

Лабораторная работа практикума XI класса
«Измерение магнитного сопротивления для различных схем соединений индуктивностей без взаимоиндукции при переменном токе»
Акопов В. В.

*Акопов Вачакан Ваграмович / Akopov Vachakan Vagramovich – учитель физики,
Муниципальное образовательное учреждение Средняя школа № 6,
село Полтавское, Курский район, Ставропольский край*

Аннотация: предлагаю описание лабораторной работы, которая предназначена для физического практикума в 11 классе с углубленным изучением физики. Выполняя работу в разных вариантах, учащимся приходится глубже осмысливать результаты эксперимента.

Ключевые слова: магнитное сопротивление, индуктивность, последовательное соединение, параллельное соединение, переменный ток, сила тока, напряжение.

Вариант I

«Измерение магнитного сопротивления двух последовательно соединённых катушек индуктивности в цепи переменного тока»

Цель работы: научиться измерять магнитное сопротивление при последовательном соединении двух индуктивностей.

Оборудование: источник электропитания для практикума КЭФ-8, две катушки дроссельных на 2000 витков, закреплённых на монтажной панели, регистратор данных, датчик тока, датчик напряжения, кабель подключения регистратора данных к датчику тока, кабель подключения регистратора данных к датчику напряжения, ключ и комплект соединительных проводов.

Теория вопроса

Известно, что магнитное сопротивление определяется формулой [1]:

$$R_m = \frac{N}{L}, \quad (1)$$

где N – число витков катушки,

L – индуктивность катушки.

Также известно, что индуктивность катушки выражается формулой:

$$L = \frac{U}{2\pi\nu I}, \quad (2)$$

где U – напряжение на зажимах катушки,

I – сила переменного тока в катушке,

$\nu = 50 \text{ Гц}$ – частота переменного тока.

Используя выражения (1) и (2), получим:

$$R_m = \frac{2\pi\nu IN}{U}, \quad (3)$$

Общее магнитное сопротивление двух последовательно соединённых индуктивностей определяется формулой [2]:

$$(R_m)_{\text{общ}}^{\text{посл}} = R_{m_1} + R_{m_2}. \quad (4)$$

Порядок выполнения работы

1) Соберите электрическую цепь по схеме, приведённой на рис. 1, соединив последовательно две катушки дроссельных на 2000 витков, ключ, источник переменного тока (зажимы источника электропитания с обозначением «~»), регистратор с датчиками.

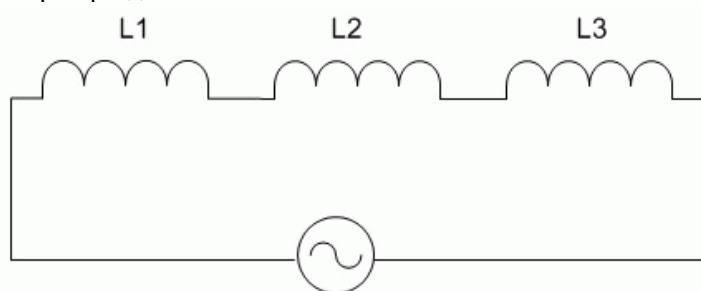


Рис. 1. Схема последовательного соединения катушек индуктивности

- 2) Замкните ключ, установите с помощью регулятора выпрямителя напряжение, например 10В, и измерьте напряжение и силу тока. Повторите измерения при других значениях напряжения, например 20В и 30В.
- 3) Результаты измерений занесите в таблицу 1:

Таблица 1. Результаты измерений

№ п/п		Напряжение выпрямителя (В)		
		10	20	30
1.	I, A	0,03	0,04	0,05
2.	U, B	7,12	14,68	22,86
3.	U_1, B	4,86	9,82	14,98
4.	U_2, B	2,21	4,62	7,79

4) Вычислите магнитное сопротивление катушек по формуле (3), общее магнитное сопротивление по формуле (4):

а) при напряжении 10В:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,03 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{4,86 \text{В}} \approx 3,88 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,03 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{2,21 \text{В}} \approx 8,52 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = 3,88 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} + 8,52 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} = 12,4 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}}.$$

б) при напряжении 20В:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,04 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{9,82 \text{В}} \approx 2,56 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,04 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{4,62 \text{В}} \approx 5,44 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = 2,56 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} + 5,44 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} = 8 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}}.$$

в) при напряжении 30В:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,05 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{14,98 \text{В}} \approx 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi v I \cdot N}{U_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,05 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{7,79 \text{В}} \approx 4,03 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} + 4,03 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} = 6,13 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}}.$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление двух последовательно соединённых индуктивностей в цепи переменного тока равно:

$$(R_m)_{\text{общ}}^{\text{посл}} = \frac{12,4 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} + 8 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}} + 6,13 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}}}{3} = 8,8 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{Вб}}.$$

Вариант II

«Измерение магнитного сопротивления двух параллельно соединённых катушек индуктивности в цепи переменного тока»

Цель работы: научиться измерять магнитное сопротивление при параллельном соединении двух индуктивностей.

Оборудование: источник электропитания для практикума КЭФ-8, две катушки дроссельных на монтажной панели, регистратор данных, датчик тока, датчик напряжения, кабель подключения регистратора данных к датчику тока, кабель подключения регистратора данных к датчику напряжения, ключ, комплект соединительных проводов.

Теория вопроса

Магнитное сопротивление каждой из индуктивностей выражается формулой:

$$R_m = \frac{2\pi v \cdot I \cdot N}{U}. \quad (5)$$

Общее магнитное сопротивление двух параллельно соединённых индуктивностей определяется следующей формулой [2]:

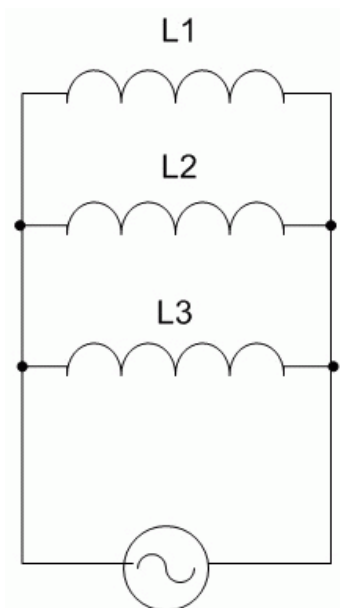


Рис.2. Схема параллельного соединения катушек индуктивности

$$\frac{1}{(R_m)_{\text{общ}}^{\text{парал}}} = \frac{1}{R_{m_1}} + \frac{1}{R_{m_2}} \quad \text{или} \quad (R_m)_{\text{общ}}^{\text{парал}} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} \quad (6)$$

Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме, приведённой на рис. 2, соединив параллельно две катушки дроссельных на 2000 витков, ключ, источник переменного тока (зажимы источника электропитания с обозначением «~»), регистратор с датчиками.

2. Замкните ключ, установите с помощью регулятора выпрямителя напряжение, например 10В, и измерьте напряжение и силу тока. Повторите измерения при других значениях напряжения, например 20В и 30В.

3. Результаты измерений занесите в таблицу 2:

Таблица 2. Результаты измерений

№ п/п		Напряжение выпрямителя (В)		
		10	20	30
1.	U, B	9,8	19,8	29,7
2.	$I_{\text{общ}}, A$	0,25	0,51	0,83
3.	I_1, A	0,13	0,25	0,42
4.	I_2, A	0,12	0,26	0,41

4. Вычислите магнитное сопротивление катушек по формуле (5), общее магнитное сопротивление по формуле (6):

а) при напряжении 10В:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi \nu I_1 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,13 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{9,8 \text{В}} \approx 8,33 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi \nu I_2 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,12 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{9,8 \text{В}} \approx 7,69 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{8,33 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} \cdot 7,69 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}}{8,33 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} + 7,69 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}} \approx 4 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}.$$

б) при напряжении 20В:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi \nu I_1 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,25 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{19,8 \text{В}} \approx 7,93 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi \nu I_2 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,26 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{19,8 \text{В}} \approx 8,25 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{7,93 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} \cdot 8,25 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}}{7,93 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} + 8,25 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}} \approx 4,04 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}.$$

в) при напряжении $30B$:

$$R_{m_1} = \frac{2\pi v I_1 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,42 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{29,7 \text{В}} \approx 8,88 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$R_{m_2} = \frac{2\pi v I_2 \cdot N}{U} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Гц} \cdot 0,41 \text{А} \cdot 2 \cdot 10^3}{29,7 \text{В}} \approx 8,67 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}},$$

$$(R_m)_{\text{общ}} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{8,88 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} \cdot 8,67 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}}{8,88 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} + 8,67 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}} \approx 4,39 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление двух параллельно соединённых индуктивностей в цепи переменного тока равно:

$$(R_m)_{\text{общ}}^{\text{парал}} = \frac{3,85 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} + 4,18 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}} + 4,39 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}}{3} \approx 4,14 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}.$$

5. Сравните полученные значения магнитных сопротивлений при последовательном и параллельном соединениях индуктивностей.

Для сравнения воспользуйтесь отношением:

$$\frac{(R_m)_{\text{общ}}^{\text{посл}}}{(R_m)_{\text{общ}}^{\text{парал}}} = \frac{8,8 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}}{4,14 \cdot 10^3 \frac{A}{B\bar{b}}} \approx 2 \text{ раза}.$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление при последовательном соединении индуктивностей в 2 раза больше, чем при их параллельном соединении.

Литература

1. Акопов В. В. О связи между магнитным сопротивлением и индуктивностью контура // Физика в школе. 2014. № 1. с. 12–13.
2. Акопов В. В. Расчёт магнитного сопротивления для различных схем соединения индуктивностей без взаимоиנדукции. // Наука, техника и образование. 2015. № 2 (8) - с. 13–15.