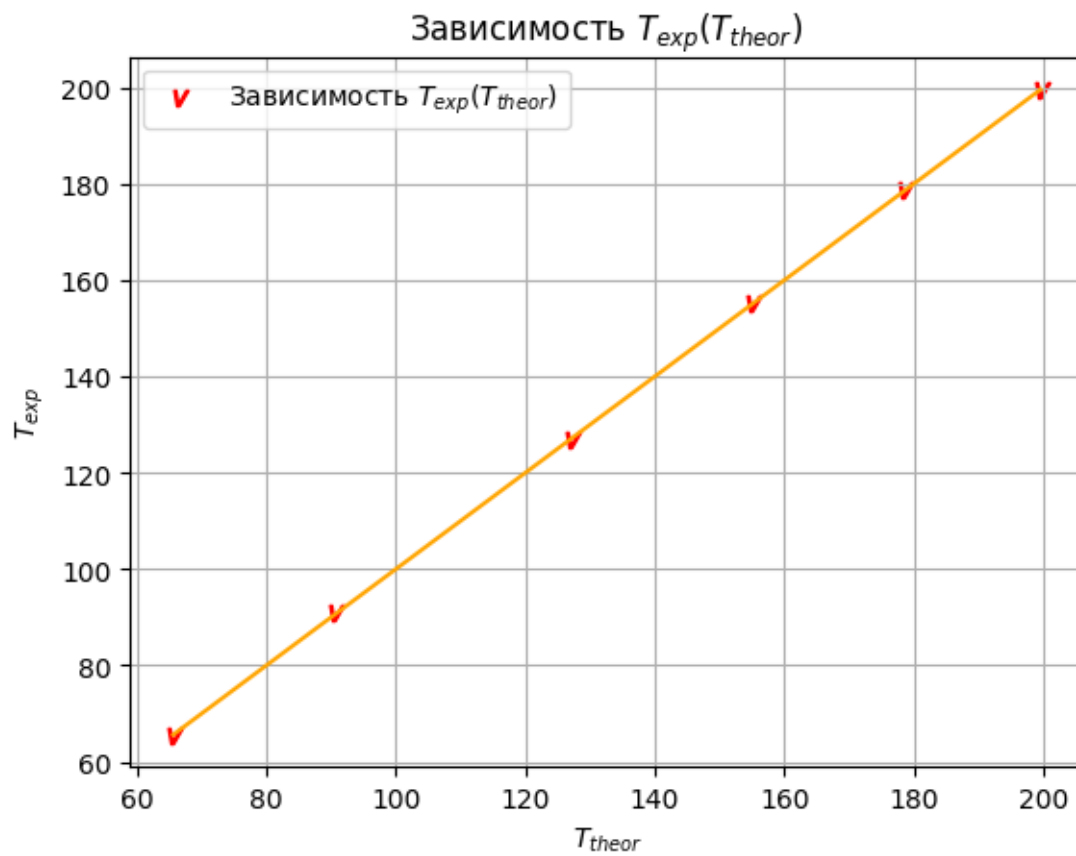
Изменяя частоту генератора вблизи резонансной частоты, находим резонансную частоту $\nu = 6010$ Гц и ее амплитуду $2U_{res} = 16.7$ В.

Снимем АЧХ вблизи резонанса

ν , Гц	5300	5390	5480	5570	5660	5750	5840
$2U$, В	7	7.8	8.9	10.2	11.7	13.7	15.2
ν , Гц	5930	6020	6110	6200	6290	6380	6470
$2U$, В	16.4	16.6	16.2	15	13.8	12.6	11
ν , Гц	6560	6650	6740	6830	6920	7010	7100
$2U$, В	10.2	9.4	8.5	8.1	7.7	7.1	6.7

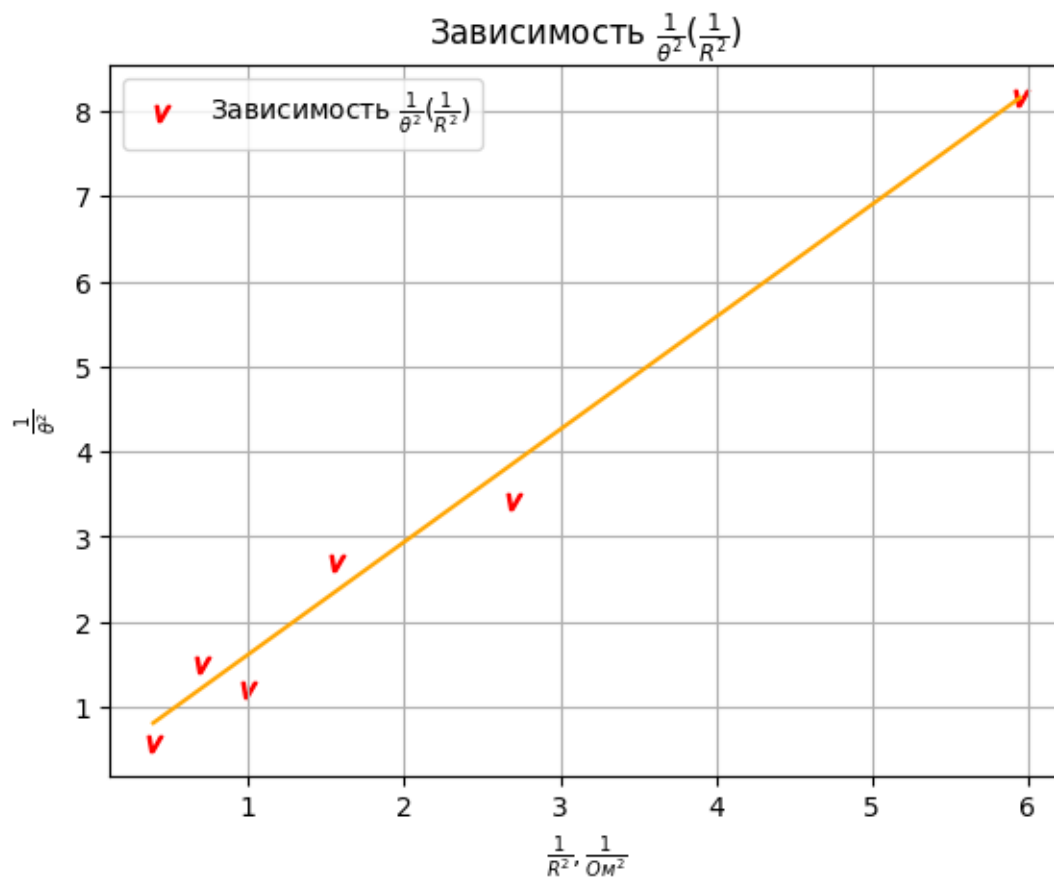
1.5. Обработка результатов

1. Из секции 3.1 построим график $T_{exp} = f(T_{theor})$



Из графика видно, что результаты совпали, погрешность $< 1\%$

2. Построим график $1/\theta^2 = f[1/R^2]$



Коэффициент наклона $K = 1320000 \pm 70000 \text{ Ом}^2$

Зная коэффициент наклона, найдем R_{cr} , по формуле $R_{cr} = 2\pi\sqrt{K} = 7200 \pm 200 \text{ Ом}$, что близко с теоретическим значением $R_{cr} = 7511 \text{ Ом}$

3. Расчитаем добротность для максимального и минимального значения θ и теоретическое с теми же параметрами.

- Вычисление добротности контура по секции 3.2:

$$Q(\theta_{min}) = 8.97 \quad Q(\theta_{max}) = 2.40$$

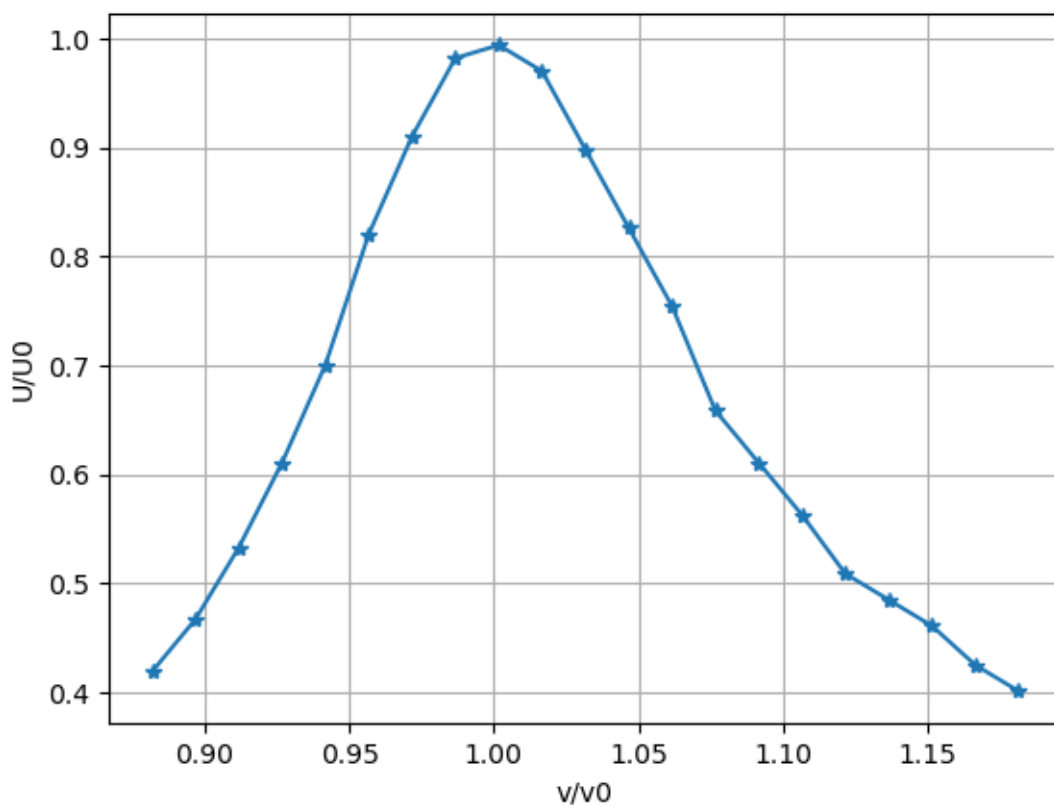
- Вычисление добротности контура по секции 3.3:

$$Q(\theta_{min}) = 8.49 \quad Q(\theta_{max}) = 2.21$$

- Вычисление добротности контура теоретически:

$$Q(\theta_{min}) = 9.16 \quad Q(\theta_{max}) = 2.34$$

4. По секции 3.4 построим АЧХ в масштабе $U/U_{res} = f(\nu/\nu_{res})$



5. Рассчитаем добротность по формуле $Q = \nu_{res}/2\Delta\Omega$, $Q=7.91$

2. Вывод

В ходе эксперимента было установлено, что с учетом емкости системы экспериментальные значения периодов идеально совпадают с теоретически рассчитанными. Кроме того, удалось зафиксировать

зависимость логарифмического декремента затухания от активного сопротивления цепи, при этом погрешность измерений составила около 5%. Критическое сопротивление, при котором колебания переходят в апериодический режим, было определено тремя методами: теоретически $R_{кр} = 7,5 \text{ к}\Omega$, по наклону графика зависимости логарифмического декремента от сопротивления $R_{кр} = 7,2 \pm 0,2 \text{ к}\Omega$, а также наблюдением за изменением характера колебаний $R_{кр} = 6 \text{ к}\Omega$. Результаты расчетов добротности сведены в таблицу:

R, Ом	Свободные колебания			Вынужденные колебания			
	f(LCR)	f(ν)	Спираль	АЧХ	ФЧХ	Нарастание	Затухание
410	9.16	8.97	8.49	7.91	-	-	-
1600	2.34	2.4	2.21	-	-	-	-

Как видим, все добротности хорошо совпали.