

Тема 3. Електромагнітна індукція.

Оглавление

Магнітний потік:	1
Потокозчеплення (повний потік):	1
Явище електромагнітної індукції.....	1
Закон Фарадея-Максвелла для електромагнітної індукції.....	2
правило Ленца	2
Робота магнітного поля.....	2
Індуктивність контуру:	3
Електрорушійна сила самоіндукції:	3
Індуктивність соленоїда:	3
Енергія магнітного поля	3
Об'ємна густина енергії магнітного поля	3

Магнітний потік:

а) у випадку однорідного магнітного поля та плоскої поверхні

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ або } \Phi = B_n S ,$$

де S – площа контуру; α – кут між нормаллю до площини контуру та вектором магнітної індукції:

б) у випадку неоднорідного поля і довільної поверхні

$$\Phi = \int_S B_n dS$$

(інтегрування ведеться по всій поверхні).

Потокозчеплення (повний потік):

$$\psi = N \Phi .$$

Ця формула використовується для соленоїда та тороїда з рівномірною намоткою N витків, які щільно прилягають один до одного.

Явище електромагнітної індукції

полягає в тому, що в замкнутому контурі при зміні магнітного потоку через поверхню, обмежену цим контуром, виникає електричний струм.

Виникнення індукційного струму в замкнутому провіднику означає, що в колі діє електрорушійна сила, яка називається електрорушійною силою електромагнітної індукції.

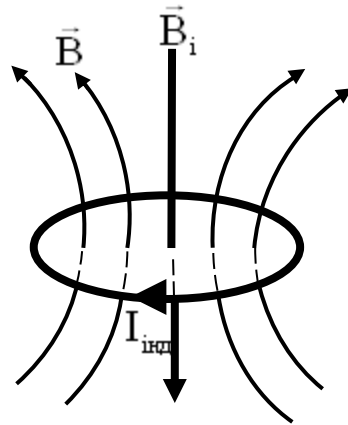
Закон Фарадея-Максвелла для електромагнітної індукції

Електрорушійна сила електромагнітної індукції $\mathcal{E}_i$, що створює струм у замкнутому контурі, чисельно дорівнює швидкості зміни магнітного потоку крізь поверхню, охоплену цим контуром:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt}. \quad (23)$$

правило Ленца

Знак мінус у формулі (23) є математичним виразом **правила Ленца**, згідно з яким індукційний струм, що виникає в замкнутому контурі, створює таке власне магнітне поле, яке протидіє причині виникнення даного індукційного струму, тобто зміні магнітного потоку, що збуджує цей струм (рис. 5).



Зовнішній магнітний потік збільшується:

$$\frac{d\Phi}{dt} > 0.$$

Рис. 5

Робота магнітного поля

при переміщенні замкнутого контуру в магнітному полі:

$$A = I \Delta \Phi.$$

Різниця потенціалів на кінцях провідника, який рухається зі швидкістю $\vec{v}$ в магнітному полі:

$$U = B l v \sin \alpha.$$

Заряд, який протікає по замкнутому контуру при зміні магнітного потоку, що пронизує цей контур:

$$Q = \frac{\Delta \Phi}{R} \quad \text{або} \quad Q = \frac{N \Delta \Phi}{R} = \frac{\Delta \psi}{R},$$

де R – опір контуру.

Індуктивність контуру:

$$L = \frac{\psi}{I}.$$

Електрорушійна сила самоіндукції:

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{dI}{dt}. \quad (24)$$

Індуктивність соленоїда:

$$L = \mu \mu_0 n^2 V, \quad (25)$$

де n – відношення числа витків соленоїда до його довжини;
 V – об'єм соленоїда.

Миттєве значення сили струму в колі, що має опір R та індуктивність L :

$$\text{а) } I = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}\right) \quad (\text{при вмиканні е.р.с.}),$$

де $\mathcal{E}$ – е. р. с. джерела струму; t – час, який пройшов після вмикання е.р.с.;

$$\text{б) } I = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}} \quad (\text{при вимиканні е.р.с.}),$$

де I_0 – сила струму в колі при $t = 0$; t – час, який пройшов з моменту вимикання е.р.с.

Енергія магнітного поля

Магнітне поле є матеріальним носієм енергії. Енергія магнітного поля провідника зі струмом I дорівнює:

$$W_B = \frac{LI^2}{2}, \quad (26)$$

де L – індуктивність провідника.

Енергію магнітного поля можна визначити через характеристики поля.

Врахувавши, що для соленоїда

$$B = \mu \mu_0 nI; \quad (27)$$

$$L = \mu \mu_0 n^2 V, \quad (28)$$

де n – кількість витків на одиницю довжини соленоїда, V – об'єм простору, охопленого полем (об'єм соленоїда), формулу (26) можна записати так:

$$W_B = \frac{1}{2 \mu \mu_0} B^2 V. \quad (29)$$

Об'ємна густина енергії магнітного поля

це енергія одиниці об'єму простору, охопленого полем:

$$\omega = \frac{BH}{2} \text{ або } \omega = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \text{ або } \omega = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}, \quad (30)$$

де B – магнітна індукція; H – напруженість магнітного поля.