

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.

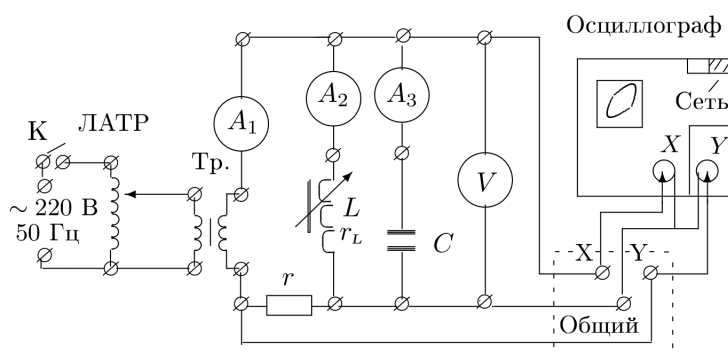


Рис. 1. Схема для исследования резонанса токов

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. Подбрав 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 0.5A измеряется неточно, но для наблюдения за общим ходом изменений это несущественно.

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

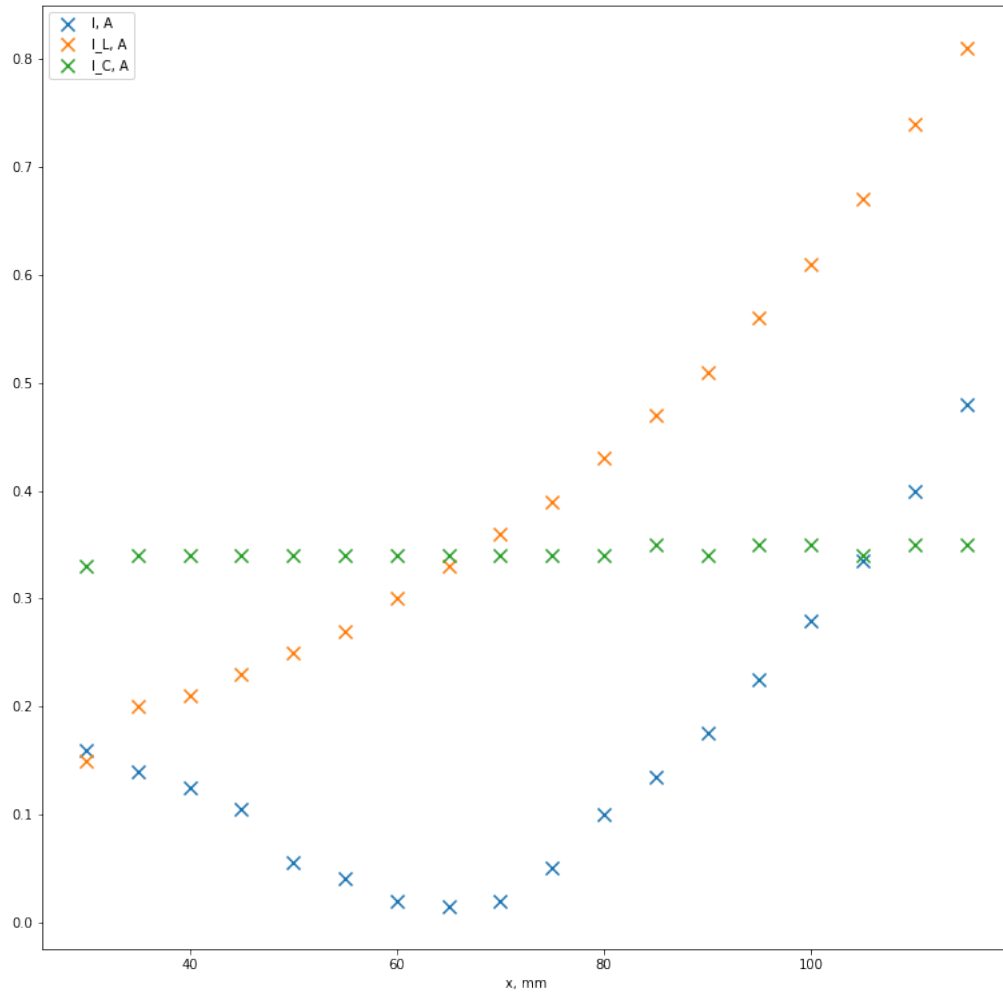
5. Вернем систему в положение резонанса (минимум полного тока в цепи) и, убрав напряжение до нуля, переключим амперметр A_1 на предел измерений 0.1A.
6. Как можно точнее измерим резонансные значения трех токов и напряжение и убедимся с помощью осциллографа, что полное сопротивление цепи чисто активное.

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 ω_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 $I_{L,\text{рез}}$

$$L_{\text{рез}} = \frac{U_0}{2 \cdot \pi \cdot I_{L,\text{рез}}} = (9 + 27 \cdot 10^{-2}) \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$