

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

*Акопов Вачакан Ваграмович /Akopov Vachakan Vagramovich – учитель физики,
Муниципальное образовательное учреждение средняя общеобразовательная 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, постоянный ток, сила тока, индукция магнитного поля.

Вариант I

«Измерение магнитного сопротивления двух последовательно соединённых катушек индуктивности при постоянном токе»

Цель работы: определение магнитного сопротивления при последовательном соединении двух индуктивностей.

Оборудование: источник электропитания для практикума КЭФ-8, две катушки дроссельные на 2000 витков, закреплённые на монтажной панели, регистратор данных, датчик тока, датчик индукции магнитного поля, кабель подключения регистратора данных к датчику тока, кабель подключения регистратора данных к датчику индукции магнитного поля, ключ и комплект соединительных проводов, штангенциркуль.

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:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot S}{\ell}, \quad (2)$$

где μ_0 – магнитная постоянная,

ℓ – длина катушки,

S – площадь поперечного сечения катушки.

С другой стороны известно, что индукция поля катушки определяется формулой:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{\ell}, \quad (3)$$

где I – сила постоянного тока в катушке.

Используя выражения (1), (2) и (3), получим:

$$R_m = \frac{I}{B \cdot S}, \quad (4)$$

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

$$(R_m)_{общ}^{носл} = R_{m_1} + R_{m_2}. \quad (5)$$

Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме, приведённой на рис.1, соединив последовательно две катушки дроссельные на 2000 витков, ключ, источник постоянного тока (зажимы источника электропитания с обозначением «+» и «-»), регистратор с датчиками.

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

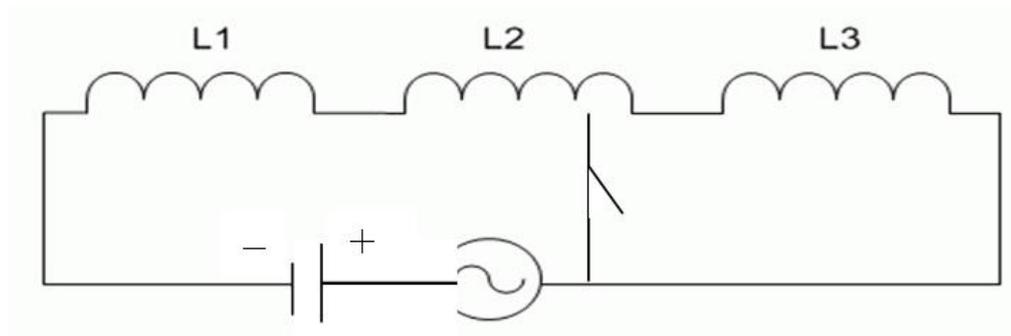


Рис. 1. Схема последовательного соединения катушек индуктивности

3. Результаты измерений занесите в таблицу 1:

Таблица 1. Результаты измерений

№ п/п		Напряжение выпрямителя (В)		
		10	20	30
1.	I, A	0,055	0,130	0,210
2.	$B_1, мТл$	1,44	1,62	1,81
3.	$B_2, мТл$	1,12	2,06	2,64

4. Измерьте штангенциркулем диаметр катушки и вычислите площадь поперечного сечения катушки:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (2,8 \cdot 10^{-2} м)^2}{4} \approx 6,15 \cdot 10^{-4} м^2.$$

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

а) при напряжении 10В:

$$R_{m_1} = \frac{I}{B_1 \cdot S} = \frac{0,055 A}{1,44 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 6,2 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I}{B_2 \cdot S} = \frac{0,055 A}{1,12 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 7,98 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$(R_m)_{общ} = 6,2 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} + 7,98 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} = 14,18 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб}.$$

б) при напряжении 20В:

$$R_{m_1} = \frac{I}{B_1 \cdot S} = \frac{0,13 A}{1,62 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 13,05 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I}{B_2 \cdot S} = \frac{0,13 A}{2,06 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 10,26 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$(R_m)_{общ} = 13,05 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} + 10,26 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} = 23,31 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб}.$$

в) при напряжении 30В:

$$R_{m_1} = \frac{I}{B_1 \cdot S} = \frac{0,21 A}{1,81 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 18,87 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I}{B_2 \cdot S} = \frac{0,21 A}{2,64 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 12,93 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб},$$

$$(R_m)_{общ} = 18,87 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} + 12,93 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб} = 31,9 \cdot 10^4 \frac{A}{Вб}.$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление двух последовательно соединённых индуктивностей при постоянном токе равно:

$$(R_m)_{общ}^{посл} = \frac{14,18 \cdot 10^4 \frac{A}{B\delta} + 23,31 \cdot 10^4 \frac{A}{B\delta} + 31,9 \cdot 10^4 \frac{A}{B\delta}}{3} = 23,13 \cdot 10^4 \frac{A}{B\delta}.$$

Вариант II

«Измерение магнитного сопротивления двух параллельно соединённых катушек индуктивности при постоянном токе»

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 индукции магнитного поля, кабель подключения регистратора данных к датчику тока, кабель подключения регистратора данных к датчику магнитной индукции, ключ, комплект соединительных проводов, штангенциркуль.

Теория вопроса

Магнитное сопротивление каждой из индуктивностей выражается формулой:

$$R_m = \frac{I}{B \cdot S}, \quad (6)$$

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

$$\frac{1}{(R_m)_{общ}^{парал}} = \frac{1}{R_{m_1}} + \frac{1}{R_{m_2}} \quad \text{или} \quad (R_m)_{общ}^{парал} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} \quad (7)$$

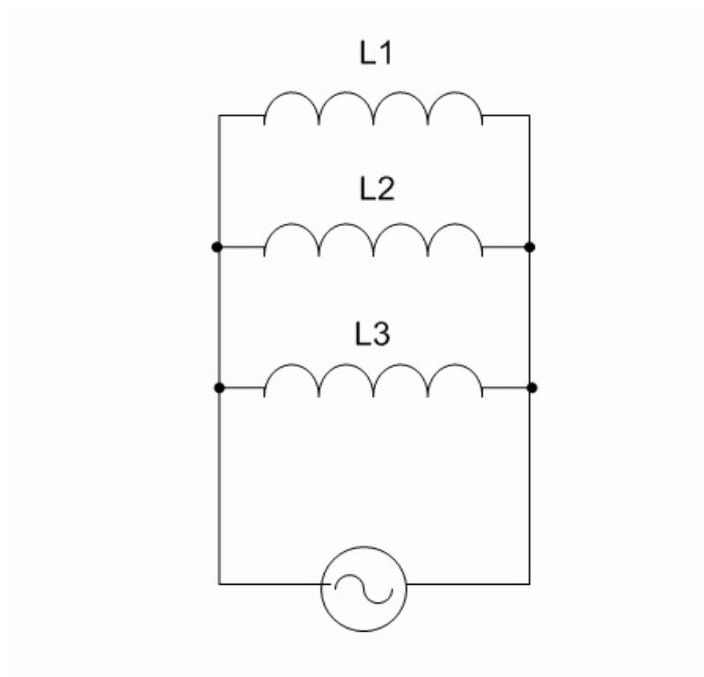


Рис.2. Схема параллельного соединения катушек индуктивности

Порядок выполнения работы

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

2. Замкните ключ, установите с помощью регулятора выпрямителя напряжение, например 10В, и измерьте силу тока и индукцию магнитного поля. 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 (B)		
		10	20	30
1.	I, A	0,2	0,6	0,9
2.	I_1, A	0,1	0,3	0,45
3.	I_2, A	0,1	0,3	0,45
4.	$B_1, мТл$	0,67	1,75	2,77
5.	$B_2, мТл$	0,97	1,84	2,25

4. Измерьте штангенциркулем диаметр катушки и вычислите площадь поперечного сечения катушки:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (2,8 \cdot 10^{-2} м)^2}{4} \approx 6,15 \cdot 10^{-4} м^2.$$

5. Вычислите магнитное сопротивление катушек по формуле (6), общее магнитное сопротивление по формуле (7):

а) при напряжении $10В$:

$$R_{m_1} = \frac{I_1}{B_1 \cdot S} = \frac{0,1 A}{1,67 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 24,27 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I_2}{B_2 \cdot S} = \frac{0,1 A}{0,97 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 16,76 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$(R_m)_{общ} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{24,27 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} \cdot 16,76 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}}{24,27 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} + 16,76 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}} \approx 9,91 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}.$$

б) при напряжении $20В$:

$$R_{m_1} = \frac{I_1}{B_1 \cdot S} = \frac{0,3 A}{1,75 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 27,87 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I_2}{B_2 \cdot S} = \frac{0,3 A}{1,84 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 26,51 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$(R_m)_{общ} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{27,87 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} \cdot 26,51 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}}{27,87 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} + 26,51 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}} \approx 13,59 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}.$$

в) при напряжении $30В$:

$$R_{m_1} = \frac{I_1}{B_1 \cdot S} = \frac{0,45 A}{2,77 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 26,42 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$R_{m_2} = \frac{I_2}{B_2 \cdot S} = \frac{0,45 A}{2,25 \cdot 10^{-3} Тл \cdot 6,15 \cdot 10^{-4} м^2} \approx 32,52 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб},$$

$$(R_m)_{общ} = \frac{R_{m_1} \cdot R_{m_2}}{R_{m_1} + R_{m_2}} = \frac{26,42 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} \cdot 32,52 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}}{26,42 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} + 32,52 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}} \approx 14,58 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}.$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление двух параллельно соединённых индуктивностей при постоянном токе равно:

$$(R_m)_{общ}^{парал} = \frac{9,91 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} + 13,59 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб} + 14,58 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}}{3} \approx 12,69 \cdot 10^4 \frac{A}{Bб}.$$

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

Для сравнения воспользуйтесь отношением:

$$\frac{(R_m)_{\text{общ}}^{\text{посл}}}{(R_m)_{\text{общ}}^{\text{парал}}} = \frac{23,13 \cdot 10^4 \frac{A}{B\bar{b}}}{12,69 \cdot 10^4 \frac{A}{B\bar{b}}} \approx 1,8 \text{ раза} .$$

Таким образом, общее магнитное сопротивление при последовательном соединении индуктивностей в 1,8 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 взаимной индукции // *Наука, техника и образование*, 2015. № 2 (8). С. 13–15.