

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №2-9
**“Измерение индуктивности катушки в цепи
переменного тока”**

Выполнил: студент гр.

Проверил: преподаватель

Цель работы: 1) Изучить закон Ома для цепей переменного тока. 2) Измерить индуктивность катушки и полное сопротивление цепи.

Приборы и принадлежности: два цифровых вольтметра, двойной переключатель, катушка индуктивности, источники постоянного и переменного напряжения, соединительные провода и сердечники из различных материалов.

Практическая часть

1. Соединим приборы в электрическую цепь согласно рис.1. Подключим катушку индуктивности L к средним клеммам сдвоенного переключателя K , а на крайние клеммы подключим слева источник постоянного тока 1 и справа источник переменного тока 3. Ручки регулировки напряжения источников тока установим в крайнее левое положение. Подключим источники постоянного и переменного напряжения к сети 220 В.

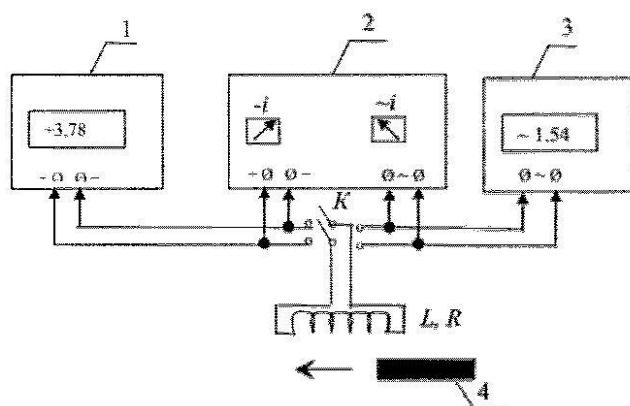


Рисунок 1. Схема установки: 1-источник постоянного тока; 2-измерительный блок; 3-источник переменного тока; 4- сердечник; К-сдвоенный переключатель; L-катушка индуктивности.

2. Установим переключатель K в левое положение. Включим источник постоянного тока. Установим напряжение, заданное преподавателем, измерим значения тока I с одним из сердечников в катушке индуктивности. Рассчитаем сопротивление R по закону Ома для полной цепи. Результаты измерений и расчетов занесём в таблицу 1.

Таблица 1

№	U, Ом	I, mA	R, Ом	R, Ом
1	2,65	120	22,06	24,22
2	2,64	130	20,3	
3	2,66	125	21,28	

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{265}{120 \cdot 10^{-3}} = 22,08 \text{ (Ом)}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{264}{130 \cdot 10^{-3}} = 20,3 \text{ (Ом)}$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{266}{125 \cdot 10^{-3}} = 21,28 \text{ (Ом)}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3} = \frac{22,08 + 20,3 + 21,28}{3} = 21,22 \text{ (Ом)}$$

3) Установим перемычку к в первое положение. Включим источник переменного напряжения. Устанавливая напряжение $U_{\text{зр}}$ заданное предел, измеряем значение переменного тока $I_{\text{зр}}$ при помощи амперметра и вольтметра.

4) По формулам $Z = \frac{U_{\text{зр}}}{I_{\text{зр}}}$ и $L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{U_{\text{зр}}}{I_{\text{зр}}}\right)^2 - \left(\frac{U}{I}\right)^2} = \frac{1}{2\pi \cdot 50} \sqrt{\left(\frac{U_{\text{зр}}}{I_{\text{зр}}}\right)^2 - \left(\frac{U}{I}\right)^2}$ рассчитаем полное сопротивление Z и индуктивность L нагрузки для каждого измерения. Получим значения занесем в табл 2

$$Z_{B1} = \frac{U_{\text{зр}1}}{I_{\text{зр}1}} = \frac{5,4}{90 \cdot 10^{-3}} = 59,8 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{B2} = \frac{U_{\text{зр}2}}{I_{\text{зр}2}} = \frac{5,44}{92 \cdot 10^{-3}} = 59,14 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{B3} = \frac{U_{\text{зр}3}}{I_{\text{зр}3}} = \frac{5,13}{92 \cdot 10^{-3}} = 55,76 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{B1} = \frac{U_{\text{зр}1}}{I_{\text{зр}1}} = \frac{5,07}{92 \cdot 10^{-3}} = 55,1 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{B2} = \frac{U_{\text{зр}2}}{I_{\text{зр}2}} = \frac{5,03}{90 \cdot 10^{-3}} = 56,5 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{B3} = \frac{U_{\text{зр}3}}{I_{\text{зр}3}} = \frac{5,08}{94 \cdot 10^{-3}} = 54,07 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{A1} = \frac{5,08}{92 \cdot 10^{-3}} = 55,21 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{A2} = \frac{5,04}{94 \cdot 10^{-3}} = 53,95 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{A3} = \frac{5,03}{96 \cdot 10^{-3}} = 53,02 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{C1} = \frac{5,93}{84 \cdot 10^{-3}} = 72,3 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{C2} = \frac{5,91}{84 \cdot 10^{-3}} = 70,3 \text{ (Ом)}$$

$$Z_{C3} = \frac{5,92}{86 \cdot 10^{-3}} = 68,8 \text{ (Ом)}$$

N	Материал серпентина	U _{зп} , В	I _{зп} , мА	Z _{0м}	Z̄ _{0м}	L ₁ , мГн	L̄ ₁ , Гн
1	Алюминий	5,08	92	53,21	54,05	162,4	158,34
		5,07	94	53,95		157,89	
		5,09	96	53,02		154,74	
2	Бронза	5,02	92	55,02	55,21	160,8	161,3
		5,09	90	56,5		165,6	
		5,08	94	54,02		157,8	
3	Сталь	5,93	82	72,3	70,46	220	213,6
		5,91	84	70,3		213	
		5,92	86	68,8		208	
4	Воздух	5,12	90	56,8	56,08	163,8	168,8
		5,11	92	55,54		162,5	
		5,13	92	55,76		166,9	

$$L_{A1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{\left(\frac{U_{зп}}{I_{зп}}\right)^2 - \left(\frac{U}{I}\right)^2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3048,14 - 480,18} = 168,4 \text{ (мГн)}$$

$$L_{A2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{2910,6 - 480,18} = 157,89 \text{ (мГн)}$$

$$L_{A3} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{2811,1 - 480,18} = 154,74 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3036,91 - 480,18} = 160,8 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3192,25 - 480,18} = 165,6 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B3} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{2923,5 - 480,18} = 157,8 \text{ (мГн)}$$

$$L_{C1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{5222,3 - 480,18} = 120 \text{ (мГн)}$$

$$L_{C2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{4942 - 480,18} = 213 \text{ (мГн)}$$

$$L_{C3} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{4733,4 - 480,18} = 208 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3226,2 - 480,18} = 166,8 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3084,7 - 480,18} = 162,5 \text{ (мГн)}$$

$$L_{B3} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \sqrt{3108,3 - 480,18} = 166,9 \text{ (мГн)}$$

В) Расчеты погрешности измерений ΔZ и индуктивности

ΔL погрешности сопротивления

$$\Delta U = \sqrt{\frac{\sum (U_i - \bar{U})^2}{n(n-1)} + \frac{1}{n} \left(\frac{\sum U_i}{n} \right)^2} = \sqrt{\frac{0 + 1 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4}}{6} \cdot (4,3)^2 + \frac{1,96}{9} \cdot \frac{16}{7}}$$

$$= 0,025 (A)$$

$$\Delta I = \sqrt{\frac{\sum (I_i - \bar{I})^2}{n(n-1)} + \frac{1}{n} \left(\frac{\sum I_i}{n} \right)^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-6}}{6} \cdot (4,3)^2 + \frac{1,96 \cdot 10^{-12}}{36}} =$$

$$= 4,95 \cdot 10^{-3} (A)$$

$$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial U} \right)^2 \Delta U^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial I} \right)^2 \Delta I^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{\Delta I} \right)^2 + \left(-\frac{U}{I^2} \right)^2 \Delta I^2} = \sqrt{\frac{0,025}{94^2} + \frac{5,08}{94^2} \cdot 0,0005^2} =$$

$$= 0,65 (mV)$$

$$\Delta L = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial U} \right)^2 \Delta U^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial I} \right)^2 \Delta I^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{250} \sqrt{\frac{\partial U}{\partial I}} \right)^2 \Delta U^2 + \left(\frac{1}{250} \sqrt{\frac{\partial U}{\partial I}} \right)^2 \Delta I^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{2,314 \cdot 10} \sqrt{\frac{2,508}{0,094^2}} \right)^2 \cdot (0,025)^2 + \left(\frac{1}{2,314 \cdot 10} \sqrt{\frac{2,508}{0,094^2}} \right)^2 \cdot 0,0005^2} = 3,2 \mu H$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta Z}{Z} = \frac{0,65}{54,05} = 2,3 \%$$

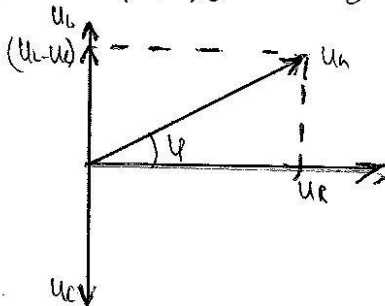
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{3,2}{158,34} = 2,02 \%$$

Оптимальные параметры имеют вид:

$$Z = (54,05 \pm 0,65) \Omega \quad \varepsilon_Z = 2,3 \%$$

$$L = (158 \pm 3,2) \cdot 10^{-3} H \quad \varepsilon_L = 2,02 \%$$

8) Построим векторную диаграмму для нагрузки со сложными параметрами. Определим угол φ (рис. 2)



$$\cos \varphi = \frac{U_r}{U_m}$$

$$\varphi = \arccos \frac{3,65}{5,08} = \arccos(0,542) \approx 59,2^\circ \approx \pi/3$$

Рисунок 2. Векторная диаграмма

Вывод: углы между осью для углов напряжения $U_{r, i}$ и U_m и U_r и U_m соответствуют нагрузке и полные соответствующие углы