

Лабораторная работа 3.2.3

Резонанс токов в параллельном контуре

Выполнил Жданов Елисей Б01-205

1 Цель работы:

- 1) Исследование резонанса токов в параллельном колебательном контуре с изменяемой индуктивностью, получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик контура
- 2) Определение основных параметров контура

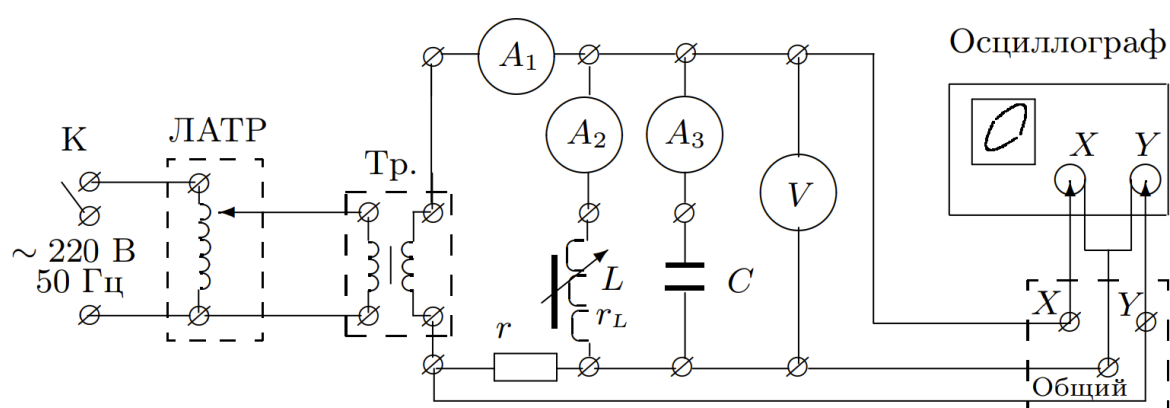
2 Оборудование:

- 1) Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР)
- 2) Разделительный понижающий трансформатор
- 3) Конденсатор
- 4) Катушка с переменной индуктивностью(дроссель)
- 5) Три амперметра
- 6) Вольтметр
- 7) Реостат
- 8) Электронный осциллограф
- 9) Мультиметр (LCR)
- 10) Мост переменного тока

3 Теоретическая справка

В работе изучается параллельный контур, одна из ветвей которого содержит индуктивность L , другая — ёмкость C . Через r_L обозначено активное сопротивление катушки, которое включает в себя как чисто омическое сопротивление витков катушки, так и сопротивление, связанное с потерями энергии при перемагничивании сердечника катушки. Активным сопротивлением емкостной ветви контура можно пренебречь.

4 Экспериментальная установка



Напряжение от сети (220 В, 50 Гц) с помощью ЛАТРа через понижающий трансформатор Тр подаётся на параллельный контур, содержащий конденсатор ($C = 120$ мкФ) и катушку, индуктивность которой зависит от глубины погружения сердечника. Полный ток в цепи измеряется с помощью амперметра A_1 ; для измерения токов в L - и C -ветвях используются два одинаковых амперметра A_2 и A_3 ; напряжение на контуре контролируется вольтметром V . Последовательно с контуром включён резистор-реостат ($r = 100$ Ом).

Для наблюдения за сдвигом фаз между полным током и напряжением на контуре используется осциллограф. Сигнал, пропорциональный току, снимается с резистора r и подаётся на вход Y осциллографа. На вход X подаётся напряжение непосредственно с контура. При наличии сдвига фаз между этими напряжениями на экране виден эллипс, а при нулевом сдвиге фаз эллипс вырождается в прямую.

5 Измерения, Обработка

5.1 Выполнение

1) Подготовим установку к эксперименту: включим все измерительные приборы и питание и опустим сердечник индуктивности до конца.

2) При напряжении контура $U = 5$ В во всем диапазоне индуктивности, ток в контуре не превышает 0.5 А. Будем фиксировать это напряжение при каждом замере.

Результаты измерений приведены в таблице ниже.

$$U = 5 \text{ В}$$

h, см	$I(A_1)$, мА	$I_L(A_2)$, мА	$I_C(A_3)$, мА
13.1	380	605	220
12	275	490	210
11	215	460	210
10	140	350	210
9	95	320	220
8	25	270	220
7	0	230	220
6	0	200	220
5	25	100	200
4	50	90	210
3	90	60	205
2	110	90	205
1	130	20	205
0	155	0	205

Также приведем сводную таблицу характеристик схемы.

C	120 мкФ
r	100 Ом
ν	50 Гц

Резонанс наблюдается при параметрах($U = 10$ В):

U	10 В
h	71 мм
I	2.5 мА
I_L	44.5 мА
I_C	44 мА

3-4) Для точного измерения резонанса перейдем на повышенное напряжение, поскольку при $U = 5$ В улучшение точности более невозможно. Добьемся выпрямления резонансной прямой на осциллографе в центральной точке и поднимем напряжение до 20 В. Полученные значения приведены ниже.

U	20 В
h	70 мм
I	80 мА
I_L	780 мА
I_C	800 мА

5-8) Отключим питание и подключим мультиметр к катушке.

9) Замеры мультиметром сведены в таблицу

ν	1 кГц	50 Гц
L_s , мГн	70.77	76.93
R_s , Ом	34.2	1.683

10) Добротность контура

$$Q = \frac{I_{C, \text{рез}}}{I_{\text{рез}}} = 10 \pm 1$$

Резонансное сопротивление контура

$$R_{\text{рез}} = \frac{U_0}{I_{\text{рез}}} = 250 \pm 30 \text{ Ом}$$

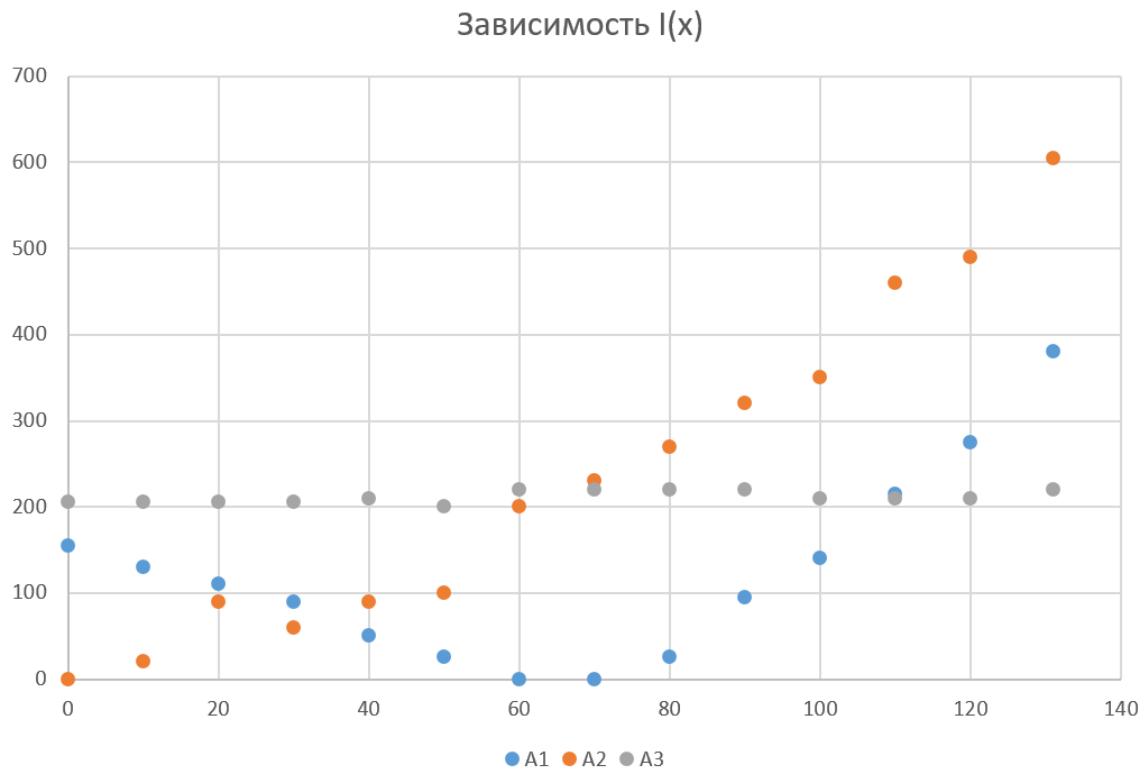
Формула для $R_{\text{рез}}$ из теории

$$R_{\text{т. рез}} = \frac{L/C}{\sqrt{r_L^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}} = 220 \text{ Ом}$$

Как видно, результаты весьма близкие в рамках погрешности. Более подробно о различии указано в выводе.

5.2 Обработка

1) График



2-3) Рассчитаем по формулам из источника.

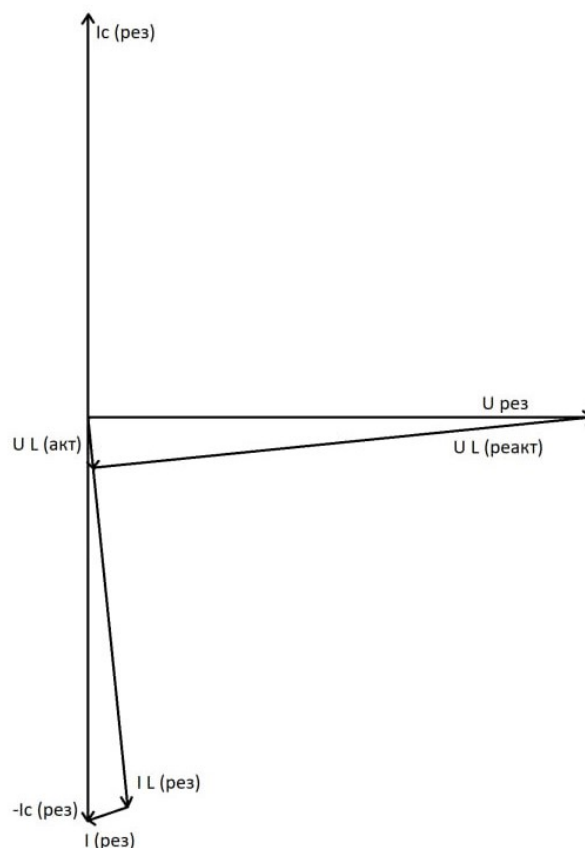
$$L_{\text{рез}} = \frac{1}{\omega^2 C} = 84.4 \text{ мГн}$$

$$r_L = \frac{1}{Q\omega} = 2.7 \pm 0.3 \text{ Ом}$$

4) И также резонансный ток

$$L_{\text{рез}} = \frac{U}{I_{L_{\text{рез}}}\omega} = 80 \pm 10 \text{ мГн}$$

5) Диаграмма



Итого $U_{L \text{ акт}} = 2.1 \text{ В}$, а $U_{L \text{ реакт}} = 20 \text{ В}$. Наконец $r_L = \frac{U_{L \text{ акт}}}{I_{L \text{ рез}}} = 2.5 \text{ Ом}$, а $L_{\text{рез}} = 0.08 \text{ мГн}$.

Итоговая таблица

	Мультиметр	$f(\omega, C, Q)$	$f(U, I)$	Диаграмма
$r_L, \text{ Ом}$	1.683	2.7 ± 0.3	-	2.5
$L_{\text{рез}}, \text{ мГн}$	76.93	84.4	80 ± 10	80

6 Вывод

Реактивное сопротивление колебательного контура в резонансе довольно близко с теоретическому расчету. Значения $L_{\text{рез}}$ также оказались довольно близко совпадающими. Напротив, значения r_L разнятся довольно сильно. В основном, все возможные неточности вызваны дифференциальностью метода оценки значений: поскольку резонансная точка довольно трудно уловима, характеристики контура вблизи неё меняются в довольно широких пределах. Также следует заметить, что осциллограмма не вырождалась в математическую прямую, а имела форму тонкой восьмерки с заметными буграми. Это означает не только то, что в цепи могут быть неучтенные сопротивления (например, питания), но и неидеальность компонент, а именно зависимости емкости или индуктивности от тока в контуре. Тем не менее, значения измерений сходятся по порядку, что подтверждает разумность теоретических предположений.