

# Тема: Електромагнітна індукція

# Явище електромагнітної індукції

Явище електромагнітної індукції відкрито в 1831 році М. Фарадеєм.

*Електромагнітною індукцією* називається явище виникнення вихрового електричного поля, яке є причиною виникнення електрорушійної сили в провідному контурі при будь-якій зміні магнітного потоку, що пронизує цей контур.

ЕРС, яка виникає, називається електрорушійною силою електромагнітної індукції  $\varepsilon_i$ . Якщо провідник замкнутий, то виникає струм, який називають *індукційним струмом*.

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «—» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

### **Демонстрації:**

1. Закон Фарадея. Гнучкий контур.

<https://youtu.be/WQP9CEuTjFo>

2. Вихрове електричне поле. Вмикання – вимикання.

<https://youtu.be/SIBqH-uSD40>

3. Переміщення провідника в магнітне поле

<https://youtu.be/JPgZzy0z7nI>

4. Закон Фарадея. Потокозчеплення.

<https://youtu.be/wHyCac0z4hk>

# ЕРС індукції в рухомому провіднику

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

**Правило Ленца:**

Індукційним магнітним полем створюється

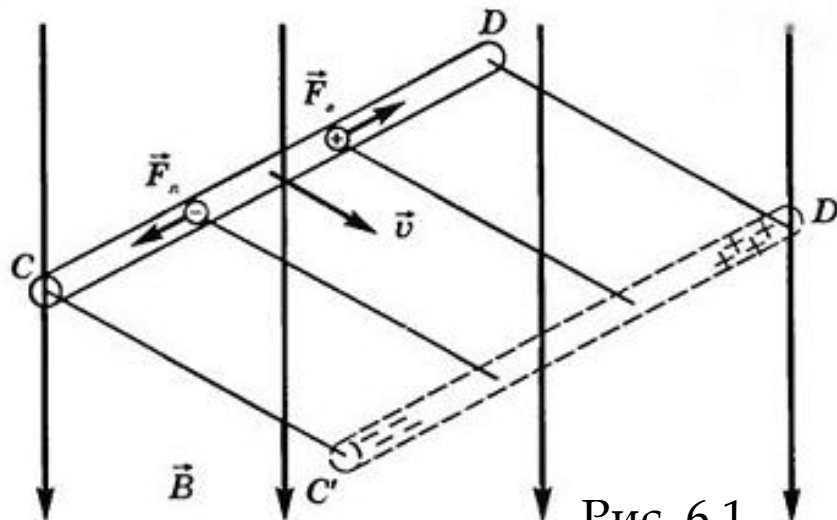
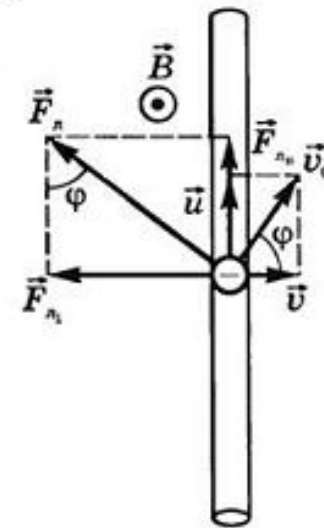


Рис. 6.1

б



створений потік,

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

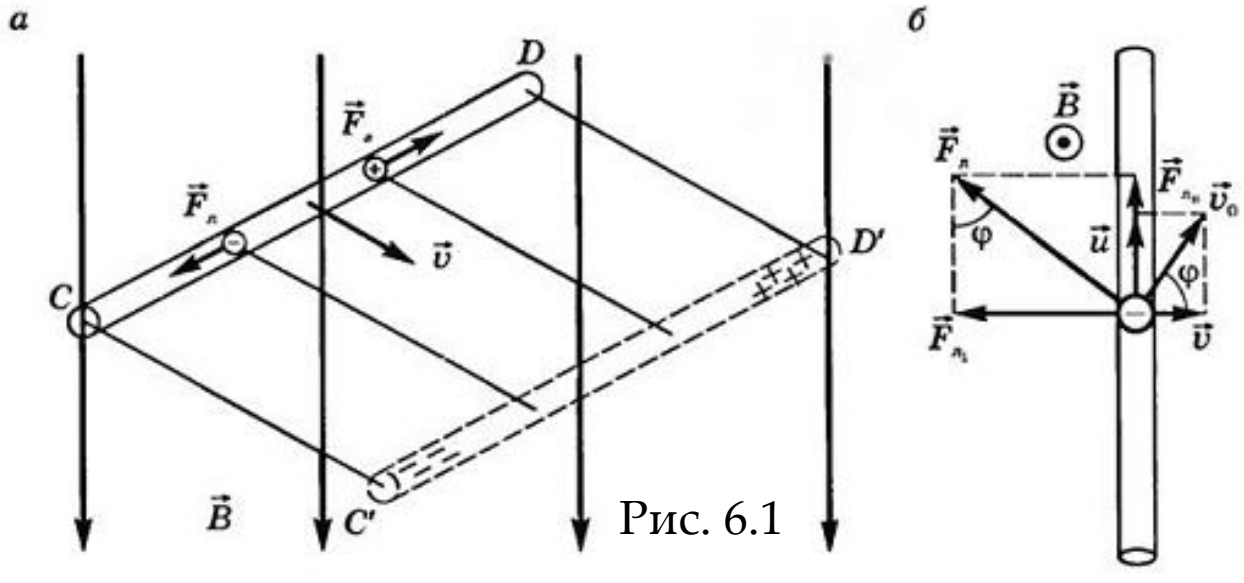


Рис. 6.1

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створеним ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку який викликав цей індукційний струм.*

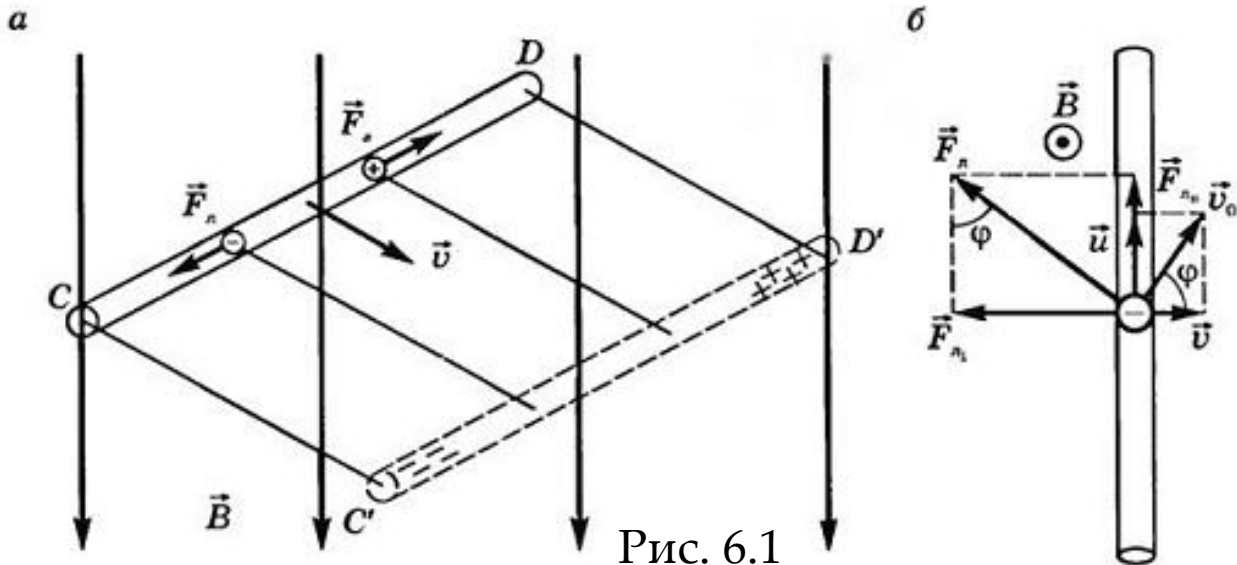


Рис. 6.1

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

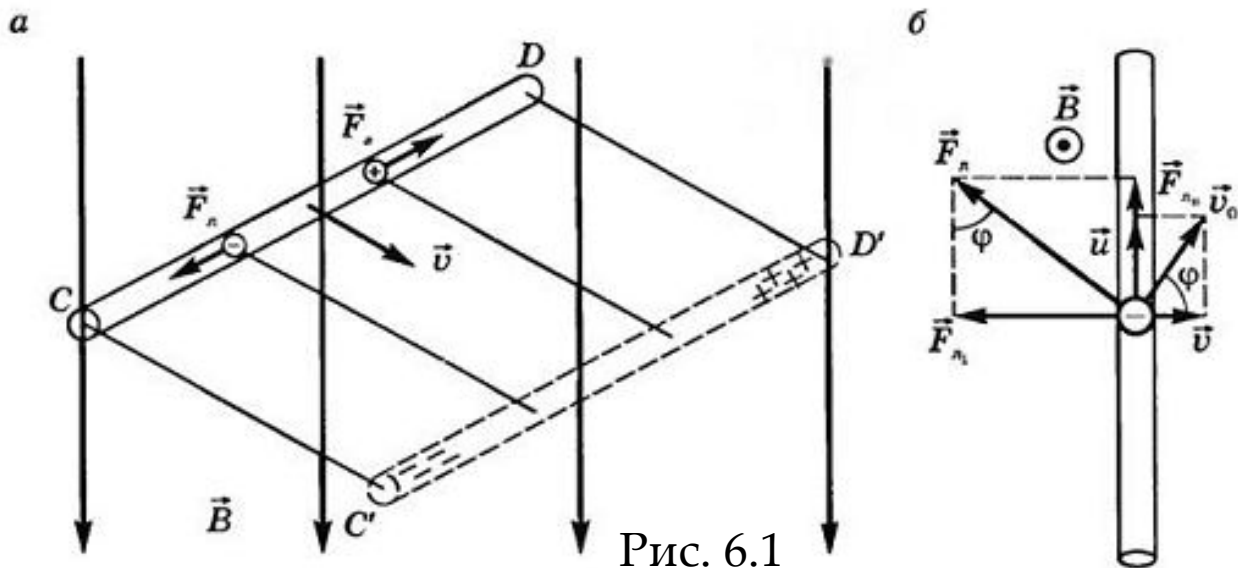


Рис. 6.1



ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

# Принцип роботи генератора змінного струму

Одним з найважливіших застосувань явища електромагнітної індукції є перетворення механічної енергії в електричну.

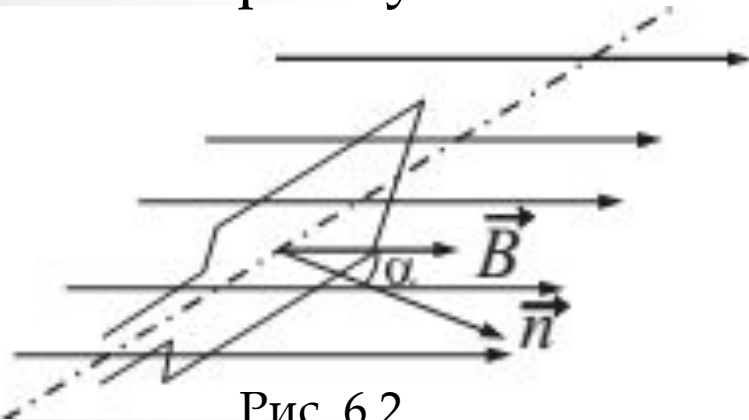


Рис. 6.2

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### Правило Ленца:

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликає цей індукційний струм*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### Правило Ленца:

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликає цей індукційний струм*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

## Демонстрація.

Динамо-машина (генератор змінного струму).

<https://youtu.be/bhAT6-oiT8I>

# Струми Фуко

Індукційні струми, які виникають в суцільних масивних провідниках, які знаходяться в змінних магнітних полях, називають *вихровими струмами* або *струмами Фуко*.

Відповідно до правила Ленца струми Фуко обирають всередині провідника такі напрямки, щоб своєю дією сильніше протидіяти причині, яка їх викликає. У зв'язку з цим провідники, які рухаються в сильному магнітному полі, відчують сильне гальмування, яке обумовлене взаємодією струмів Фуко з магнітним полем. Це використовують для демпфірування (заспокоєння) рухомих частин гальванометрів, сейсмографів і інших приладів.

Теплова дія струмів Фуко використовуються в індукційних печах. Таким способом здійснюють плавлення металів у вакуумі. Це дає можливість отримувати матеріали дуже високої чистоти.

Струми Фуко бувають і небажаними. В електричних машинах і трансформаторах вони призводять до значних втрат енергії. Тому сердечники трансформаторів набирають з тонких пластин, які розділені ізолюючими прошарками. Пластини розташовують так, щоб можливі напрямки струмів Фуко були до них перпендикулярними.

### **Демонстрації:**

1. Електромагнітне гальмування: маятник.

<https://youtu.be/kC-MW67g-5M>

2. Паріння котушки зі струмом.

<https://youtu.be/3f8dglm9ua8>

3. Магніт, який парить. Постійний магніт над надпровідників.

<https://youtu.be/xviUT4IPROw>

# Індуктивність контуру

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

## *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*



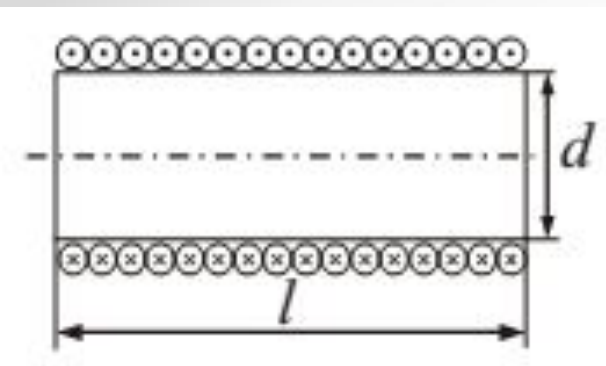


Рис. 6.3

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

**Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

**ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.**

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

**При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.**

**Вираз (6.1) називається законом Фарадея для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.**

**Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

# ЕРС самоіндукції

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна

швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

## ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

# Струми при розмиканні і замиканні ланцюга

При замиканні ланцюга, який містить постійну ЕРС, сила струму за рахунок ЕРС самоіндукції встановлюється не миттєво, а через деякий проміжок часу. При вимиканні джерела (роз'єднання ланцюга) струм не припиняється миттєво. Це пояснюється тим, що в контурі з'являється індукційний струм, який за правилом Ленца протидіє зміні струму в ланцюзі, що викликав явище самоіндукції. Індукційний струм, накладаючись на основний струм, уповільнює його зростання або перешкоджає його зменшенню.

### а) Розмикання ланцюга.

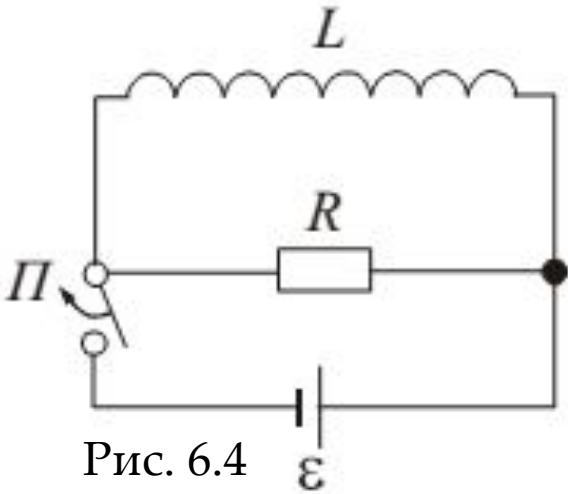


Рис. 6.4

До паралельно з'єднаних опору  $R$  і індуктивності  $L = \text{const}$  за допомогою перемикача  $\Pi$  може бути підключене джерело, ЕРС якого  $\varepsilon$  (рис. 6.4). У момент часу  $t=0$  відключимо джерело перемикачем  $\Pi$ . Сила струму почне спадати, в ланцюзі виникає ЕРС самоіндукції

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак « $-$ » введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

Після відключення джерела сила струму в ланцюзі зменшується за експоненціальним законом. Графік залежності  $I=f(t)$  наведено на рис. 6.5. З графіка випливає, що чим більше індуктивність і чим менше опір, тим повільніше спадає струм в ланцюзі.

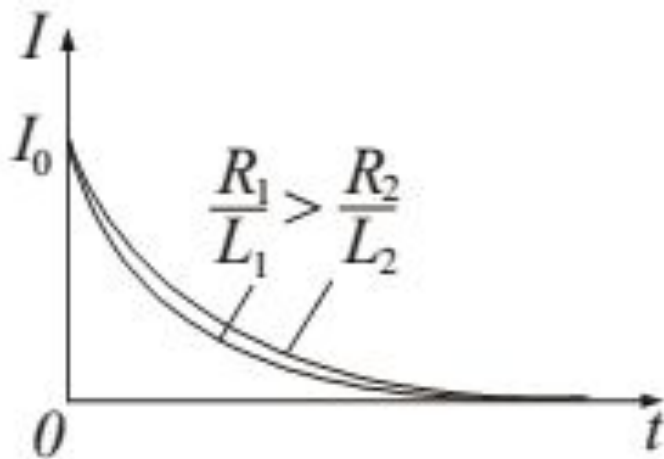


Рис. 6.5

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

**Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

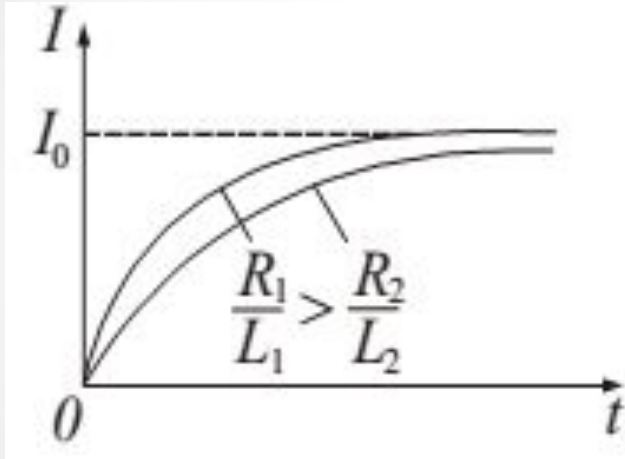


Рис. 6.6

Графік зростання сили струму наведено на рис. 6.6. З графіка випливає, що чим менше індуктивність ланцюга і більше її опір, тим швидше наростає струм.

**Демонстрація:**

Струм при замиканні і розмиканні ланцюга з індуктивністю.

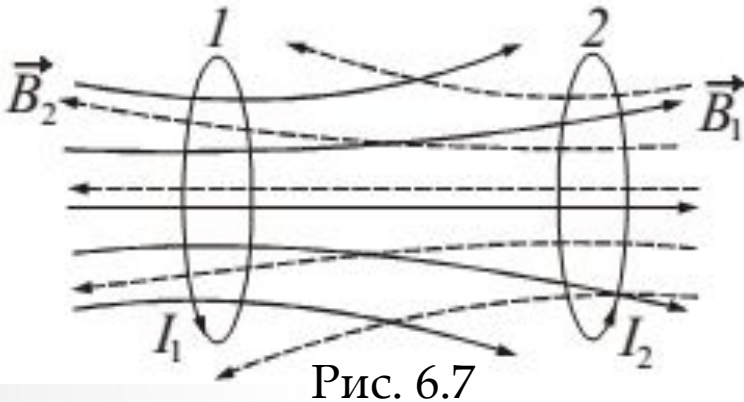
Чи можна, вимикаючи прилад, спалити його?

<https://youtu.be/gO3Uka6mgDU>



# Взаємна індукція

*Взаємної індукцією* називається явище виникнення електрорушійної сили в одному з контурів при зміні струму в іншому.



Розглянемо два близько розташованих контури 1 і 2 (рис.6.7). Контури характеризують коефіцієнтом взаємної індуктивності.

*Взаємна індуктивність* – це скалярна фізична величина, яка характеризує магнітний зв'язок двох або більше контурів. Взаємна індуктивність залежить від розмірів і форми контурів 1 і 2, відстані між ними, від їх взаємного розташування, а також від магнітної проникності навколишнього середовища.

- Вимірюється взаємна індуктивність в Гн (генрі).



ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

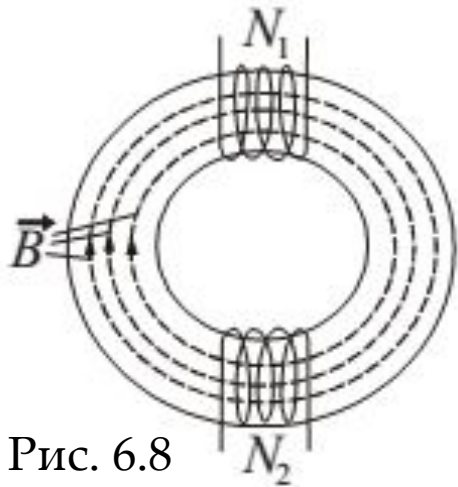


Рис. 6.8

Розрахуємо взаємну індуктивність двох котушок, намотаних на загальний тороїдальний сердечник. Цей випадок має велике практичне значення (рис. 6.8). Магнітна індукція поля, яка створюється першою котушкою з числом витків  $N_1$ ,

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### **Правило Ленца:**

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

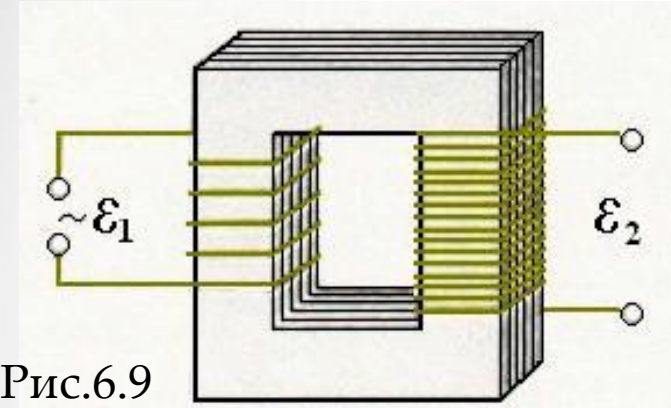
Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

# Трансформатори

Принцип дії трансформаторів, що застосовуються для підвищення або зниження напруги змінного струму, заснований на явищі взаємної індукції.



Принципова схема трансформатора показана на рис.6.9. Первинна і вторинна котушки (обмотки), що мають відповідно  $N_1$  і  $N_2$  витків, укріплені на замкнутому

залізному сердечнику. Оскільки кінці первинної обмотки приєднані до джерела змінної напруги з ЕРС  $\varepsilon_1$ , то в ній виникає змінний струм  $I_1$ , який створює в осерді трансформатора змінний магнітний потік  $\Phi$ , який практично повністю локалізований в залізному сердечнику і майже цілком пронизує витки вторинної обмотки. Зміна цього потоку викликає у вторинній обмотці появу ЕРС взаємної індукції, а в первинній – ЕРС самоіндукції.

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається **законом Фарадея** для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

Якщо  $N_2/N_1 < 1$ , то маємо справу із *знижуючим трансформатором*, що зменшує ЕРС і підвищує струм (застосовуються, наприклад, при електрозварюванні, оскільки для неї потрібен великий струм при низькій напрузі).

Ми розглядали трансформатори, які мають тільки дві обмотки. Однак трансформатори, що використовуються в радіоприладах, мають 4 – 5 обмоток, які мають різні робочі напруги. Трансформатор, що складається з однієї обмотки, називається автотрансформатором. У разі підвищуючого автотрансформатора ЕРС підводиться до частини обмотки, а вторинна ЕРС знімається з усією обмотки. У знижуючому автотрансформаторі напруга мережі подається на всю обмотку, а вторинна ЕРС знімається з частини обмотки.

# Енергія магнітного поля

Якщо замкнути перемикач  $\Pi$ , то по ланцюгу, який зображено на рис. 6.10, потече струм, який створює в котушці (соленоїді) магнітне поле. Якщо розімкнути перемикач, то через опір  $R$  буде текти спадаючий струм, який підтримується ЕРС самоіндукцією, яка виникає в соленоїді.

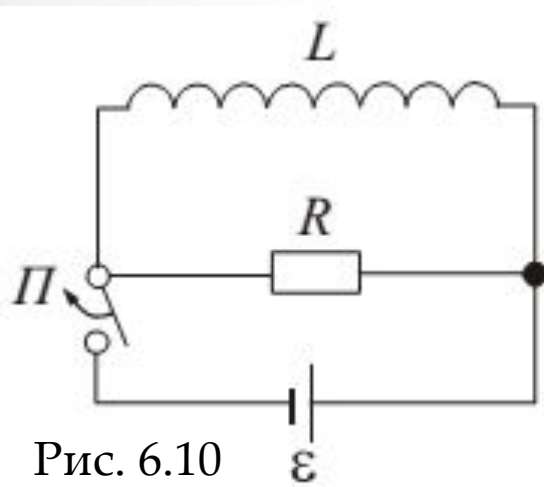


Рис. 6.10

Робота, що здійснюється в ланцюзі за весь час, протягом якого зникає магнітне поле, йде на нагрівання опору  $R$ , соленоїда і сполучних проводів. Оскільки ніяких інших змін не відбувається, можна зробити висновок, що магнітне поле є носієм енергії, за рахунок якої здійснюється робота.



ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### ***Правило Ленца:***

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

ЕРС електромагнітної індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.1)$$

При цьому несуттєво, чим викликана зміна магнітного потоку. Це може бути деформація або переміщення контуру в зовнішньому полі, або зміна магнітного поля в часі.

Вираз (6.1) називається *законом Фарадея* для електромагнітної індукції. Знак «-» введений в формулу відповідно до правила Ленца.

### *Правило Ленца:*

*Індукційний струм має такий напрям, що створений ним магнітний потік протидіє зміні магнітного потоку, який викликав цей індукційний струм.*

Дякую за увагу!