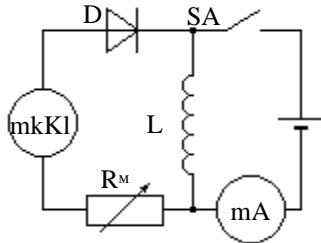


ДВА МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ІНДУКТИВНОСТІ КОТУШКИ

Розглянуто два оригінальні методи вимірювання індуктивності котушки. Пропонується прилад власної конструкції для вимірювання кількості електрики.

На кафедрі фізики ЖДПІ в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму використовуються різні методи вимірювання індуктивності котушки. Тут ми даємо два оригінальні методи вимірювання індуктивності котушки.



Мал. 1. Електрична схема вимірювання індуктивності котушки першим методом.

І. Запропонований метод вимірювання індуктивності котушки (кофіцієнта самоіндукції) ґрунтується на вимірюванні електричного заряду (кількості електрики), що переноситься в електричному колі струмом самоіндукції при розмиканні електричного кола. Оригінальність даного методу полягає в тому, що вимірювання індуктивності здійснюється вже на базі теоретичного матеріалу, який вивчається при введенні поняття індуктивності.

Розглянемо електричне коло, мал. 1.

При розмиканні ключа SA струм, що протікає через котушку, зникне не відразу, а завдяки явищу самоіндукції буде протікати через діод, вимірювач кількості електрики (мікрокулонометр), магазин опорів і котушку. При цьому через мікрокулонометр буде перенесена деяка кількість електрики, яка ним буде виміряна. Після від'єднання джерела струму струм, що протікатиме через котушку, діод, мікрокулонометр та магазин опорів буде зменшуватись до нуля за експоненціальним законом:

$$i = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} \quad (1)$$

Оскільки $i = \frac{dq}{dt}$, то через мікрокулонометр буде перенесена кількість електрики:

$$q = \int_0^{\infty} I_0 e^{-\frac{R}{L}t} dt = \frac{LI_0}{R}, \quad (2)$$

звідки

$$L = \frac{qR}{I_0} \quad (3)$$

Тут R – повний опір кола, що складається з опору котушки, опору мікрокулонометра, опору діода та опору магазину.

Перед початком вимірювань опір магазину опорів установлюють на нуль, замикають тумблер SA. Встановлюють силу струму $I_1=100$ мА, розмикають тумблер SA, вимірюють кількість індукованої електрики q_1 . Встановивши опір магазину опорів $R_m=20$ кОм, замикають тумблер SA, вимірюють силу струму I_2 . Розмикають тумблер SA, вимірюють кількість індукованої електрики q_2 .

Для двох вимірювань маємо систему двох рівнянь з двома невідомими R і L :

$$\begin{cases} q_1 R = LI_1 \\ q_2 (R + R_m) = LI_2 \end{cases} \quad (4)$$

де R – становить суму опорів котушки, діода, мікрокулонометра.

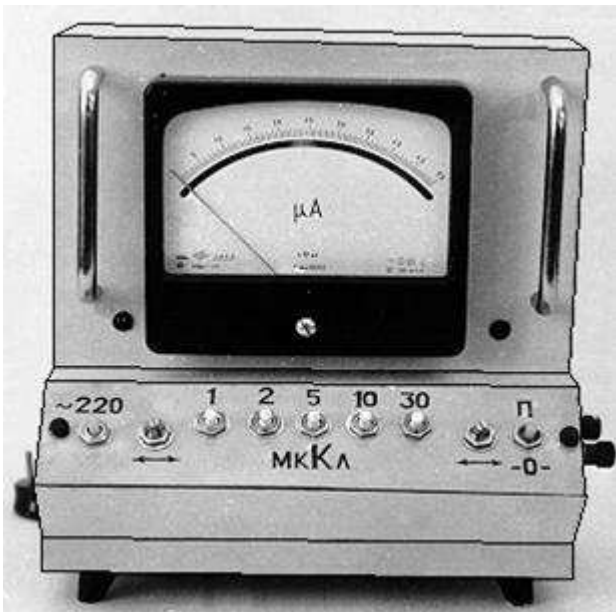
З рівнянь виключають R і знаходять L .

$$L = \frac{q_1 q_2 R_m}{q_1 I_2 - q_2 I_1} \quad (5)$$

Результати вимірювань і обчислень заносять до таблиці:

Кількість витків котушки	Сила струму	Заряд	Опір магазину опорів	Сила струму	Заряд	Індуктивність котушки	Відносна похибка визначення індуктивності
N , витків	I_1 , мА	q_1 , мкКл	R_m , Ом	I_2 , мА	q_2 , мкКл	L , Гн	$\frac{\Delta L}{L}$, %
1200							
2400							
3600							

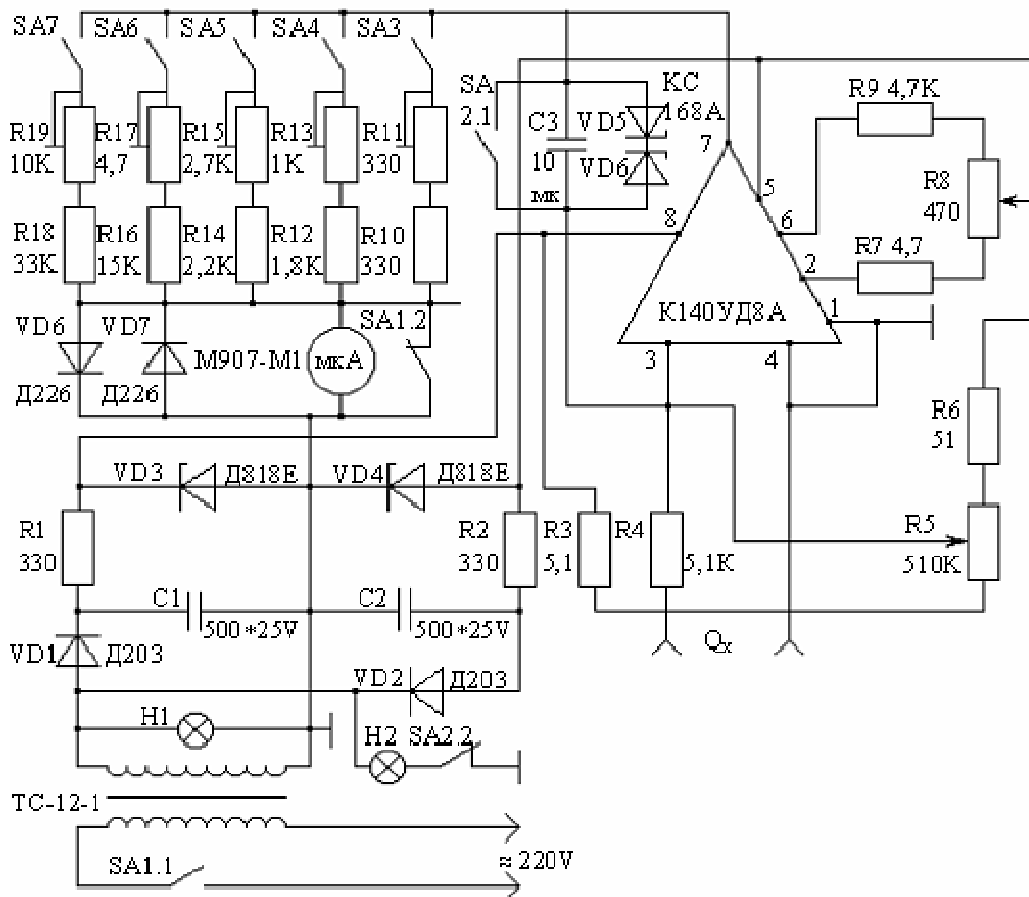
Вимірювання кількості електрики можна здійснити балістичним гальванометром, а в разі його відсутності можна скористатись приладом магнітоелектричної системи, попередньо відградувавши його в одиницях кількості електрики.



Як показує наш досвід, найбільш доцільно використати електронний прилад для вимірювання кількості електрики – мікрокулонометр. Використовуючи сучасні досягнення радіоелектроніки, такий прилад нами створено на кафедрі фізики ЖДПІ, він успішно використовується вже понад 10 років у лабораторному і демонстраційному експерименті.

Зовнішній вигляд приладу показано на мал. 2, принципову схему на мал. 3.

На передню панель приладу винесено тумблер для вмикання його в освітлювальну мережу на 220 В, тумблер «0-П» для скидання показів приладу, п'ять тумблерів для зміни чутливості приладу та дві ручки змінних резисторів для балансу й установки стрілки мікрокулонометра на нуль. Над тумблерами зміни чутливості написані цифри 1, 2, 5, 10, 30. Вони визначають чутливість у мікрокулонах у розрахунку на шкалу приладу.



Мал. 3. Принципова схема мікрокулонометра.

У мікрокулонометрі використано мікроамперметр М907-М1, що має 50 поділок на шкалі. При вмиканні тумблера «1» ціна поділок шкали становить $\frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{50 \text{ под}} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/под}$; при вмиканні тумблера «2» –

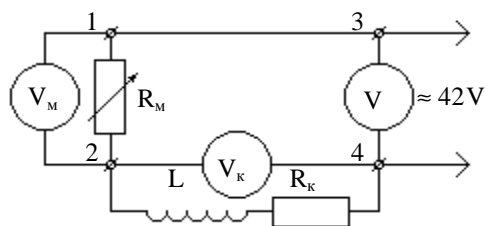
$$\frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{50 \text{ под}} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/под і т.д.}$$

Перед початком вимірювання тумблер «0-П» переводять у положення «П» (пуск). Після одержання мікрокулонометром певної кількості електрики стрілка його відхиляється на кут, пропорційний кількості електрики. У відхиленому стані вона може знаходитися як завгодно довго. Після зчитування показів їх скидають перевер-

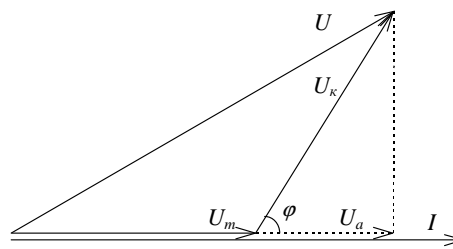
денням тумблера «0-П» в положення «0». Більш докладно про будову і принцип дії мікрокулометра описано в посібнику [1:147].

II. Вимірювання індуктивності котушки можна здійснити, маючи лише вольтметр, яким можна вимірювати напругу в колі змінного струму та безіндуктивний (чисто активний) еталонний опір. Такий опір можна підібрати, користуючись магазином опорів.

Для проведення вимірювань складають електричне коло згідно зі схемою (мал. 4).



Мал.4. Електрична схема вимірювання індуктивності котушки другим методом.



Мал. 5. Векторна діаграма.

Вимірюють загальну напругу U (точки 3,4), напругу на магазині опорів U_m (точки 1,2) та напругу на котушці U_k (точки 2,4). Нехай спочатку була ввімкнена котушка і нехай напруга на ній була U . На основі виміряних трьох напруг (загальної, на магазині та на котушці) у відповідному масштабі будують векторну діаграму, мал. 5.

Розраховують косинус та синус зсуву фаз.

$$U^2 = U_m^2 + U_k^2 + 2U_m U_k \cos \varphi ; \quad (6)$$

$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_m^2 - U_k^2}{2U_m U_k} ; \quad (7)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} . \quad (8)$$

Напруга на активному опорі котушки буде рівною

$$U_a = U_k \cos \varphi . \quad (9)$$

Індуктивна напруга буде рівною

$$U_L = U_k \sin \varphi . \quad (10)$$

Сила струму, що протікає в колі, буде рівною

$$I = U_m / R_m . \quad (11)$$

А тому активний опір котушки буде рівним

$$R_a = U_a / I , \quad (12)$$

а її індуктивність

$$L = U_L / I \omega . \quad (13)$$

Результати вимірювань та обчислень заносяться до таблиці:

Кількість витків котушки	Опір магазину опорів	Загальна напруга	Напруга на магазині	Напруга на котушці	Косинус зсуву фаз	Синус зсуву фаз	Активний опір котушки	Індуктивність котушки
N , витків	R_m , Ом	U , В	U_m , В	U_k , В	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	R_a , Ом	L , Гн
1200								
2400								
3600								

Цей метод дає змогу, користуючись лише вольтметром і еталонним опором, визначити разом з індуктивністю котушки і її активний опір. Чітко спостерігається квадратична залежність індуктивності котушки від кількості її витків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цілінко М.Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму: Навч. посіб. – К.: ІСДО, 1995. – 188 с.

Цілінко Михайло Григорович – кандидат педагогічних наук, професор кафедри фізики Житомирського державного педагогічного інституту ім. І. Франка.

Наукові інтереси:

- методика викладання фізики в школі та вузі;
- електронні вимірювальні прилади.

Прокопенко Микола Миколайович – спеціаліст, учитель фізики і математики середньої школи, старший лаборант кафедри фізики Житомирського державного педагогічного інституту ім. І. Франка.

Наукові інтереси:

- методика викладання фізики в школі та вузі;
- електронні вимірювальні прилади.