

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по электричеству

**Резонанс напряжений в последовательном контуре
[3.2.2]**

Талашкевич Даниил Александрович
Группа Б01-009

Долгопрудный
2021

Содержание

1	Аннотация	1
1.1	Теоретическое вступление и модель	1
1.2	Экспериментальная установка	1
2	Ход работы	2
2.1	Закон Ома в цепи переменного тока	2
2.2	Резонанс напряжений	3
3	Обработка результатов	4
4	Графики и таблицы	6
5	Вывод	6
6	Литература	6

1 Аннотация

Цель работы: исследование резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре с изменяемой ёмкостью, получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик, определение основных параметров контура.

В работе используются: генератор сигналов, источник напряжения, нагрузкой которого является последовательный колебательный контур с переменной ёмкостью, двухканальный осциллограф, цифровые вольтметры.

1.1 Теоретическое вступление и модель

XXX

1.2 Экспериментальная установка

В данной работе изучаются резонансные явления в последовательном колебательном контуре (резонанс напряжений). Схема экспериментального стенда показана на рис. 1. Синусоидальный сигнал от генератора поступает на вход управляемого напряжением источника напряжения (см., например, [3]), собранного на операционном усилителе, питание которого осуществляется встроенным блоком-выпрямителем от сети ~ 220 В (цепь питания на схеме не показана). Источник напряжения (источник с нулевым внутренним сопротивлением) обеспечивает с высокой точностью постоянство амплитуды сигнала $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$ на меняющейся по величине нагрузке - последовательном колебательном контуре, изображённом на рис. 1 в виде эквивалентной схемы.

Источник напряжения, колебательный контур и блок питания заключены в отдельный корпус, отмеченный на рисунке штриховой линией. На корпусе имеются коаксиальные разъёмы «Вход», « U_1 » и « U_2 », а также переключатель магазина ёмкостей C_n с указателем номера $n = 1, 2, \dots, 7$. Величины ёмкостей C_n указаны на установке. Напряжение \mathcal{E} на контуре через разъём « U_1 » попадает одновременно на канал 1 осциллографа и вход 1-го цифрового вольтметра. Напряжение на конденсаторе U_C подаётся через разъём « U_2 » одновременно на канал 2 осциллографа и вход 2-го цифрового вольтметра.

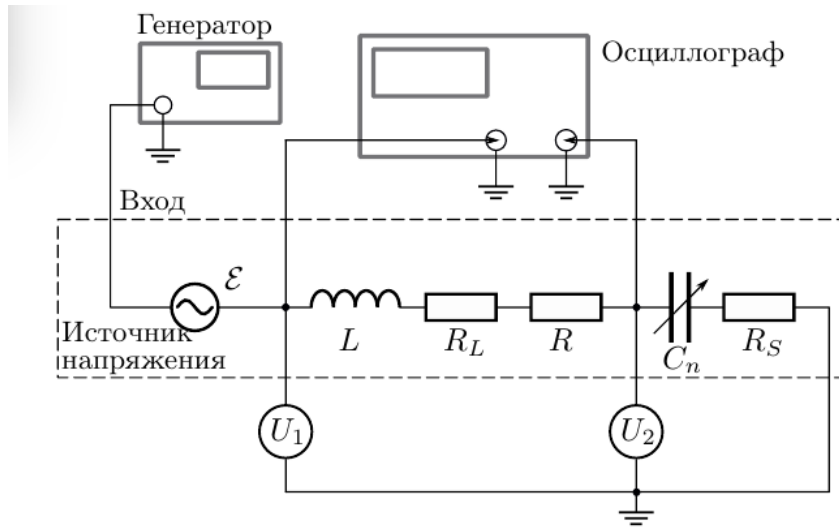


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

2 Ход работы

2.1 Закон Ома в цепи переменного тока

Подготовив установку, выставив пределы всех измерительных приборов и выкрутив ручку регулятора напряжения в положение напряжения $\approx 127\text{В}$, можем приступить к снятию данных.

Указатель на положение сердечника установили на отметку $x = 5\text{ мм}$ и, перемещая сердечник шагами по 2 мм , снимаем зависимость тока I , напряжения U_R, U_L, U_{R+L} , а так же мощности P_L от координаты сердечника x .

Полученные результаты представлены в таблице.

	$x, \text{ мм}$	$U_R, \text{ В}$	$U_{R+L}, \text{ В}$	$U_L, \text{ В}$	$I, \text{ дел}$	$I, \text{ А}$	$P_L, \text{ дел}$	$P_L, \text{ Вт}$
1	5	73	112	73	34	85	42	10.5
2	7	78	110	65	36	90	38	9.5
3	9	81	109	61	37	92.5	36	9
4	11	84	108	56	37.5	93.75	34	8.5
5	13	85	107	52	39.5	98.75	32	8
6	15	87	107	50	40	100	31	7.75
7	17	89	107	47	41	102.5	30	7.5

Таблица 1: Показания приборов от положения сердечника

Так же для снятия и обработки результатов пригодилась таблица с характеристиками приборов.

Амперметр – 2.5 А
Вольтметры – 150 В
Ваттметр – 25 В
Переключатель катушки напряжений – 100 В
Штепсель токовой катушки I – 0.25 А
R_1 – 98 Ом

Таблица 2: Характеристики установки

2.2 Резонанс напряжений

Подготовим установку вместе с измерительными приборами. Установив сердечник в среднее положение ($x \approx 12$ мм), подбираем значение ёмкости так, чтобы наблюдать резонанс тока по изменению эллипса на экране ЭО.

При резонанс измерим показания $I, U_{C, \text{рез}}, U_{\Sigma, \text{рез}}$ и по полученным данным оценим добротность контура по формуле (10).

x , мм	C , мкФ	I , А	U_C , В	U_{Σ} , В	Q	$R_{\text{доп}}$
12	55.2	410	242	41	5.902	5.6

Таблица 3: Показания приборов при резонансе

Для резонансного положения сердечника измерим омическое сопротивление витков катушки с помощью мультиметра GDM , а затем – L , r_L с помощью измерителя LCR на частотах 50 Гц и 1 кГц.

	Омметр	LCR	График	Вект.диагр	$f(I, U_{\Sigma})_{\text{рез}}$	$f(Q)$
r_L	2170					
L	—				—	

Таблица 4: Данные с мультиметра GDM и LCR измерителя

3 Обработка результатов

- По результатам измерений P_L и I найдем значение r_L по следующей формуле $P_L = I^2 r_L$. Теперь по следующей формуле

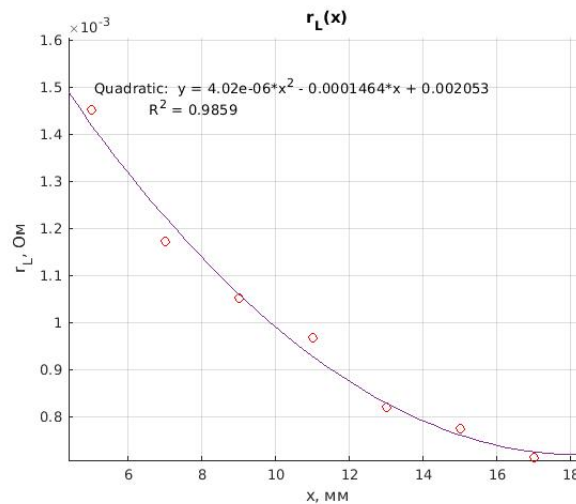
$$U_L = I \sqrt{r_L^2 + (\Omega L)^2} \quad (1)$$

вычислим L ($\Omega = 50$ Гц).

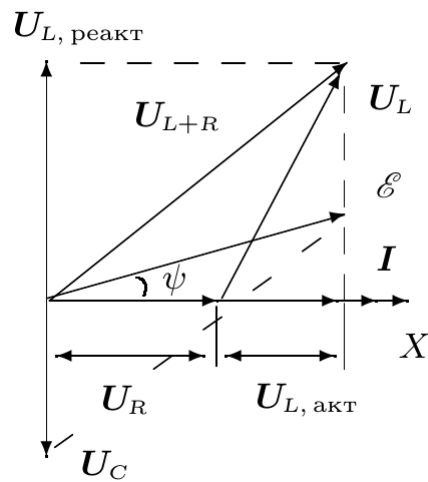
Результаты вычислений заносим в таблицу:

r_L , Ом	x , мм	L , Гн
0,00145	5	0,01718
0,00117	7	0,01444
0,00105	9	0,01319
0,00097	11	0,01195
0,00082	13	0,01053
0,00078	15	0,01
0,00071	17	0,00917

Построим графики зависимостей L и r_L от положения сердечника и определим по ним значения L и r_L соответствующие резонансному (среднему) положению сердечника.



- Построим векторную диаграмму напряжений.


$$\begin{aligned} \text{tg } \psi_1 &= 0 \\ \text{tg } \psi_2 &= \frac{\Omega L}{r_L} \\ \text{tg } \psi_3 &= \frac{\Omega L}{r_L + R} \end{aligned} \quad (2)$$

По диаграмме получим значения для $\cos \theta = \dots$ – сдвиг фаз между током и напряжением на катушке ($\operatorname{tg} \psi_2$). Сравним полученное значение с теоретическим по формуле

$$\bar{P}_L = U_L \cdot I \cos \theta = I^2 \cdot r_L \quad (3)$$

$$\cos \theta_{\text{теор}} = \dots$$
 Видно, что XX

- X
- X
- X

X

4 Графики и таблицы

X

5 Вывод

X

6 Литература

1. **Лабораторный практикум по общей физике:** Учебное пособие. В трех томах. Т. 2. Электричество и магнетизм /Гладун А.Д., Александров Д.А., Берулёва Н.С. и др.; Под ред. А.Д. Гладуна - М.: МФТИ, 2007. - 280 с.