

Лабораторія “ Електрики та магнетизму ”

Лабораторна робота №12

“ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕМИ ПРО ЦИРКУЛЯЦІЮ
ВЕКТОРА ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ”**Мета роботи:**

1. Перевірити теорему про циркуляцію вектора індукції магнітного поля.

Вступ

Циркуляцією вектора \vec{B} по замкнутому контуру L називається величина $\oint_L \vec{B} d\vec{l}$. В курсі загальної фізики доводиться, що незалежно від форми контуру L , циркуляція вектора \vec{B} пропорційна алгебраїчній сумі струмів, що охоплюються цим контуром:

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I \text{ (СИ)}, \quad (1)$$

де $I = \sum_k I_k$ - алгебраїчна сума струмів, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнітна стала. Струм вважається додатнім, якщо його напрям пов'язаний з напрямом обходу контуру за правилом правого гвинта. Струм протилежного напрямку вважається від'ємним.

Вважатимемо, що струм розподілений в деякому об'ємі з об'ємною густиною \vec{j} . Виберемо в цьому об'ємі деякий контур L . Тоді струм, що протікає через довільну поверхню S , яка опирається на контур, дорівнює:

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S} = \int_S j_n dS. \quad (2)$$

Густина струму \vec{j} береться в області розташування елемента поверхні $d\vec{S}$, причому вектор $d\vec{S}$ утворює з напрямом обходу правогвинтову систему. Звідси випливає правило знаків. На рис.1 стрілочками показаний напрям обходу контуру L , який охоплює три струми.

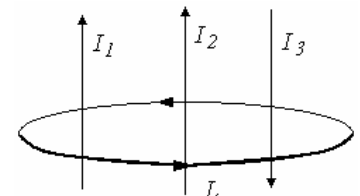


Рис. 1

Тоді, у відповідності з правилом знаків, повний струм, що протікає через цей контур, дорівнює

$$I = \sum_{k=1}^3 I_k = I_1 + I_2 - I_3. \quad (3)$$

Таким чином, в загальному випадку теорема про циркуляцію вектора \vec{B} може бути записана в наступному вигляді:

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{j} d\vec{S} = \mu_0 \int_S j_n dS \text{ (СИ)}, \quad (4)$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int_S \vec{j} d\vec{S} = \frac{4\pi}{c} \int_S j_n dS \text{ (СГСЭ)}. \quad (5)$$

Індукція магнітного поля \vec{B} є а вихровим полем, а циркуляція вектора \vec{B} в загальному випадку відмінна від нуля та визначається розподілом електричного струму в просторі.

Теорема про циркуляцію вектора індукції магнітного поля \vec{B} має таке ж вагоме фізичне значення, як і теорема Гауса для вектора напруженості електричного поля \vec{E} .

Опис експериментальної установки. Схема дослідної установки показана на рис. 2. Котушка K_2 нерухома, а котушка K_1 може рухатись. Сталій струм, що протікає по витках цих котушок, перетинає контур, який намальовано на панелі лабораторної установки.

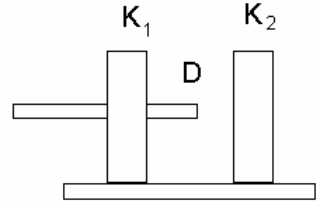


Рис. 2

З'єднаємо котушки так, щоб напрям протікання струмів в обох котушках був однаковий. Вимірювання індукції магнітного поля відбувається за допомогою приладу, в склад якого входить датчик що датчика Хола, та який може вільно переміщуватись уздовж контуру, дозволяючи вимірювати індукцію магнітного поля в будь-якій його точці

Виконання роботи

1. Вибрати контур L_1 на панелі лабораторної установки так, щоб він охоплював тільки один соленоїд. Вибрати також напрям обходу контуру.

Встановити утримувач зонда датчика Хола D по дотичній до контуру L_1 в деякій точці, яку прийнято за початок відліку.

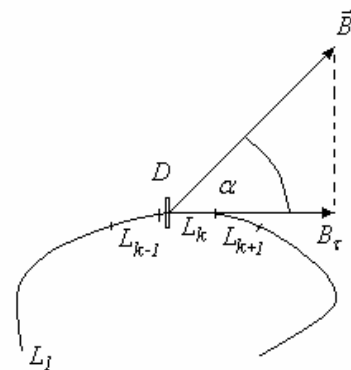


Рис. 3

В цьому випадку вимірюється тангенціальна складова індукції

$$B_\tau = B \cos \alpha, \quad (6)$$

так як показано на рис. 3, де D – вимірювальний датчик.

Значення інтеграла $\oint_{L_1} \vec{B} d\vec{l} = \oint_{L_1} B_\tau dl$ апроксимується сумою

$$\sum_k B_k \cos \alpha \Delta L_k = \Delta L \sum_k B_k \cos \alpha, \quad (7)$$

де величина $\Delta L = \Delta L_k = L_{k+1} - L_k$ винесена за знак суми, оскільки вона є однаковою для будь-якого k -го відрізка і дорівнює 1 см .

Перевірка закону повного струму полягає в тому, щоб порівняти, з одного боку циркуляцію вектора \vec{B} :

$$\sum_k B_k \cos \alpha \Delta L_k = \Delta L \sum_k B_k \cos \alpha = \Delta L \cdot C \cdot \sum_k U_k, \quad (8)$$

де U_k - напруга в мВ на k -й ділянці контуру L_1 .

З іншого боку величину повного струму, що перетинає контур,

$$\mu_0 \sum_k I_k = \mu_0 N I, \quad (9)$$

де $N = 290$ - кількість витків обмотки короткого соленоїда.

2. Повторити вимірювання для контуру, що охоплює обидва соленоїди із струмами, що протікають в одному напрямі.

3. Повторити вимірювання для контуру L_2 , що охоплює обидва соленоїди із струмами, що протікають в протилежних напрямках.

4. Обчислити погрішності вимірювань.

Контрольні питання

1) Сформулюйте закон Біо-Савара-Лапаласа та принцип суперпозиції для індукції магнітного поля?

2) Отримати формулу для індукції магнітного поля на осі, що проходить через центр вика зі струмом перпендикулярно до його площини.

3) Отримати поле на вісі короткого соленоїда

4) В чому різниця між векторами \vec{H} та \vec{B} ?

5) Яка різниця між струмами провідності та струмами намагнічування?

6) Вивести граничні умови для векторів \vec{H} та \vec{B} .

7) Назвіть одиниці вимірювання векторів \vec{B} та \vec{H} в системах СІ та СГСЕ.

8) Які способи вимірювання індукції магнітного поля \vec{B} та напруженості \vec{H} Ви знаєте?

9) Вивести закон повного струму та сформулювати правило знаків.