

### Тема №3: Електромагнетизм та електромагнітна індукція

#### Тема: Магніти і їх властивості. Величини, які характеризують магнітне поле

**Мета:** сформуувати уявлення про магнітне поле як вид існування матерії, ознайомитись з властивостями постійних магнітів, пояснити походження та властивості магнітного поля Землі, навчитись використовувати набуті знання.

Магніти відомі людству більше двох з половиною тисяч років. Ще в Давньому Китаю існувала приказка: «Камінь, що любить (ки тайською «тшу-ши»), притягує залізо, як ніжна мати притягує до себе своїх дітей». Не тільки китайці називають магніт «каменем, що любить». Французькою назва магніту звучить як «aimant», що в перекладі теж означає «той, який любить».

Сьогодні на уроці необхідно визначити: напрямок магнітних ліній магнітного поля провідника зі струмом залежить від напрямку струму в провіднику; вчити визначати їх напрямок за допомогою правила свердлика та правила правої руки; розуміти, від чого залежить модуль індукції магнітного поля провідника зі струмом; уміти визначати розташування магнітних полюсів котушки зі струмом за допомогою правої руки.

#### I. Опрацювання теоретичного матеріалу

Досліди Ерстеда, Ейхенвальда однозначно довели наступне: *магнітне поле пов'язане з електричними зарядами, що рухаються, і впливає лише на рухомі заряди; на нерухомі заряди магнітне поле не впливає.*

При переміщенні провідника в магнітному полі, в ньому виникає струм, який можна виявити за відхиленням стрілки гальванометра. Це свідчить про появу на кінцях провідника е. р. с. Вона називається індукованою е. р. с. і, в свою чергу, створює електричний струм, який називається індукованим.

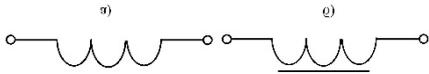
Е. Х. Ленц сформулював таке правило: *напрямок індукованої е. р. с. такий, що зумовлений нею струм і його магнітне поле протидіють причині виникнення цієї е. р. с. і струму.*

Значення індукованої е. р. с. прямо пропорційне магнітній індукції поля, довжині провідника і швидкості його руху. Якщо провідник рухається не під прямим кутом до силових ліній магнітного поля, а під якимсь кутом  $\alpha$ , то враховується тільки його складова  $v_{\alpha}$ , яка прагне рухати провідник поперек силових ліній. Ця складова дорівнює швидкості  $v$ , помноженій на синус кута  $\alpha$ :  $v_{\alpha} = v \sin \alpha$ .

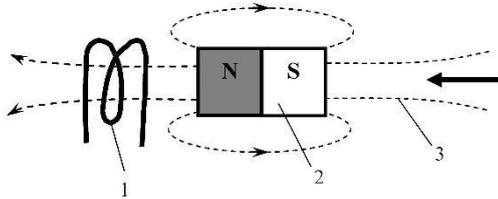
Таким чином, 
$$E = Blv \sin \alpha. (5.)$$
 – індукована е.р.с.

#### Індуктивність.

**Індуктивність** – фізична величина, що описує електромагнітні властивості індуктивного елемента (ідеальної котушки індуктивності).



У найпростішому випадку індуктивний елемент (котушка індуктивності або дросель) – ізольований провід, намотаний поверх феромагнітного осердя (магнітопроводу). Відповідно до закону електромагнітної індукції ЕРС індукується у провіднику, якщо останній знаходиться у змінному магнітному полі. Припустимо, що котушка проводу є нерухомою та уздовж її витків пересувається постійний магніт.



1 – виток проводу; 2 – постійний магніт; 3 – магнітні силові лінії

Якщо взяти соленоїд, який складається тільки з одного витка, то створюваний ним магнітний потік буде пропорційний струму:  $\Phi = L \cdot i$ ,

де  $L$  - коефіцієнт пропорційності, який називається індуктивністю;  $i$  - миттєве значення струму в соленоїді. При  $i = 1$  маємо:  $L = \Phi$ , тобто індуктивність розглянутого соленоїда характеризується магнітним потоком, який створюється в соленоїді при проходженні струму в 1 А.

Інакше кажучи, індуктивність характеризує здатність соленоїда створювати магнітний потік. Вона залежить від геометричних розмірів і форми соленоїда; для розглядуваного соленоїда є величиною сталою.

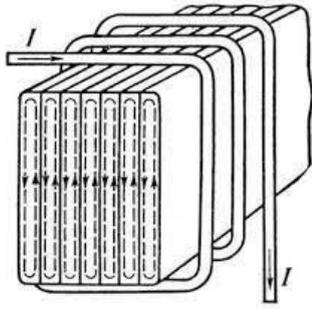
Одиницею індуктивності в СІ є генрі (Гн). Застосовується також величина в 1000 разів менша — мілігенрі (мГн).

**Приклад:** зовнішній вигляд котушки індуктивності без осердя та конденсатора.

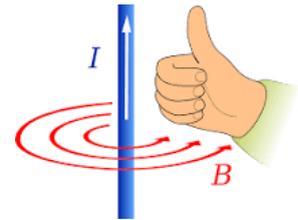


## **Вихрові струми.**

Індуковані струми можуть виникати не тільки в окремих провідниках і обмотках, а й у масивних металевих тілах. У цьому разі вони називаються вихровими струмами, чи струмами Фуко.



Виникнення вихрових струмів можна простежити на рис. Масивний металевий циліндр обертається в магнітному полі з частотою  $\nu$ . На поверхні циліндра розміщено один виток дроту. При обертанні в напрямі руху годинникової стрілки у витку виникає індукований струм, напрямок якого визначається за правилом правої руки.



Якщо обхопити правою рукою провідник таким чином, щоб великий палець вказував напрям струму в ньому, то решта пальців вказуватиме напрям вектора магнітної індукції.

Якщо розсікти циліндр площиною, яка проходить через його твірну та вісь, то в площині зрізу циркулюватимуть струми  $\vec{I}$ , напрям яких збігається з напрямом індукованого струму у витку.

Оскільки поперечний переріз циліндра великий, ці вихрові струми можуть досягти великих значень.

Вихрові струми виникають внаслідок впливу змінного магнітного поля на металеві маси. Циркулюючи в товщі масивних деталей машин і апаратів, вихрові струми нагрівають їх, призводячи до втрат енергії.

Для обмеження вихрових струмів більшість масивних деталей електричних машин і апаратів виготовляються не з одного куска металу, а складаються (шихтуються) з листів електротехнічної сталі завтовшки 0,35-1 мм. Окремі листи ізолюються один від одного ізоляційним лаком або шаром електроізоляційної плівки, що утворюється при прокаті сталі. Крім того, для збільшення питомого опору сталі в неї додають 2-4 % кремнію. Все це дає змогу різко підвищити опір вихровим струмам у товщі металу й звести шкідливу дію їх до незначної.

Іноді вихрові струми використовуються для корисної роботи, наприклад в індукційних печах, де вони є джерелом теплоти для плавлення металів.

## II. Закріплення нового матеріалу

Дати відповідь на питання:

- Що називають магнітним потоком (відповідь проілюструйте рисунком)?

-Який зв'язок кількості ліній індукції з модулем магнітного потоку?

-Установіть одиницю магнітного потоку в СІ і сформулюйте визначення цієї одиниці.

-Яке поле називають індукційним чи вихровим електричним полем?

-Що є джерелом індукційного електричного поля?

### **Домашнє завдання**

- Опрацювати теоретичний матеріал. Скласти конспект,
- Дати письмову відповідь на питання: *Як створити штучний магніт?*)