

Тема. Вимірювання індуктивності котушки у колі змінного струму

Теоретичні відомості та практичні поради

Модуль B індукції магнітного поля, що створюється струмом у будь-якому замкнутому контурі, пропорційний силі струму. Оскільки магнітний потік Φ пропорційний B , то $\Phi \sim B \sim I$, тому можна стверджувати, що $\Phi = LI$, де L – коефіцієнт пропорційності між струмом у провідному контурі і створеним ним магнітним потоком, що пронизує цей контур. Величину L називають *індуктивністю контура*, або його *коефіцієнтом самоіндукції*. Враховуючи закон електромагнітної індукції та те, що $\Phi = LI$ маємо: $\mathcal{E}_{\text{IS}} = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$, коли вважати, що форма контура лишається незмінною і потік змінюється внаслідок зміни струму.

Отже: **індуктивність – це фізична величина, яку можна чисельно виміряти за відношенням ЕРС самоіндукції, що виникає в контурі внаслідок зміни струму на 1 А за 1 с.** Одиницею індуктивності в СІ називають *генрі* (Гн):

$$1 \text{ Гн} = \frac{B \cdot c}{A}.$$

Індуктивність у колі впливає на силу змінного струму. Пояснюється це явищем самоіндукції. Визначимо силу струму в колі з котушкою, активним опором якої можна знехтувати. Враховуючи, що робота кулонівського поля дорівнює напрузі на кінцях котушки: $e_i = -u$, а сила струму змінюється за гармонічним законом $I = I_m \sin \omega t$, то ЕРС самоіндукції:

$$e_i = -L i' = -L \omega I_m \cos \omega t.$$

Оскільки $u = -e_i$, тому напруга на кінцях котушки:

$$u = L \omega I_m \cos \omega t = L \omega I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right),$$

де $U_m = L \omega I_m$ – амплітуда напруги.

Коливання напруги на котушці випереджають коливання сили струму на $\frac{\pi}{2}$ і навпаки.

Амплітуда сили струму на котушці $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$. Якщо позначити $\omega L = X_L$, а замість амплітуд сили струму і напруги взяти їх діючі значення, то дістанемо:

$$I = \frac{U}{X_L}.$$

Величину X_L , що дорівнює добутку циклічної частоти на індуктивність, називають індуктивним опором.

Послідовно з'єднаємо котушку, міліамперметр з джерелом змінного струму за схемою зображеною на мал. 2. Декілька разів змінюємо потенціометром напругу, вимірюємо силу струму у колі. Розраховуємо повний опір котушки за формулою $Z = \frac{U}{I}$. Обчислюємо середнє значення опору. Разом з тим $Z = \sqrt{R^2 + (2\pi\nu L)^2}$, тому індуктивність котушки можна розрахувати, як

$$L = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{Z^2 - R^2}, \text{ опір відповідно: } X_L = \omega L = 2\pi\nu L.$$

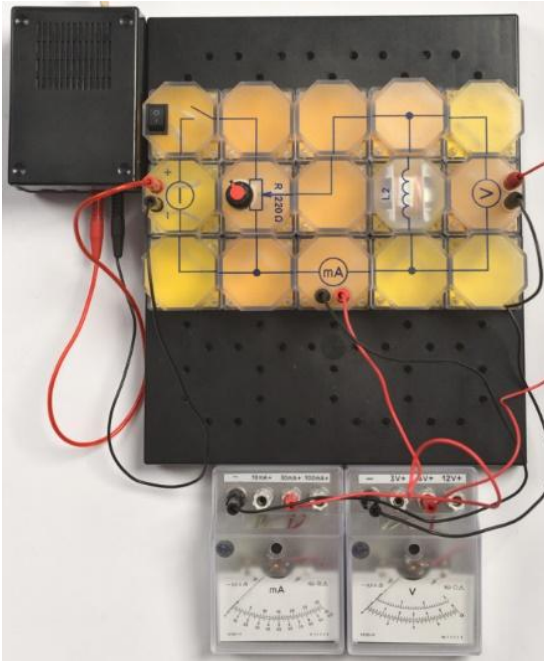
Тема. Вимірювання індуктивності котушки у колі змінного струму

Мета: навчитися вимірювати повний опір котушки у колі змінного струму та розраховувати її індуктивність.

Обладнання: набірне поле, джерело живлення, котушка індуктивності, міліамперметр, вольтметр, реостат (потенціометр), ключ, з'єднувальні провідники, з'єднувальні модулі.

Виконання роботи

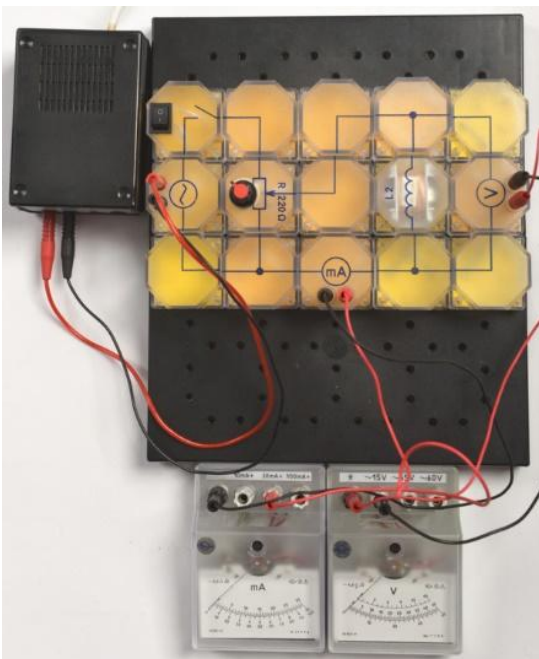
1. Складаю електричне коло за мал. 1:



Малюнок 1

2. Визначаю активний опір котушки: $R = \frac{U}{I}$; $U = \text{__ В}$; $I = \text{__ А}$; $R = \text{--} = \text{__ Ом}$.

3. Складаю електричне коло за мал. 2:



Малюнок 2

4. Повзунок реостата зміщую у крайнє праве положення. Замикаю ключ і змінюю, пересуваючи повзунок реостата, напругу від мінімального до максимального значення, фіксуючи покази вольтметра та міліамперметра:

Таблиця 1

№ п/п	$R, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ В}$	$Z, \text{ Ом}$	$Z_c, \text{ Ом}$	$L, \text{ Гн}$

5. Обчисліть повний опір котушки у кожному випадку: $Z = \frac{U}{I}$;

$$Z_1 = \text{————} = \text{___} \text{ Ом}; \quad Z_2 = \text{————} = \text{___} \text{ Ом};$$

$$Z_3 = \text{————} = \text{___} \text{ Ом}; \quad Z_4 = \text{————} = \text{___} \text{ Ом}.$$

6. Обчислюю середнє значення повного опору котушки Z_c :

$$Z_c = \frac{Z_c + Z_c + Z_c + Z_c}{4}; \quad Z_c = \text{————} = \text{___} \text{ Ом}.$$

7. Обчислюю індуктивність котушки: $L = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{Z_c^2 - R^2}$;

$$L = \text{————} \cdot \sqrt{\text{————} - \text{————}} = \text{————} \text{ Гн}.$$

8. Обчислюю індуктивний опір котушки для змінного струму частотою $\nu = 50$ Гц:

$$X_L = 2\pi\nu L; \quad X_L = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ Ом.}$$

9. Результати записую до таблиці 1.

10. Оцінка отриманого результату:

▶ інструментальна похибка вольтметра: $\underline{\hspace{2cm}}$;

▶ відносна похибка при вимірюванні вольтметром (для одного з вимірів):

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta U}{U}; \quad \varepsilon_v = \frac{\underline{\hspace{2cm}}}{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{1cm}};$$

▶ інструментальна похибка міліамперметра: $\underline{\hspace{2cm}}$;

▶ відносна похибка при вимірюванні міліамперметром (для одного з вимірів):

$$\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I}; \quad \varepsilon_I = \frac{\underline{\hspace{2cm}}}{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{1cm}}.$$

11. Аналіз результатів експерименту:

12. Повторюю дослід з котушкою L2:

Роботу виконав учень _____ класу

Роботу перевірів вчитель _____