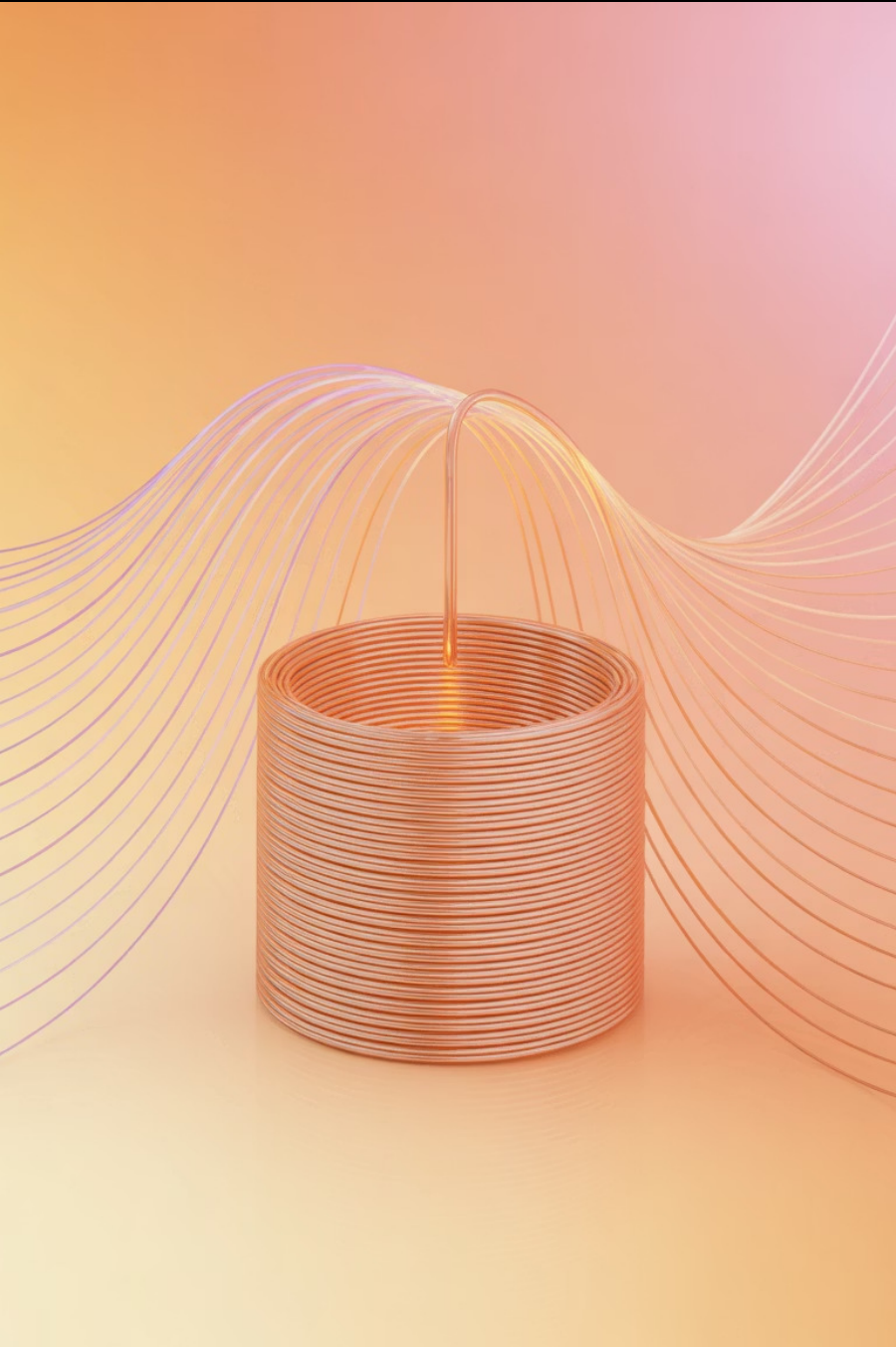




Закон електромагнітної індукції та промислові джерела електричної енергії

Від фундаментального відкриття Фарадея до сучасних електростанцій — подорож у світ електромагнітної індукції

Відкриття Майкла Фарадея: 1831 рік



Історичний момент

29 серпня 1831 року Майкл Фарадей здійснив революційний експеримент, який назавжди змінив історію науки та технологій.

Суть експерименту: Дві котушки на залізному торі — при замиканні кола в одній котушці миттєво виникав струм в іншій, незважаючи на відсутність прямого електричного з'єднання.

Це відкриття явища електромагнітної індукції стало фундаментом для розвитку всієї сучасної електродинаміки та енергетики.

Суть закону електромагнітної індукції Фарадея



Індукована ЕРС

Електрорушійна сила у замкнутому контурі дорівнює швидкості зміни магнітного потоку через цей контур зі знаком «мінус»



Математична формула

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

де Φ — магнітний потік через контур



Правило Ленца (1834)

Індукований струм завжди спрямований так, щоб своїм магнітним полем протидіяти причині його виникнення

Знак «мінус» у формулі відображає правило Ленца — природа завжди чинить опір змінам!

Магнітний потік

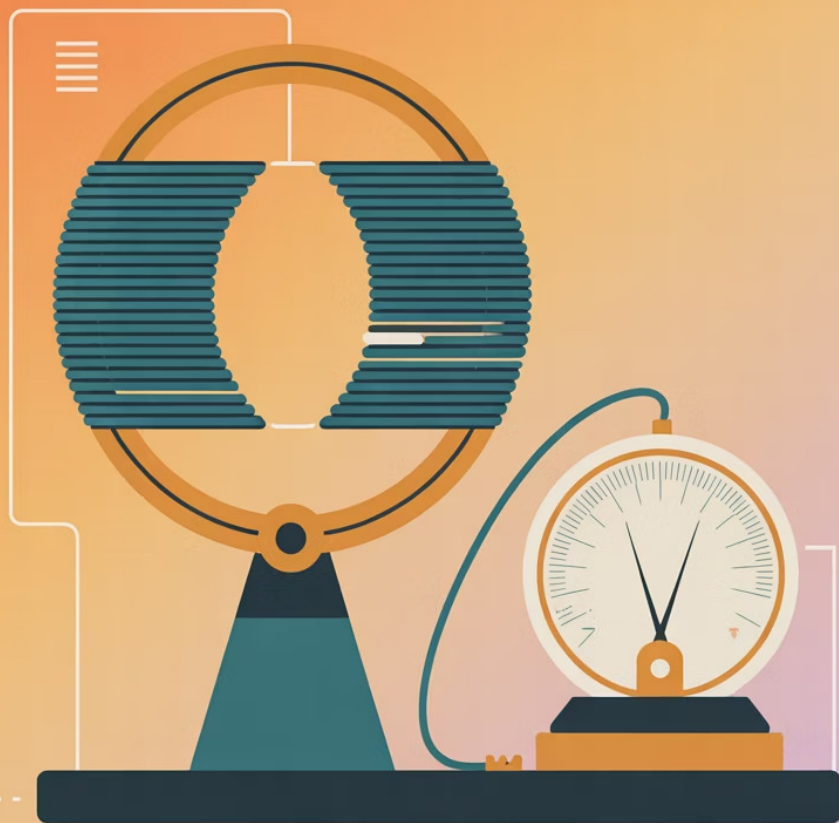
Поняття магнітного потоку (Φ) є ключовим для розуміння закону Фарадея. Він вимірює загальну кількість магнітного поля, що проходить через певну площу.

Його величина залежить від сили магнітного поля (B), площі поверхні (A) та кута (α) між вектором магнітної індукції та нормаллю до цієї поверхні.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\alpha)$$

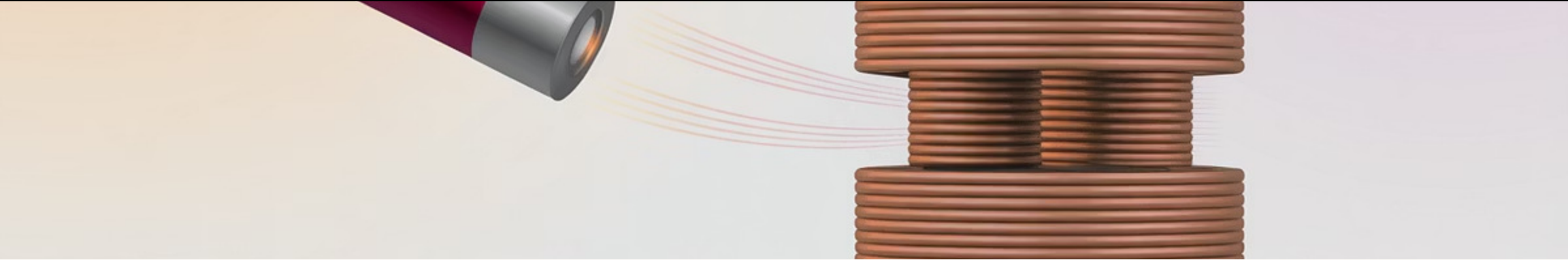
Саме зміна магнітного потоку з часом ($\frac{d\Phi}{dt}$) спричиняє виникнення електрорушійної сили (ЕРС) у замкнутому контурі, що є основою електромагнітної індукції.





Класичний експеримент Фарадея

Схема експерименту: Дві котушки намотані на залізний тор. Стрілка гальванометра відхиляється лише в моменти замикання або розмикання струму в первинній котушці — саме тоді змінюється магнітний потік.



Явище електромагнітної індукції в дії

01

Рух магніту

Коли магніт наближається або віддаляється від котушки, змінюється магнітний потік через її витки

02

Виникнення індукційного струму

Зміна магнітного потоку породжує електрорушійну силу, яка викликає струм у замкнутому контурі

03

Протидія змінам

Індукційний струм створює власне магнітне поле, яке завжди протидіє змінам зовнішнього поля

📄 **Практичне застосування:** трансформатори для перетворення напруги, електродвигуни для руху, генератори для виробництва електроенергії

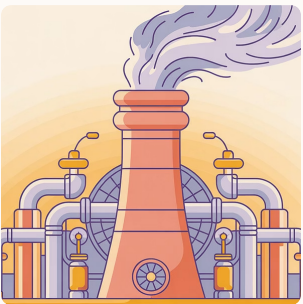
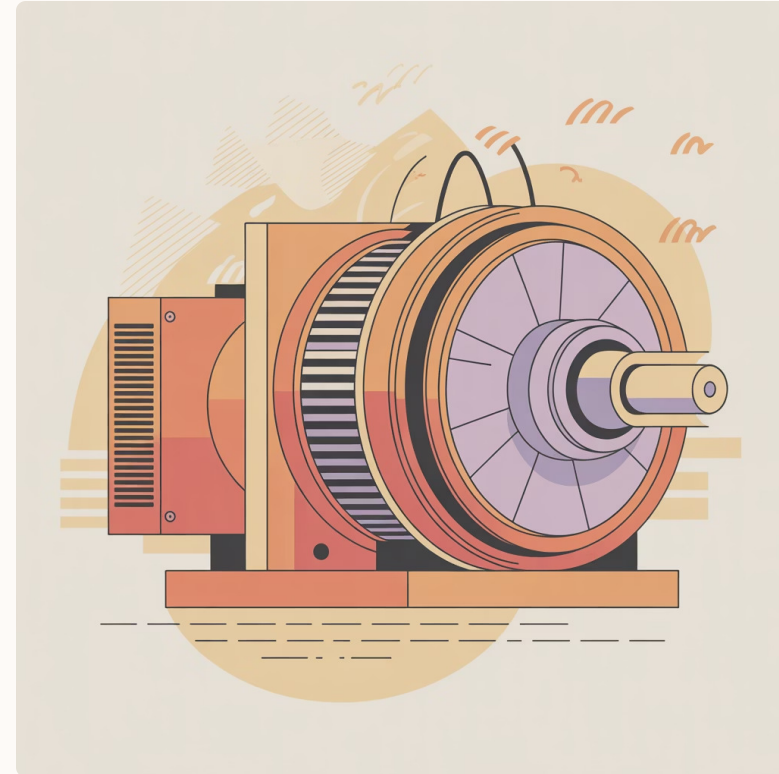
Промислові джерела електричної енергії: генератори

Принцип роботи

Електромеханічний генератор — це серце будь-якої електростанції. Він перетворює механічну енергію обертання в електричну енергію завдяки закону Фарадея.

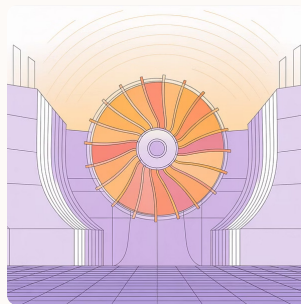
Конструкція:

- Ротор із обмоткою обертається в магнітному полі
- Створюється змінний магнітний потік
- В обмотці статора індукуються електричний струм



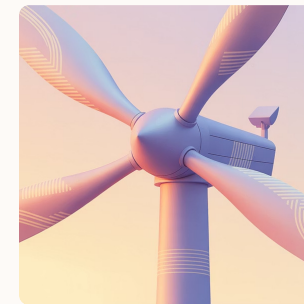
Теплові та атомні станції

Парові турбіни обертають генератори



Гідроелектростанції

Потік води крутить гідротурбіни



Вітрові станції

Енергія вітру приводить в рух лопаті

Трифазні індуктори обертового магнітного поля

Конструкція статора

Запозичена у трифазного асинхронного двигуна з трьома обмотками, зміщеними на 120°

Стабілізація параметрів

Контроль струму та напруги забезпечує ефективну та безпечну роботу



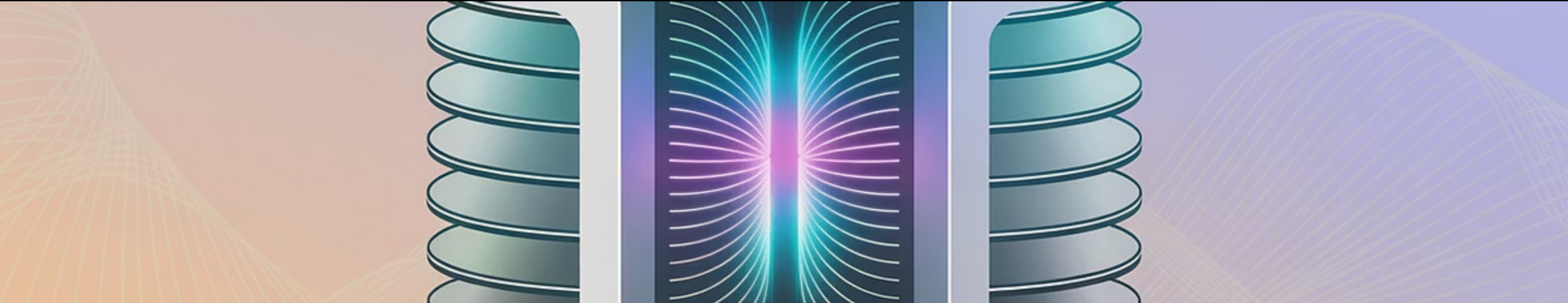
Обертове поле

Три фази створюють магнітне поле, що обертається з синхронною швидкістю

Обробка речовин

Робоча камера розміщується всередині, де відбувається перемішування або нагрівання

Унікальна технологія дозволяє обробляти матеріали без механічного контакту, що підвищує чистоту процесу та зменшує знос обладнання.



Трифазний індуктор у дії

Статор

Три обмотки створюють обертове магнітне поле

Робоча камера

Зона обробки матеріалів у центрі індуктора

Живлення

Трифазна мережа з частотою 50 Гц

Індукційний нагрів: застосування електромагнітної індукції в промисловості

Принцип дії

Змінне магнітне поле високої частоти індукує вихрові струми (струми Фуко) у металевих виробах. Ці струми викликають інтенсивне нагрівання металу за рахунок ефекта Джоуля — перетворення електричної енергії в теплову.

Плавлення металів

Індукційні печі досягають температур понад 2000°C для виплавки сталі та кольорових металів

Зварювання

Локальний нагрів зони з'єднання забезпечує міцний шов без деформації виробу

Термообробка

Загартування та відпуск деталей для підвищення міцності та зносостійкості



Задачі початкового рівня:

- У котушці при зміні магнітного потоку виникла ЕРС індукції 2 В за 0,5 с.
Знайдіть зміну магнітного потоку. $\Phi = \varepsilon \cdot \Delta t$ $\Phi = \varepsilon \cdot \Delta t$

- ДЗ!!! Магнітний потік через рамку зменшився з $6 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ Вб за 0,2 с.
Знайдіть ЕРС індукції.

- Чи виникне індукційний струм, якщо рамка нерухома, а магнітне поле — постійне? (Поясніть.)

Задачі середнього рівня:

1. Рамка площею $0,02 \text{ м}^2$ розташована під кутом 60° до магнітного поля індукцією $0,5 \text{ Тл}$.
Обчисліть магнітний потік через рамку.

 ДЗ!!! Якщо магнітний потік через рамку змінюється на $0,004 \text{ Вб}$ за $0,1 \text{ с}$, визначте ЕРС індукції.

Яку роль відіграє закон Ленца у побутових електрогенераторах?

Задачі достатнього рівня:

1. У котушці 200 витків, магнітний потік через один виток зменшується від $8 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ Вб за 0,05 с. Знайдіть ЕРС індукції у всій котушці.
2. Опишіть, що відбудеться з напрямом індукційного струму, якщо змінити напрям руху магніту у котушці.

 ДЗ!!! У котушці спостерігається струм 0,1 А при опорі 50 Ом. Знайдіть ЕРС індукції.

Задачі високого рівня:

- Рамка з площею $0,05 \text{ м}^2$ рівномірно обертається в однорідному магнітному полі $0,2 \text{ Тл}$ з частотою 10 об/с .
Визначте максимальне значення ЕРС індукції. $\varepsilon_{\max} = BS\omega$

❗ ДЗ!!! Для генератора з 100 витками та площею $0,01 \text{ м}^2$, який обертається в полі $0,3 \text{ Тл}$ зі швидкістю 600 об/хв , знайти амплітуду ЕРС.

Поясніть, чому промисловий струм в Україні має частоту 50 Гц . Як це пов'язано з обертанням генератора?