

### 3.2.3. Резонанс токов

Радькин Кирилл Б01-005

13.09.21

**Цель работы:** изучение параллельной цепи переменного тока, наблюдение резонанса токов.

**В работе используются:** лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), разделительный понижающий трансформатор, емкость, дроссель с переменной индуктивностью, три амперметра, вольтметр, реостат, электронный осциллограф, омметр, мост переменного тока.

В работе изучается параллельный контур, одна из ветвей которого содержит индуктивность  $L$ , другая емкость  $C$ . 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, т.к. используемый в работе конденсатор обладает малыми потерями.

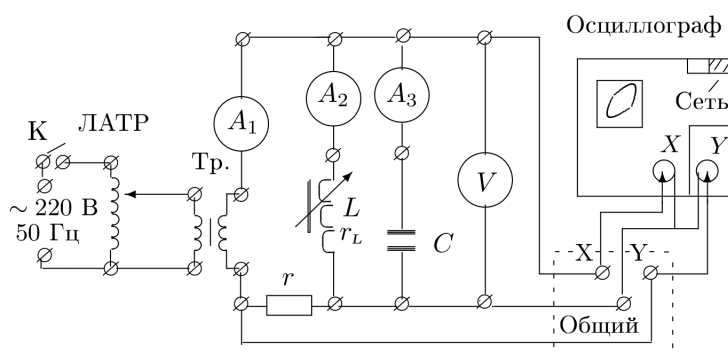


Рис. 1. Схема для исследования резонанса токов

**Экспериментальная установка:** Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Напряжение от сети (220В, 50Гц) с помощью ЛАТРа через понижающий трансформатор Тр подается на параллельный контур, содержащий конденсатор ( $C = 120\text{мкФ}$ ) и катушку, индуктивность которой зависит от глубины погружения сердечника. Полный ток в цепи измеряется с помощью многопредельного амперметра  $A_1$ ; для измерения токов в  $L$ - и  $C$ -ветвях используются два одинаковых амперметра  $A_2$  и  $A_3$ ; напряжение на контуре контролируется электронным вольтметром  $V$ . Последовательно с контуром включен резистор  $r$  — реостат с полным сопротивлением  $\simeq 100\text{Ом}$ .

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

## Задание

В работе предлагается снять при постоянном напряжении  $U$  зависимости токов  $I_L, I_C$  и полного тока  $I$  от индуктивности катушки (глубины погружения сердечника), а также определить резонансные характеристики контура: полное сопротивление  $R_{\text{рез}}$ , добротность  $Q$ , активное сопротивление  $r_L$  и индуктивность катушки  $L_{\text{рез}}$ .

1. Соберем схему согласно рис. 1. Для амперметров  $A_2, A_3$  установим пределы измерения — 1 А, для  $A_1$  — 0.5 А. Полностью введем сердечник в катушку. По шкале на корпусе катушки это соответствует минимальному делению.
2. Установим движок ЛАТРа в положение, соответствующее минимуму выходного напряжения (крайнее левое). Включим в сеть ЛАТР, катодный вольтметр и осциллограф.

Плавным поворотом движка ЛАТРа установим напряжение на контуре (поэлектронному вольтметру)  $V = 10\text{В}$ .

3. Выдвигая сердечник дросселя и поддерживая с помощью ЛАТРа постоянное напряжение, определим диапазон перемещения сердечника, внутри которого общий ток  $I$  в контуре не превышает 0.5А. Искомый диапазон: 3 — 11.5 см.

4. Подобрал рабочий диапазон, снимем зависимости  $I, I_L, I_C$  от координаты сердечника ( $U = const$ ).

$x, \text{см}$	$I, \% \text{ от } 0.5A$	$I_L, \% \text{ от } 1A$	$I_C, \% \text{ от } 1A$
3	32	15	33
3.5	28	20	34
4	25	21	34
4.5	21	23	34
5	11	25	34
5.5	8	27	34
6	4	30	34
6.5	3	33	34
7	4	36	34
7.5	10	39	34
8	20	43	34
8.5	27	47	35
9	35	51	34
9.5	45	56	35
10	56	61	35
10.5	67	67	34
11	80	74	35
11.5	96	81	35

$$\Delta I = 1\%$$

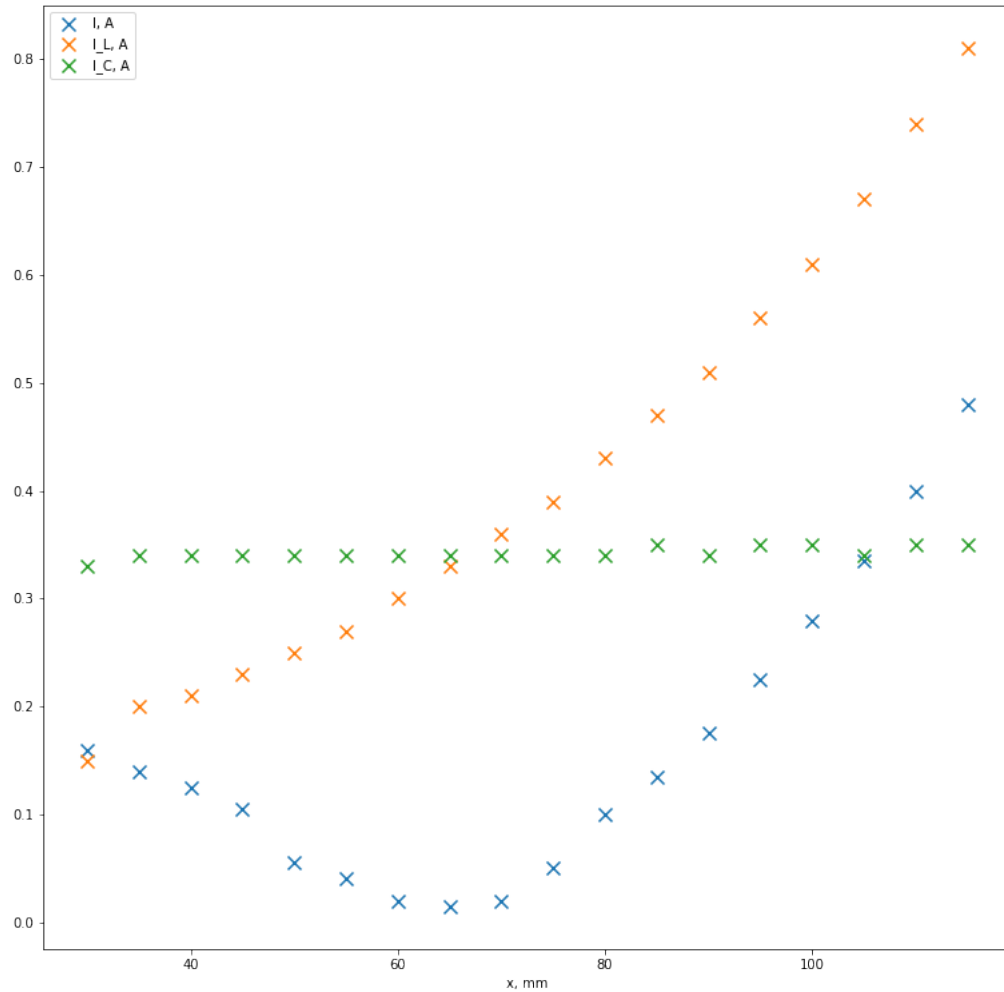
Вблизи резонанса полный ток  $I$  мал и по шкале 0.5А измеряется неточно, но для наблюдения за общим ходом изменений это несущественно.

Отметим, что эллипс вырождается в прямую при токе  $I = 15\text{мА}$ .

5. Вернем систему в положение резонанса (минимум полного тока в цепи) и, убрав напряжение до нуля, переключим амперметр  $A_1$  на предел измерений 0.1А.
6. Как можно точнее измерим резонансные значения трех токов:  $I = 15 \text{ мА}$ ,  $I_L = 0.33 \text{ А}$ ,  $I_C = 0.33 \text{ А}$
- Оценим на месте добротность:  $Q = 22$ .  $r_L = 4 \text{ Ом}$ .
7. Убрав напряжение до нуля, отключим ЛАТР от сети и разберем схему.

### Обработка результатов:

1. Построим на одном графике зависимости токов  $I, I_L, I_C$  от положения сердечника:  $I = f(x)$  ( $x$  — отсчет по шкале в мм).



2. Рассчитаем добротность контура  $Q$  через токи, и резонансное сопротивление  $R_{\text{рез}}$  — через полный ток и напряжение.

$$Q = \frac{I_{C,\text{рез}}}{I_{\text{рез}}} = \frac{I_{L,\text{рез}}}{I_{\text{рез}}} = 22 \pm 7$$

$$R_{\text{рез}} = \frac{U_0}{I_{\text{рез}}} = 667 \pm 20 \text{ Ом}$$

3. Рассчитаем  $L_{\text{рез}}$  через емкость  $C$  и частоту  $\omega_0$  ( $\nu_0 = 50$  Гц), а  $r_L$  — через емкость и добротность.

$$L_{\text{рез}} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot \nu_0^2 \cdot C} = 0.08 \text{ Гн}$$

$$r_L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu_0 \cdot C \cdot Q} = 1.2 \pm 0.2 \text{ Ом}$$

4. Рассчитаем индуктивность  $L_{\text{рез}}$  через  $U$  и  $I_{L,\text{рез}}$

$$L_{\text{рез}} = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot I_{L,\text{рез}}} = (9 \pm 27 \cdot 10^{-2}) \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$