

Тема №1: Основи електротехніки

Тема: Магніти і їх властивості. Магнітне поле. Провідник із струмом в магнітному полі.

Магніти відомі людству більше двох з половиною тисяч років. Ще в Давньому Китаю існувала приказка: «Камінь, що любить (китайською «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».

Питання:

Так що ж «люблять» магніти, що вони до себе притягують?

Сьогодні на уроці необхідно визначити: напрямок магнітних ліній магнітного поля провідника зі струмом залежить від напрямку струму в провіднику; вчитись 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.

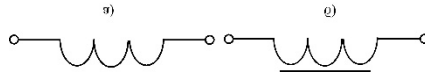
Е. Х. Ленц сформулював таке правило: напрям індукованої е. р. с. такий, що зумовлений нею струм і його магнітне поле протидіють причині виникнення цієї е. р. с. і струму.

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 α , то враховується тільки його складова $v \sin \alpha$, яка прагне рухати провідник поперек силових ліній. Ця складова дорівнює швидкості $v \sin \alpha$, помноженій на синус кута α : $v_{\alpha} = v \sin \alpha$.

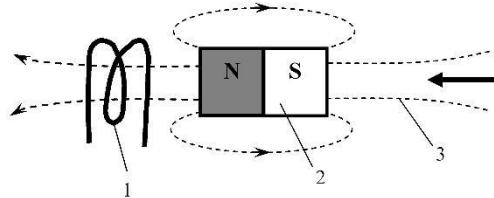
Таким чином,
$$E = B l v \sin \alpha. \quad (5.)$$
 – індукована е.р.с.

Індуктивність.

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



У найпростішому випадку індуктивний елемент (катушка індуктивності або дросель) – ізолюваний провід, намотаний поверх феромагнітного осердя (магнітопроводу). Відповідно до закону електромагнітної індукції ЕРС індукується у провіднику, якщо останній знаходиться у змінному магнітному полі. Припустимо, що катушка 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 розглядуваного 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.

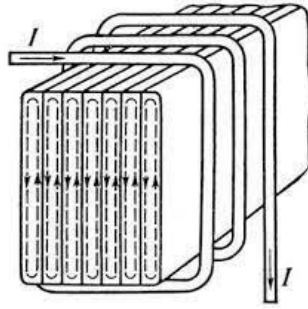
Одиницею індуктивності в СІ є генрі (Гн). Застосовується також величина в 1000 разів менша — мілігенрі (мГн).

Приклад: зовнішній вигляд катушки індуктивності без осердя та конденсатора.

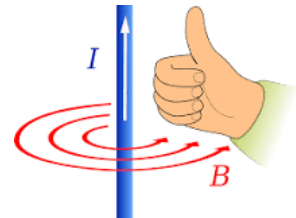


Вихрові струми.

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 ω . 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 I , напрям яких збігається з напрямом індукованого струму у витку.

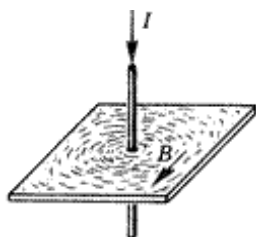
Оскільки поперечний переріз циліндра великий, ці вихрові струми можуть досягти великих значень.

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.

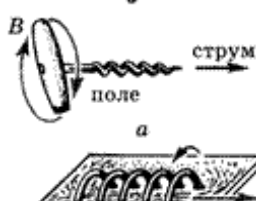
Для обмеження вихрових струмів більшість масивних деталей електричних машин і апаратів виготовляються не з одного куска металу, а складаються (шихтуються) з листів електротехнічної сталі завтовшки 0,35-1 мм. Окремі листи ізолюються один від одного ізоляційним лаком або шаром електроізоляційної плівки, 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.

а) чи
впливає
ошурок
силових



Візьмемо прямолінійний провідник зі струмом (рис. 1, а), соленоїд (рис. 1, б) та аркуш картону. Це практично не впливає на електричне та магнітне поле. Насиплемо залізних ошурок на цей лист. При проходженні струму / ошурки під дією магнітного поля зорієнтуються, утворюючи ланцюжки ліній магнітного поля. На відміну від



електростатичного поля, всі лінії магнітного поля замкнені. Для прямолінійного провідника — це концентричні кола, для соленоїда — у внутрішній його частині прямі лінії, що замикаються у зовнішній. Тому магнітне поле називають вихровим.

Для прямолінійного провідника, **щоб визначити напрямок магнітного поля, скористаємося запропонованим Максвеллом правилом свердлика** (рис. 1, а): якщо свердлик з правою різьбою вгвинчувати у напрямку струму в провіднику, то напрямок обертання ручки свердлика збігається з напрямком силових ліній магнітного поля.

Провідник, згорнутий у спіраль (рис. 1, б), за наявності в ньому струму утворює сумарне від кожного витка магнітне поле, позитивний напрямок вектора $\vec{B}$ якого теж можна визначити за допомогою свердлика: якщо напрямок струму збігається з напрямком обертання ручки свердлика, то його прямолінійний рух зійдеться з напрямком магнітного поля всередині соленоїда чи котушки.

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.

Якщо провідник розміщений не перпендикулярно до напрямку силових ліній магнітного поля, то

$$F = qvB \cdot \sin \alpha, \text{ або } F = I \cdot lB \cdot \sin \alpha. (3.)$$

Для визначення напрямку електромагнітної сили $\vec{F}$ користуються правилом лівої руки: якщо позитивно спрямований (від північного полюса до південного) вектор магнітної індукції $\vec{B}$ входить у долоню, чотири витягнуті пальці спрямовано вздовж струму I або швидкості $\vec{v}$ руху позитивного заряду $+q$, то силу $\vec{F}$ спрямовано вздовж великого пальця, відхиленого на 90° від інших пальців (рис. 2).

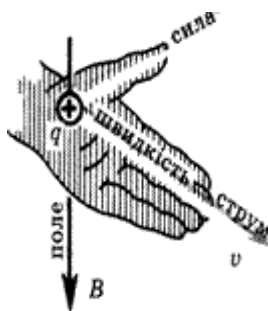
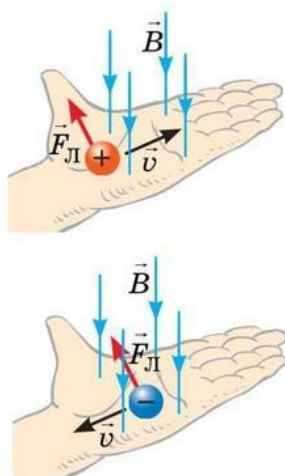


Рис. 2.

II. Закріплення нового матеріалу

Дати письмово відповіді 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?*

1. **Задача:** У магнітному полі під прямим кутом до силових ліній рухається прямолінійний провідник із струмом 40 А. Магнітна індукція $B = 0,2$ Тл. Довжина провідника = 300 мм. Визначте силу.

Розв'язок:

III. Домашнє завдання

- Опрацювати конспект,
- Дати відповідь на питання: *Як створити штучний магніт?*