

§ 30. ДОСЛІДИ ФАРАДЕЯ. ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ



Дослід Х. Ерстеда (див. рис. 26.1), яким започатковано теорію електромагнетизму, показав, що електричний струм створює магнітне поле. А чи можна здійснити зворотний процес, тобто за допомогою магнітного поля створити електричний струм? 29 серпня 1831 р. після понад 16 тисяч дослідів англійський фізик і хімік М. Фарадей (див. рис. 19.4) одержав електричний струм за допомогою магнітного поля постійного магніту. Про те, у чому полягали досліді Фарадея і яке значення мало його відкриття для розвитку фізики й техніки, ви дізнаєтеся з цього параграфа.



Повторюємо досліді Фарадея

Візьмемо котушку, помістимо всередину неї постійний магніт і з'єднаємо котушку з гальванометром (рис. 30.1, а). Виймаючи магніт з котушки, помітимо, що *під час руху* магніту стрілка гальванометра відхиляється ліворуч (рис. 30.1, б). Але як тільки рух магніту припиняється, стрілка приладу повертається на нульову позначку. Тепер уведемо магніт у котушку. Під час руху магніту стрілка гальванометра знову відхиляється, тільки в іншому напрямку — праворуч (рис. 30.1, в). Після припинення руху магніту стрілка так само повертається на нульову позначку. Таким чином, *електричний струм у котушці виникає тільки тоді, коли магніт рухається відносно котушки*. Слід зазначити, що не тільки рух магніту відносно нерухомої котушки викликає в останній електричний струм.

Явище виникнення електричного струму в замкненій котушці можна спостерігати також, якщо рухати саму котушку відносно нерухомого магніту або змінювати силу струму в іншій котушці, яка разом з досліджуваною надіта на спільне осердя (рис. 30.2). Переконаємося в цьому. Візьмемо котушки (котушку А і котушку В) і надінемо їх на спільне осердя. Котушку В через реостат приєднаємо до джерела струму, а котушку А замкнемо на гальванометр. Якщо тепер

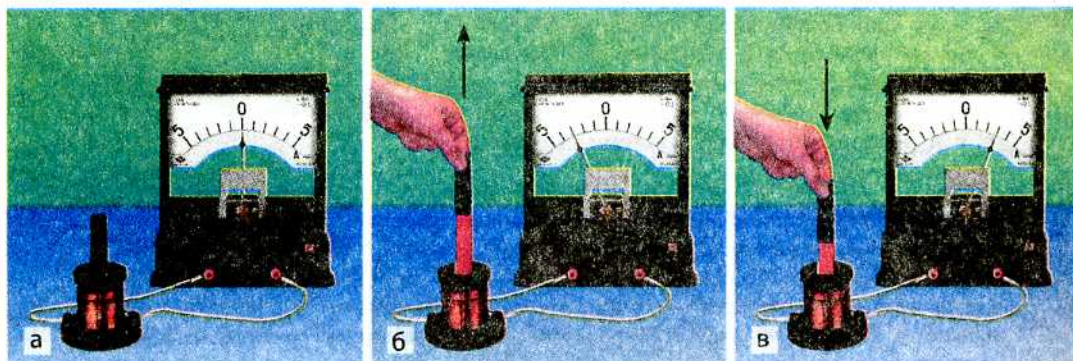


Рис. 30.1. Виникнення струму в котушці фіксується гальванометром: а — якщо магніт нерухомий, струм не виникає; б — якщо виводити магніт із котушки, стрілка відхиляється ліворуч; в — якщо магніт уводять в котушку, стрілка відхиляється праворуч

пересувати повзунок реостата, то в моменти збільшення і зменшення сили струму в котушці *B* через котушку *A* йде електричний струм. Стрілка гальванометра при збільшенні сили струму в котушці *B* відхиляється в один бік, а при зменшенні — в інший. Струм у котушці *A* виникатиме також у моменти замикання (або розмикання) кола котушки *B*.

Усі розглянуті досліди — це сучасний варіант тих, які протягом 10 років здійснював Майкл Фарадей, перш ніж дійти висновку: *електричний струм у замкненій котушці виникає тільки тоді, коли магнітне поле, що пронизує її, змінюється*. Цей струм було названо *індукційним*.

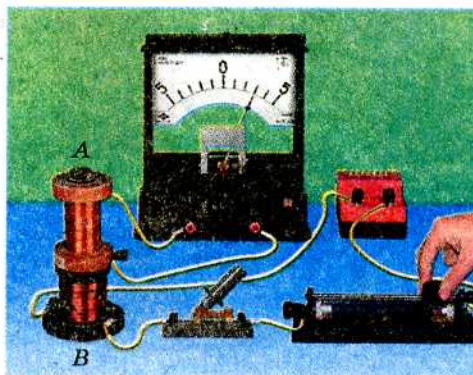


Рис. 30.2. Якщо розімкнути чи замкнути коло котушки *B* або змінити в ній силу струму, в котушці *A* виникне струм

2 З'ясуємо причину виникнення індукційного струму

Ви з'ясували, коли в замкненій котушці виникає індукційний струм; залишилося зрозуміти, що є причиною його виникнення.

Річ у тім, що *змінне магнітне поле завжди супроводжується появою у навколишньому просторі електричного поля*. Саме електричне поле, а не магнітне, діє на вільні заряджені частинки в котушці й надає їм напрямленого руху, створюючи таким чином індукційний струм.

Явище породження в просторі електричного поля змінним магнітним полем називають **явищем електромагнітної індукції**.

Отже, поява індукційного струму є наслідком явища електромагнітної індукції.

3 Знайомимося з промисловими джерелами електричної енергії

Явище електромагнітної індукції використовують у механічних джерелах електричного струму — *генераторах електричної енергії*, без яких неможливо уявити сучасну електроенергетику. У таких генераторах механічна енергія перетворюється на електричну.

Щоб зрозуміти принцип дії генератора, звернемося до досліду. Візьмемо рамку, що складається з кількох витків дроту, і обертатиме її в магнітному полі постійного магніту (рис. 30.3). У рамці виникне електричний струм, наявність якого доводить світіння лампи.

З'ясуємо причину виникнення струму. Під час обертання рамки кількість магнітних ліній, що її пронизують, то збільшується, то зменшується. Отже, магнітне поле, що пронизує рамку, постійно змінюється. Тому в рамці виникає індукційний струм (згадайте явище електромагнітної індукції).

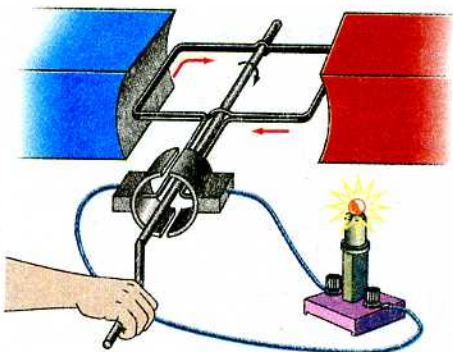


Рис. 30.3. Під час обертання рамки в магнітному полі в ній виникає індукційний струм

Сучасні генератори електричного струму мають практично таку саму будову, що й електродвигуни (див. § 28, п. 4). Але за принципом дії генератор — це електричний двигун «навпаки». Генератор, як і електродвигун, складається зі статора і ротора. Масивний нерухомий *статор* являє собою порожнистий циліндр, на внутрішній поверхні якого розміщений товстий мідний ізольований дріт — *обмотка статора*.

Усередині статора обертається *ротор*. Він, як і ротор електродвигуна, являє собою великий циліндр, у пази якого вкрито *обмотку*. До обмотки ротора через *колектор* подається напруга від джерела постійного

струму — *збуджувача*. Струм тече по обмотці ротора, створюючи навколо нього магнітне поле.

Під дією пари (на теплових і атомних електростанціях) або води, що падає з висоти (на гідроелектростанціях), ротор генератора починає швидко обертатися. Унаслідок цього магнітне поле, що пронизує обмотку статора, змінюється, і завдяки електромагнітній індукції в обмотці виникає електричний струм. Зазнавши низку перетворень, цей струм подається до споживача електричної енергії.

! Підбиваємо підсумки

У замкненому провідному контурі в разі зміни магнітного поля, яке пронизує цей контур, виникає електричний струм. Такий струм називають індукційним.

Причина виникнення індукційного струму полягає в тому, що змінне магнітне поле завжди супроводжується виникненням у навколишньому просторі електричного поля. Електричне поле діє на вільні заряджені частинки в провіднику й надає їм напрямленого руху — виникає індукційний струм.

Явище породження в просторі електричного поля змінним магнітним полем називають явищем електромагнітної індукції.

Явище електромагнітної індукції використовують у механічних джерелах електричного струму — генераторах електричної енергії (пристроях, в яких механічна енергія перетворюється на електричну).

? Контрольні запитання

1. Опишіть досліди М. Фарадея.
2. У чому полягає явище електромагнітної індукції?
3. Який струм називають індукційним?
4. Що є причиною виникнення індукційного струму?
5. Назвіть пристрої, робота яких ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Які перетворення енергії в них відбуваються?
6. Опишіть будову та принцип дії генераторів електричного струму.



Вправа № 27

1. Невелику котушку поступально (не повертаючи) пересувають між полюсами електромагніту (рис. 1). Чи виникає в котушці електричний струм? Відповідь обґрунтуйте.
2. Дві нерухомі котушки розташовані так, як показано на рис. 2. Гальванометр, підключений до однієї з котушок, реєструє наявність струму. За якої умови це можливо?
- 3*. До суцільного алюмінієвого кільця у пристрої, зображеному на рис. 3,* підносять магніт. Поясніть, чому кільце відштовхуватиметься від магніту. Як поводитиметься кільце, якщо від нього відсувати магніт? Що буде, якщо магніт підносити до алюмінієвого кільця з розрізом?

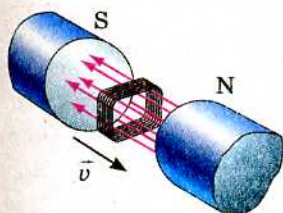


Рис. 1

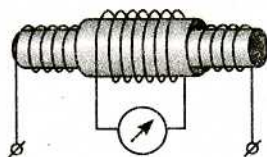


Рис. 2



Рис. 3



ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В УКРАЇНІ

Інститут магнетизму НАН України (Київ)

Тим із вас, хто цікавиться науковими дослідженнями, обов'язково слід довідатися про роботу Інституту магнетизму. Практика його діяльності спростовує загальновживану думку: наука робиться в Академії наук, а навчання — в університетах. Інститут магнетизму має тісні зв'язки з провідними вищими навчальними закладами України — Київським політехнічним університетом та Київським національним університетом. Студенти цих

закладів не тільки знайомляться із сучасним науковим обладнанням, але й виконують за його допомогою самостійні дослідження. Один із таких приладів — спектрометр ELEXIS E5000 (див. фото), призначений для детальних досліджень властивостей магнітних речовин.

Фахівці Інституту магнетизму спільно зі вченими Росії, Франції, Німеччини, США та інших країн вивчають властивості твердих тіл. Здобуті знання потім використовуються, зокрема, для створення більш компактних, зручних, швидкісних комп'ютерів, мобільних телефонів, плеєрів тощо. Наведемо лише один приклад. Ви вже знаєте, що електричний струм у всьому поперечному перерізі провідника є незмінним. Взагалі це правильно, проте вчені Інституту магнетизму винайшли умови, за яких це не так. При певних параметрах магнітного поля в металі спостерігається просторова періодична зміна структури струму. Тобто через певні частини однорідного (!) провідника тече струм більшої сили, ніж через інші. (Поміркуйте, де можна застосувати це явище.)

* Цей пристрій має назву «Кільця Ленца» на честь російського вченого Е. Х. Ленца (див. рис. 16.2), який сформулював загальне правило для визначення напрямку індукційного струму, — *правило Ленца*.