

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В СОЛЕНОЇДІ. ВИЗНАЧЕННЯ ІНДУКТИВНОСТІ КОТУШКИ

Методичні вказівки
до проведення лабораторного заняття для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня з дисципліни «Фізика» за спеціальностями
015.33 «Професійна освіта. Енергетика, електротехніка та електромеханіка»,
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Електронний ресурс

Рецензенти :

О. О. Копилов – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри фізики та радіоелектроніки Харківського національного університету повітряних сил імені І. Кожедуба;

П. Ф. Буданов – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики ННІ «Українська інженерно-педагогічна академія».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 11 від 25 червня 2025 року)*

Д 70 **Дослідження** магнітного поля в соленоїді. Визначення індуктивності котушки :
методичні вказівки до проведення лабораторного заняття для здобувачів вищої
освіти першого (бакалаврського) рівня з дисципліни «Фізика» за спеціальностями
015.33 «Професійна освіта. Енергетика, електротехніка та електромеханіка»,
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» [Електронний ресурс] /
уклад. С. Є. Кальний, Г. М. Мосієнко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. –
(PDF 17 с.)

Методичні вказівки до проведення лабораторного заняття «Дослідження магнітного поля в соленоїді. Визначення індуктивності котушки» з дисципліни «Фізика» з розділу «Електромагнетизм» містять короткі теоретичні відомості з теми, перелік обладнання та приладів, порядок проведення експерименту, рекомендації щодо обробки експериментальних даних та контрольні питання.

Для студентів, які навчаються за спеціальністю 015.33 «Професійна освіта. Енергетика, електротехніка та електромеханіка», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 53(075.8)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025

© Кальний С. Є., Мосієнко Г. М., уклад., 2025

ВСТУП

Фізика є основою практично всіх загально інженерних та спеціальних дисциплін. Це наука, яка вивчає закони природи, розкриває принципи, що управляють рухом тіл, їх взаємодією, електромагнітними явищами та багато іншими аспектами. Глибоке знання фізики є необхідним для студентів інженерних та інженерно-педагогічних спеціальностей, оскільки вона допомагає сформувати базові навички аналізу та розуміння складних технічних систем.

Розуміння фізичних принципів дозволяє студентам критично оцінювати проектні рішення, виконувати точні розрахунки та ефективно пристосовувати теоретичні знання для практичного застосування.

Сучасна електротехніка базується на законах електрики і магнетизму. Електричні і магнітні явища лежать в основі роботи електродвигунів, генераторів, трансформаторів, електромагнітних реле, тощо.

В даній лабораторній роботі вивчається явище електромагнітної індукції Фарадея і, зокрема, явище самоіндукції в котушці і явище взаємної індукції між котушками при протіканні змінного електричного струму. Кінцевою метою роботи є дослідження розподілу магнітного поля в соленоїді (котушці) і знаходження її індуктивності.

Прилади та обладнання:

- 1) соленоїд (котушка № 1);
- 2) нерухома котушка, що охоплює соленоїд (котушка № 2);
- 3) рухома котушка всередині соленоїда (котушка № 3);
- 4) феромагнітне осердя соленоїда;
- 5) джерело живлення змінного струму;
- 6) амперметр змінного струму;
- 7) вольтметр.

Мета роботи: визначення напруженості магнітного поля й індуктивності соленоїда, визначення динамічної магнітної проникності осердя використовуючи явище електромагнітної індукції, самоіндукції та взаємної індукції.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Соленоїдом називається котушка дроту, що намотаний на циліндричну поверхню. Довгим соленоїдом називається котушка, довжина якої l набагато більша за її діаметр. Соленоїди використовуються як електромагніти, як поступальний силовий електропривід у перемикачах, як обмотки трансформаторів або як котушки індуктивності в електронних схемах.

При пропусканні струму i через соленоїд навколо нього виникає магнітне поле, лінії напруженості $\vec{H}$ якого показані на рис. 1.

З рис. 1 видно, що всередині соленоїда магнітне поле **однорідне**, величина і напрямок вектору напруженості всюди однакові ($\vec{H}_{\text{внутр}} = \text{const}$). Ближче до країв соленоїда, на відстанях порядку його діаметра, лінії магнітного поля розходяться і величина напруженості H зменшується. Зовні соленоїда густина ліній напруженості набагато менша, ніж всередині. Це означає, що в зовнішній області напруженість магнітного поля значно менша, ніж у внутрішній області $H_{\text{зовн}} \ll H_{\text{внутр}}$.

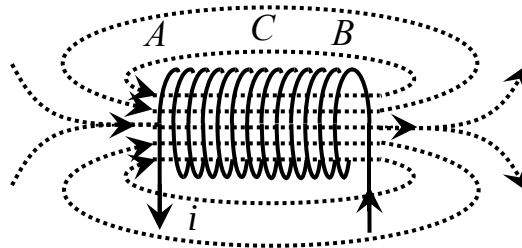


Рис. 1. Магнітне поле соленоїда

Обчислимо величину напруженості магнітного поля всередині соленоїда. Для цього скористаємося законом повного струму: **циркуляція вектору напруженості $\vec{H}$ за замкнутим контуром L дорівнює алгебраїчній сумі струмів, що охоплені цим контуром.**

$$\oint_L \vec{H} d\vec{\ell} = \sum i; \quad (1)$$

В якості контуру інтегрування L візьмемо одну з ліній вектору $\vec{H}$ (рис. 1). Тоді інтеграл за замкненим контуром L можна розбити на суму двох інтегралів – за внутрішньою (AB) і зовнішньою ділянкою контуру (BCA):

$$\oint_L \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{AB} \vec{H}_{\text{внутр}} d\vec{\ell} + \int_{BCA} \vec{H}_{\text{зовн}} d\vec{\ell}; .$$

Інтегралом за зовнішньою ділянкою контуру (BCA) можна знехтувати, оскільки в зовнішній області напруженість магнітного поля дуже мала $H_{\text{зовн}} \ll H_{\text{внутр}}$.

Тоді

$$\oint_L \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{AB} \vec{H}_{\text{внутр}} d\vec{\ell};$$

Таким чином, закон повного струму (1) набуває вигляду

$$\int_{AB} \vec{H}_{\text{внутр}} d\vec{\ell} = \sum i; \quad (2)$$

Всередині соленоїда вектор напруженості $\vec{H}_{\text{внутр}} = \text{const}$ і спрямований паралельно елементарній ділянці контуру $d\vec{\ell}$. Тому

$$\int_{AB} \vec{H}_{\text{внутр}} \cdot d\vec{\ell} = \int_{AB} H_{\text{внутр}} d\ell = H_{\text{внутр}} \cdot \int_{AB} d\ell = H_{\text{внутр}} \cdot \ell;$$

де ℓ – довжина соленоїда (тобто ділянки AB).

Контур інтегрування L охоплює всі витки соленоїда, тому сума струмів дорівнює

$$\sum i = N \cdot i;$$

де N – кількість витків, i – сила струму в соленоїді.

Тоді з (2) виходить, що напруженість магнітного поля H всередині соленоїда дорівнює

$$H = \frac{N \cdot i}{\ell}; \quad (3)$$

Зазначимо, що величина $\frac{N}{\ell}$ називається **щільністю намотки витків**, це кількість витків на одиниці довжини соленоїда.

Біля країв соленоїда лінії магнітного поля розходяться і величина напруженості H зменшується. Можна показати, що на торці соленоїда напруженість магнітного поля буде вдвічі менша, ніж всередині.

Для експериментального визначення напруженості магнітного поля та індуктивності соленоїда використовується явище електромагнітної індукції.

Явище електромагнітної індукції полягає у тому, що при зміні магнітного потоку Φ через замкнений контур у цьому контурі виникає ЕРС індукції $\mathcal{E}$ (рис. 2).

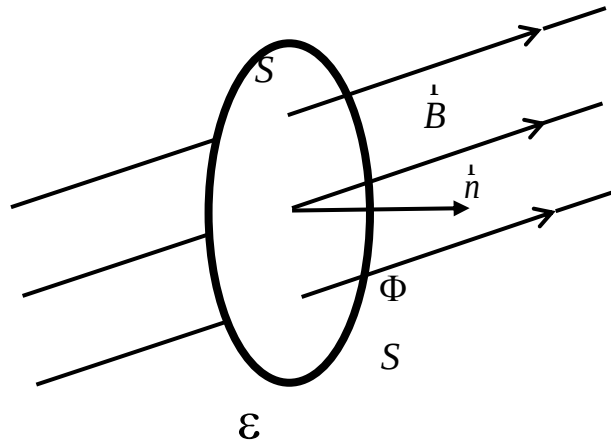


Рис. 2. Магнітний потік через замкнений контур

За законом Фарадея ЕРС індукції дорівнює швидкості зміни магнітного потоку із протилежним знаком:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}; \quad (4)$$

У випадку однорідного магнітного поля **магнітний потік** Φ через площину контуру дорівнює

$$\Phi = BS \cos \alpha; \quad (5)$$

тут B – індукція магнітного поля, S – площа контуру, α – кут між вектором індукція магнітного поля $\vec{B}$ і вектором нормалі $\vec{n}$ до площини контуру (рис. 2).

У соленоїді повний магнітний потік через всі витки котушки (або **потокосцеплення**) дорівнює

$$\Psi = N\Phi = NBS \cos \alpha; \quad (6)$$

де N – кількість витків.

Відповідно до цього ЕРС індукції в котушці (соленоїді) визначається за такою формулою:

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dt}; \quad (7)$$

Явище електромагнітної індукції має два важливі окремі випадки.

Явище взаємної індукції полягає у тому, що при зміні електричного струму в одному контурі у сусідньому контурі виникає ЕРС взаємної індукції (рис. 3).

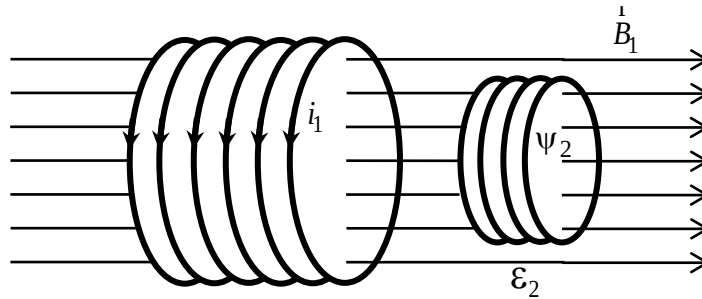


Рис. 3. Явище взаємної індукції

Електричний струм у першому контурі i_1 створює магнітне поле, лінії якого перетинають площину другого контуру і створюють у ньому магнітний потік Ψ_2 . Зміна електричного струму i_1 змінює магнітний потік $\Psi_2(i_1)$, завдяки чому у другому контурі виникає ЕРС взаємної індукції $\mathcal{E}_2$:

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Psi_2(i_1)}{dt} = -\frac{d\Psi_2}{di_1} \cdot \frac{di_1}{dt}. \quad (8)$$

Похідна від магнітного потоку у другому контурі за електричним струмом у першому контурі називається **коефіцієнтом взаємної індукції**:

$$L_{12} = \frac{d\Psi_2}{di_1}. \quad [L_{12}] = \text{Гн}. \quad (9)$$

Коефіцієнт взаємної індукції визначає зв'язок між магнітним потоком та електричним струмом у цих контурах. Він показує на скільки змінюється магнітний потік у другому контурі при зміні електричного струму у першому контурі на 1 (А).

З формули (8) виходить, що ЕРС **взаємної індукції** пропорційна швидкості зміни електричного струму у першому контурі:

$$\mathcal{E}_2 = -L_{12} \cdot \frac{di_1}{dt}; \quad (10)$$

Явище самоіндукції полягає у тому, що при зміні електричного струму в контурі у цьому самому контурі виникає ЕРС самоіндукції (рис. 4).

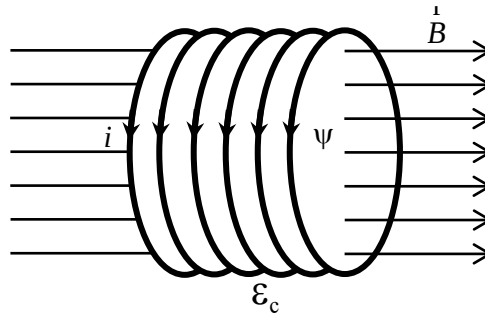


Рис. 4. Явище самоіндукції

Електричний струм у контурі i створює магнітне поле, лінії якого перетинають площину цього самого контуру і створюють у ньому власний магнітний потік Ψ . Зміна електричного струму i змінює магнітний потік $\Psi(i)$, завдяки чому у контурі виникає ЕРС самоіндукції $\mathcal{E}_c$. З формули (7) виходить, що

$$\mathcal{E}_c = -\frac{d\Psi(i)}{dt} = -\frac{d\Psi}{di} \cdot \frac{di}{dt}; \quad (11)$$

Похідна від магнітного потоку у контурі за електричним струмом у цьому контурі називається **індуктивністю контуру** (або **коефіцієнтом самоіндукції**):

$$L = \frac{d\Psi}{di}; \quad [L] = \text{Гн}; \quad (12)$$

Індуктивність визначає зв'язок між магнітним потоком та електричним струмом у контурі. Вона показує на скільки змінюється магнітний потік у контурі при зміні електричного струму на 1 (А).

З формули (11) виходить, що **ЕРС самоіндукції** пропорційна швидкості зміни електричного струму в контурі:

$$\mathcal{E}_c = -L \cdot \frac{di}{dt}; \quad (13)$$

Індуктивність контуру L та коефіцієнт взаємної індукції між контурами L_{12} залежать від їх розмірів, кількості витків, магнітної проникності середовища, а для L_{12} також від взаємного розташування контурів.

Знайдемо індуктивність L довгого соленоїда. За формулою (6) повний магнітний потік через всі витки соленоїда дорівнює $\Psi = N\Phi = NBS \cos \alpha$. Оскільки магнітне поле всередині соленоїда паралельне його осі, то $\alpha = 0$ і

$$\cos \alpha = 1.$$

Скористаємося формулою (12):

$$L = \frac{d\Psi}{di} = NS \frac{dB}{di} = NS \frac{dB}{dH} \cdot \frac{dH}{di}; \quad (14)$$

Величина

$$\mu_D = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{dB}{dH}; \quad (15)$$

називається **динамічною магнітною проникністю середовища** (осердя). Для неферромагнітного осердя (або відсутності будь-якого осердя) вона збігається зі звичайною **статичною магнітною проникністю**:

$$\mu = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{B}{H}; \quad (16)$$

($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м) – магнітна стала).

Відповідно до формули (3) похідна $\frac{dH}{di} = \frac{N}{\ell}$.

Підставляючи ці співвідношення у формулу (14), отримуємо **індуктивність довгого соленоїда**:

$$L = \mu_D \mu_0 \frac{N^2 S}{\ell}; \quad (17)$$

де N – кількість витків, ℓ та S – довжина соленоїда та площа поперечного перерізу відповідно.

Коефіцієнт взаємної індукції L_{12} для двох котушок на одному осерді знаходиться аналогічно. За формулою (6) повний магнітний потік у другій котушці дорівнює $\Psi_2 = N_2 \Phi = N_2 B_1 S$.

Відповідно до формули (9) маємо

$$L_{12} = \frac{d\Psi_2}{di_1} = N_2 S \frac{dB_1}{di_1} = N_2 S \frac{dB_1}{dH_1} \frac{dH_1}{di_1};$$

Скориставшись формулами (15) та (3), отримаємо **коефіцієнт взаємної індукції двох котушок на одному осерді**:

$$L_{12} = \mu_D \mu_0 \frac{N_1 N_2 S}{\ell}; \quad (18)$$

де $N_1; N_2$ – кількість витків у першій та другій котушках, ℓ та S – довжина та площа поперечного перерізу осердя відповідно.

Зазначимо, що формула (18) може бути застосована для обмоток **трансформатора**.

Проаналізуємо вплив **магнітної проникності** середовища на явище електромагнітної індукції.

Атоми і молекули середовища завдяки власним магнітним моментам впливають на зовнішнє магнітне поле – вони можуть його як підсилити, так і послабити. За **фізичним змістом** магнітна проникність (як μ , так і μ_D) показує, у скільки разів індукція магнітного поля в певному середовищі відрізняється від індукції того самого поля у вакуумі.

Діамагнітні речовини незначно послаблюють магнітні поля (мають $\mu \leq 1$). **Парамагнітні** речовини незначно підсилюють магнітні поля (мають $\mu \geq 1$). Діамагнетики та парамагнетики є слабкими магнітними речовинами, для них можна вважати, що $\mu \approx 1$.

Феромагнетики та **ферити** значно підсилюють магнітні поля ($\mu \gg 1$). Типовим представником феромагнетиків є залізо та його сплави.

Таким чином, наявність феромагнітного осердя в котушках приводить до значного зростання ЕРС електромагнітної індукції, пропорційно магнітній проникності μ . Внаслідок цього також зростає індуктивність котушки L і коефіцієнт взаємної індукції між котушками L_{12} (див. формули (17) і (18)).

ЗМІСТ РОБОТИ ТА ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

На рис. 5 зображений пристрій для експериментального визначення напруженості магнітного поля та індуктивності соленоїда. Він складається із соленоїда (котушка № 1), нерухомої котушки, що намотана поверх соленоїда (котушка № 2), рухомої котушки, що знаходиться всередині соленоїда (котушка № 3). Всередину соленоїда може бути поміщене феромагнітне осердя.

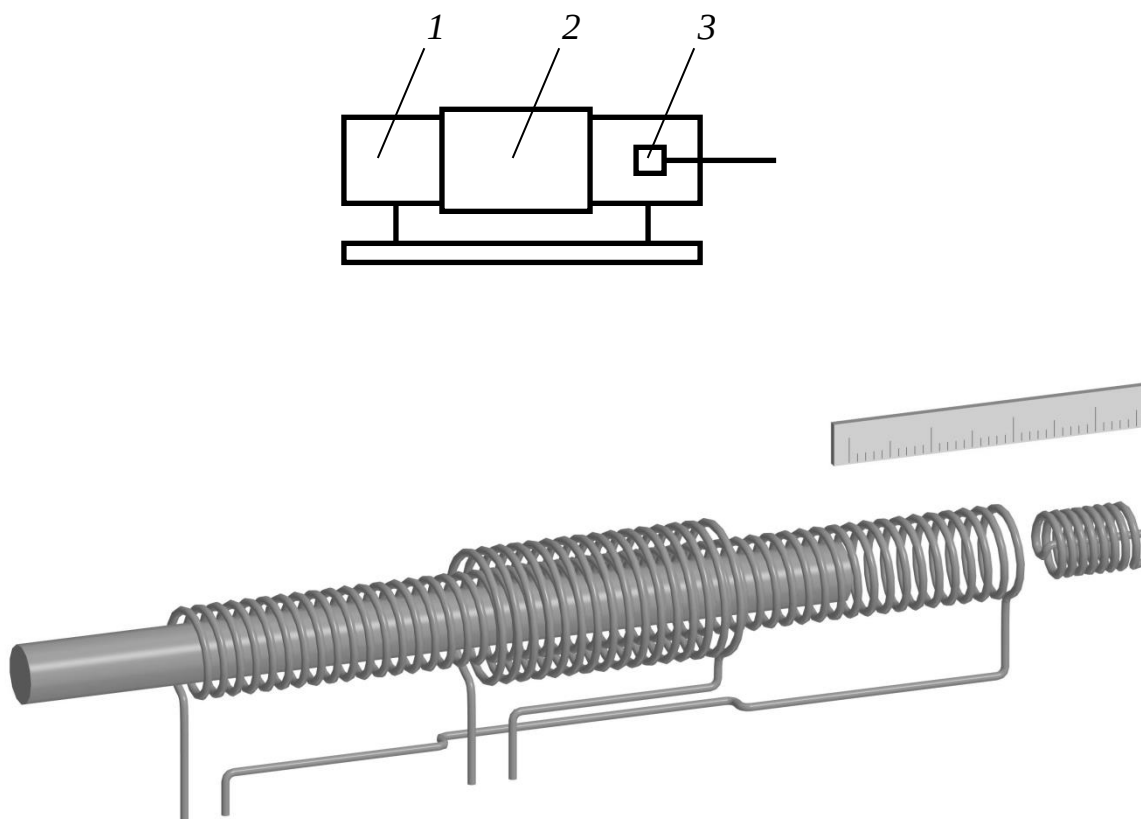


Рис. 5. Пристрій для експериментальних вимірювань:
1 – соленоїд; 2 – зовнішня нерухома котушка; 3 – внутрішня рухома котушка

Електрична схема цього експериментального пристрою зображена на рис. 6. До соленоїда підключається джерело змінного струму і амперметр. Вольтметр може бути підключений або до котушки № 2, або до котушки № 3.

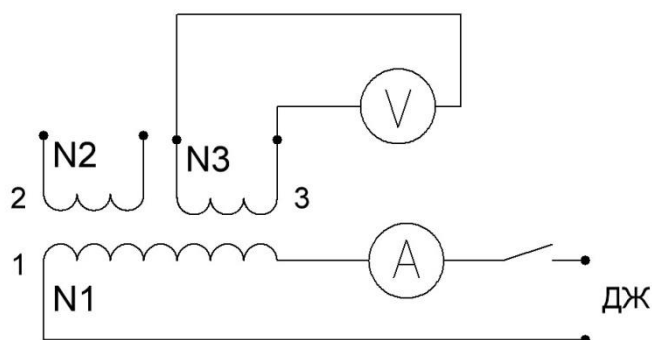


Рис. 6. Електрична схема експериментального пристрою

При протіканні через соленоїд **змінного струму** завдяки явищу взаємної індукції в котушках № 2 і № 3 виникають ЕРС взаємної індукції $\mathcal{E}_2$

та $\mathcal{E}_3$, величина яких залежить від величини магнітного поля в соленоїді та коефіцієнтів взаємної індукції між соленоїдом та цими котушками.

Визначення напруженості магнітного поля в соленоїді

Для визначення напруженості магнітного поля H всередині соленоїда розглянемо ЕРС у рухомій котушці $\mathcal{E}_3$. Скористаємося загальним законом електромагнітної індукції (7), а також формулою (6):

$$\mathcal{E}_3 = -\frac{d\Psi_3}{dt} = -N_3 S_3 \frac{dB}{dt} = -N_3 S_3 \frac{dB}{dH} \cdot \frac{dH}{dt}; \quad (19)$$

де N_3 і S_3 – кількість витків та площа перерізу рухомої котушки.

Сила струму в соленоїді змінюється за гармонічним законом:

$$i(t) = I_m \cos \omega t; \quad (20)$$

(I_m – амплітуда струму, ω – циклічна частота).

Тоді згідно з (3) напруженість магнітного поля H всередині соленоїда також коливається за гармонічним законом:

$$H = \frac{N_1 i}{\ell} = \frac{N_1 I_m \cos \omega t}{\ell} = H_m \cdot \cos \omega t; \quad (21)$$

де $H_m = \frac{N_1 I_m}{\ell}$ – амплітуда напруженості магнітного поля.

Відтак знайдемо похідну від напруженості магнітного поля за часом:

$$\frac{dH}{dt} = -\omega H_m \cdot \sin \omega t.$$

За формулою (15) виражаємо похідну dB/dH через магнітну проникність осердя μ_D :

$$\frac{dB}{dH} = \mu_0 \mu_D.$$

Підставляючи ці похідні у формулу (19), знаходимо ЕРС у рухомій котушці:

$$\mathcal{E}_3 = \mu_D \mu_0 N_3 S_3 \omega H_m \cdot \sin \omega t = \mathcal{E}_{m3} \cdot \sin \omega t, \quad (22)$$

де амплітуда ЕРС

$$\mathcal{E}_{m3} = \mu_D \mu_0 N_3 S_3 \omega H_m; .$$

Таким чином, амплітуда ЕРС у рухомій котушці $\mathcal{E}_{m3}$ прямо пропорційна амплітуді напруженості магнітного поля H_m .

Те саме співвідношення можна написати для **ефективних значень** ЕРС та напруженості магнітного поля:

$$\mathcal{E}_{\text{еф}3} = \mu_D \mu_0 N_3 S_3 \omega H_{\text{еф}};$$

Звідси виражаємо напруженість магнітного поля $H_{\text{еф}}$ через ЕРС у рухомій котушці $\mathcal{E}_{\text{еф}3}$:

$$H_{\text{еф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{еф}3}}{\mu_D \mu_0 N_3 S_3 2\pi\nu}; \quad (23)$$

(ураховано, що $\omega = 2\pi\nu$, де ν – частота). Зазначимо, що тут $\mu_D \approx 1$, оскільки в соленоїді відсутнє феромагнітне осердя.

Примітка. Якщо сила струму чи ЕРС або інша фізична величина змінюється за гармонічним законом (сінуса або косінуса), то крім амплітуди вона характеризується ще своїм **ефективним** або **діючим** значенням. За визначенням

$$I_{\text{еф}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad \mathcal{E}_{\text{еф}} = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{2}}; \quad H_{\text{еф}} = \frac{H_m}{\sqrt{2}}.$$

Зазначимо, що амперметри та вольтметри змінного струму показують саме ефективні, а не амплітудні значення струму, напруги та ЕРС.

Визначення коефіцієнта взаємної індукції котушок та індуктивності соленоїда

Для визначення коефіцієнта взаємної індукції L_{12} котушок № 1 та № 2 розглянемо ЕРС у нерухомій котушці $\mathcal{E}_2$. Відповідно до формул (10) та (20), маємо

$$\mathcal{E}_2 = -L_{12} \cdot \frac{di_1}{dt} = -L_{12} \cdot \frac{d(I_m \cos \omega t)}{dt} = L_{12} I_m \omega \cdot \sin \omega t = \mathcal{E}_{m2} \cdot \sin \omega t. \quad (24)$$

Амплітуда ЕРС дорівнює

$$\mathcal{E}_{m2} = L_{12} I_m \omega.$$

Ефективне значення ЕРС –

$$\mathcal{E}_{\text{еф}2} = L_{12} I_{\text{еф}} \omega = L_{12} I_{\text{еф}} 2\pi\nu.$$

Звідси знаходимо коефіцієнт взаємної індукції для котушок № 1 та № 2:

$$L_{12} = \frac{\mathcal{E}_{\text{еф}2}}{I_{\text{еф}} 2\pi\nu} \quad (25)$$

Визначивши в такий спосіб коефіцієнт взаємної індукції між котушками, можна знайти індуктивність соленоїда L . З формул (17), (18) виходить, що

$$L = L_{12} \cdot \frac{N_1}{N_2}. \quad (26)$$

де $N_1; N_2$ – кількість витків у першій та другій котушках.

Визначення магнітної проникності осердя

Дослідимо вплив магнітної проникності осердя на явище електромагнітної індукції. Для цього треба провести вимірювання ЕРС у нерухомій котушці $\mathcal{E}_{\text{еф}2}$ за наявності феромагнітного осердя в соленоїді (коли $\mu_D \gg 1$). Якщо за формулами (25) і (26) розрахувати коефіцієнти індукції L_{12} і L , то можна переконатися, що за наявності феромагнітного осердя індуктивність соленоїда L значно зростає.

З формули (17) виходить, що динамічна магнітна проникність осердя дорівнює

$$\mu_D = \frac{L^*}{L}, \quad (27)$$

де L^* – індуктивність соленоїда з феромагнітним осердям, L – індуктивність соленоїда без осердя.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати електричне коло за схемою, що зображена на рис. 6, підключивши вольтметр до рухомої котушки № 3.

2. Після перевірки схеми лаборантом включити джерело живлення і вольтметр. Установити значення струму $I_{\text{еф}}$, вказане в інструкції. Помістити рухому котушку в центр соленоїда.

3. Виміряти значення $\mathcal{E}_{\text{еф}3}$ в декількох положеннях рухомої котушки, що задаються координатами $x = 0; 8; 12; 16; 18; 19; 20; 21$ (см), починаючи від центру. Результати занести до табл. 1.

Після проведення вимірювань вимкнути вольтметр і джерело живлення.

4. За формулою (23) розрахувати напруженість магнітного поля $H_{\text{еф}}(x)$ в кожній точці соленоїда, де проводилися вимірювання. Результати занести до табл. 1.

Таблиця 1

x , см	0	8	12	16	18	19	20	21
$\mathcal{E}_{\text{еф3}}$, В								
$H_{\text{еф}}$, А/м								

5. Побудувати графік залежності $H_{\text{еф}}(x)$ для соленоїда.

6. Підключити цифровий вольтметр до нерухомої котушки № 2. Включити джерело живлення і цифровий вольтметр.

7. Виміряти значення струму $I_{\text{еф}}$ в соленоїді і $\mathcal{E}_{\text{еф2}}$ у нерухомій котушці. Результати занести до табл. 2.

8. Використовуючи формули (25) і (26), розрахувати коефіцієнт взаємної індукції котушок L_{12} та індуктивність соленоїда L без осердя. Результати занести до табл. 2.

Таблиця 2

Соленоїд без осердя			
$I_{\text{еф}}$, А	$\mathcal{E}_{\text{еф2}}$, В	L_{12} , Гн	L , Гн

9. Вставити в соленоїд феромагнітне осердя. Повторити вимірювання, наведені в пункті 7. За формулами (25) і (26) розрахувати коефіцієнт взаємної індукції котушок L_{12}^* і індуктивність соленоїда L^* з феромагнітним осердям. Результати занести до табл. 3.

Таблиця 3

Соленоїд з феромагнітним осердям			
$I_{\text{еф}}$, А	$\mathcal{E}_{\text{еф2}}$, В	L_{12}^* , Гн	L^* , Гн

10. За формулою (27) визначити динамічну магнітну проникність μ_D феромагнітного осердя.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Чому дорівнює напруженість магнітного поля всередині соленоїда? Вивести формулу.
2. У чому полягає явище електромагнітної індукції? Закон Фарадея для електромагнітної індукції.
3. Що таке явище взаємної індукції? Записати формулу для ЕРС взаємної індукції.
4. Що таке коефіцієнт взаємної індукції? Від чого він залежить?
5. Що таке явище самоіндукції? Записати формулу для ЕРС самоіндукції.
6. Що таке індуктивність соленоїда (катушки)? Від чого вона залежить?
7. Що показує магнітна проникність речовини?
8. Чим відрізняється динамічна магнітна проникність від статичної магнітної проникності?
9. Як у цій роботі вимірюється динамічна магнітна проникність осердя?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук І. М. Загальний курс фізики: у трьох томах. Т. 2. Електрика і магнетизм / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик. – К. : Техніка, 2001. – 452 с.
2. Фізика: навч. посібник для студ. інж.-пед. спец.. Ч. 2: Електростатика. Закони постійного струму. Електромагнетизм. Гармонічні коливання. Хвильова оптика/ А. М. Берестовий; Укр. інж.-пед. акад.. - Харків: УПА, 2008. - 190 с.
3. «Фізика». [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за технічними спеціальностями /І.В.Лінчевський, В.В. Хіст; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 141с.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Кальний Сергій Євгенович
Мосієнко Ганна Миколаївна

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В СОЛЕНОЇДІ. ВИЗНАЧЕННЯ ІНДУКТИВНОСТІ КОТУШКИ

Методичні вказівки

до проведення лабораторного заняття для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня з дисципліни «Фізика» за спеціальностями
015.33 «Професійна освіта. Енергетика, електротехніка та електромеханіка»,
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 25.06.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,41. Обсяг 0,887 Мб. Зам. № 261/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна