

Fenomenul de inducție electromagnetică.

Legea lui Faraday

Fenomenul inducției electromagnetice a fost descoperit de către Michael Faraday și Joseph Henry, rezultatele primului experiment care evidențiază fenomenul de inducție electromagnetică este publicat în anul 1931 de Faraday.

Fenomenul de **inducție electromagnetică** constă în apariția unei tensiuni electromotoare induse și a unui curent indus într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil în timp.

Un experiment simplu care ilustrează fenomenul este prezentat în Fig.1. Avem o bobină la bornele căreia legăm un miliampermetru formând un circuit închis. Aducem în vecinătatea acestui circuit un magnet. Dacă magnetul este în repaus ampermetrul nu indică nici un curent. Dacă magnetul este deplasat înainte și înapoi

între spirele bobinei acul ampermetrului deviază indicând prezența în circuitul bobinei a unui curent numit curent indus care indică faptul ca acest sistem (bobină+magnet) se comportă ca un generator electric, tensiunea electromotoare care apare numindu-se tensiune electromotoare indusă.

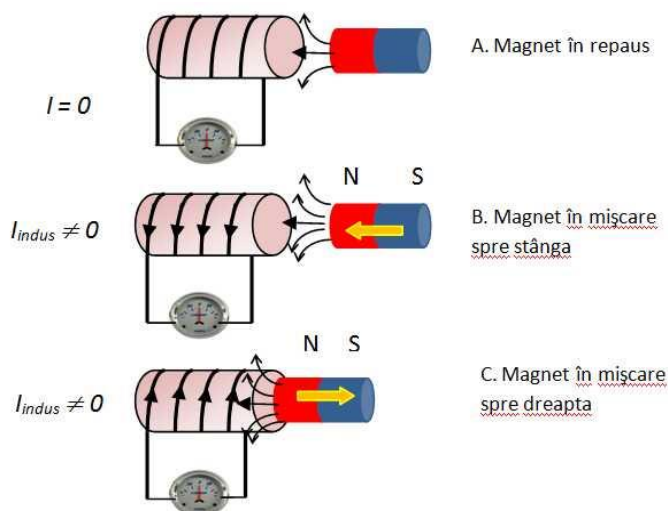


Fig. 1

Regula lui Lenz

Sensul curentului indus este legat de mișcarea magnetului și de modul în care sunt orientați polii magnetului față de bobină. Regula care stabilește sensul curentului indus și a tensiunii electromotoare induse se numește regula lui Lenz și se enunță astfel: tensiunea electromotoare indusă și curentul indus au un astfel de sens încât să se opună variației câmpului magnetic inductor (care este cauza fenomenului). Modul de aplicare a regulii lui Lenz pentru experimental descris în Fig.1 este ilustrat mai jos. În Fig.2 magnetul intră cu polul N între spirele bobinei. Câmpul magnetic inductor $B_{inductor}$ este orientat spre stânga și determină un flux crescător prin bobină. Conform regulii lui Lenz câmpul magnetic indus B_{indus} trebuie să determine un flux care să se opună acestei creșteri adică să fie în sens opus lui $B_{inductor}$. Prin urmare curent indus prin bobină trebuie să aibe un astfel de sens încât să determine B_{indus} care să se opună creșterii lui $B_{inductor}$. Modul de asociere a sensului curentului în bobină cu inducția câmpului magnetic generat de acesta este dat de regula mâinii drepte prezentate în Fig. 3.

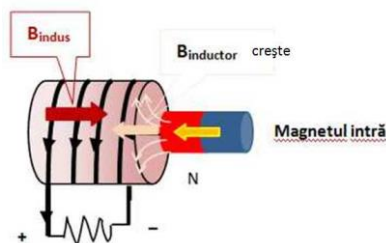


Fig. 2

Regula mâinii drepte

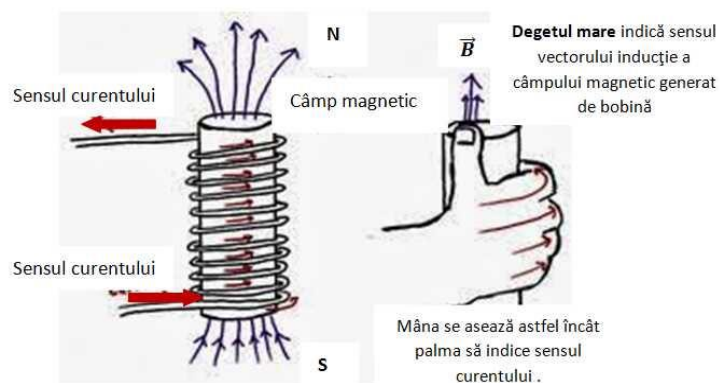


Fig. 3

Dacă magnetul iese din bobină (Fig.4) atunci câmpul magnetic produs de acesta , câmpul inductor $B_{inductor}$, deși păstrează același sens ca și în cazul în care magnetul intră în bobină (Fig.2) , fluxul prin bobină este descrescător . Câmpul magnetic indus B_{indus} trebuie să determine un flux care să se opună descresțerii adică să fie în același sens cu $B_{inductor}$. Prin urmare curentul generat în bobină (Fig.4) ,care determină B_{indus} ,este invers decât în situația prezentată anterior (Fig.2)

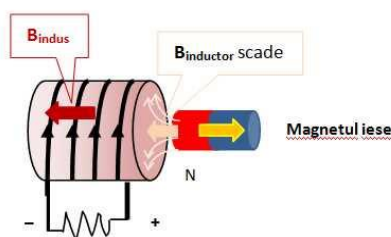


Fig. 4

În cazul în care se schimbă orientarea magnetului exterior adică se introduce și se scoate cu polul S al magnetului în bobină pentru a deduce sensul curentului indus se aplică același raționament (Fig.5) .



Fig. 5

Legea lui Faraday

Legea lui Faraday este o relație matematică care exprimă valoarea *tensiunii electromotoare induse* într-un circuit electric ca urmare a variației fluxului magnetic în respectivul circuit și anume ,

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Tensiunea electromotoare indusă (notată cu e) este egală cu “-” viteza de variație a fluxului magnetic în circuit (notat cu Φ).

Exemplificăm modul de aplicare a legii lui Faraday pe circuitul din Fig. 6. Avem un conductor închis de formă dreptunghiulară care întră într-un camp magnetic uniform cu viteză constantă. Conform legii lui Faraday, tensiunea electromotoare indusă în circuit va fi:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt} = -\frac{d(BS)}{dt} = -B \frac{d(S)}{dt} = -B \frac{d(Lvt)}{dt}$$

$$e = -BLv \quad (2)$$

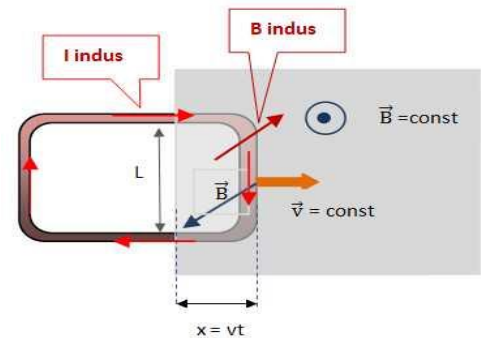


Fig. 6

Semnul “-” include regula lui Lenz, determină sensul curentului indus în circuit. Curentul indus trebuie să aibe un asemenea sens încât să determine un camp magnetic indus, B_{indus} , a cărui flux să se opună fluxului magnetic inductor. (Fig.6)

Autoinducția

Fenomenul de autoinducție este un caz particular al fenomenului de inducție electromagnetică. Autoinducția apare în orice circuit electric în care avem un curent electric variabil, de exemplu într-un circuit în care avem o bobină și un întrerupător, la închiderea și deschiderea întrerupătorului (Fig.7). La închiderea întrerupătorului de exemplu, curentul crește de la 0 la o valoare constantă mai întâi prin prima spiră, a doua spiră (pentru o fracțiune f.f. scurtă de timp) este parcursă de un flux crescător și

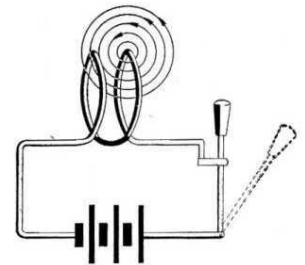


Fig. 7

generează un curent indus care să determine un flux magnetic care să se opună creșterii fluxului inductor. Ca urmare, până la stabilizarea curentului la valoarea constantă, bobina se opune, generând un curent care să se opună curentului inductor. La deschiderea întrerupătorului fenomenul se propuce exact invers, adică bobina se opune descreșterii curentului, deci descreșterii fluxului magnetic, generând un curent indus în sens invers. Ca urmare există un interval de timp scurt în care deși circuitul este deschis încă mai avem curent în bobină ca urmare a fenomenului de inducție electromagnetică (de fapt în acest caz e vorba de autoinducție).

Mărimea fizică care măsoară modul de comportare al circuitelor electrice de diferite tipuri din punctul de vedere al fluxului magnetic generat la creșterea sau descreșterea curentului electric se numește inductanță:

$$L = \frac{d\Phi}{dI} \quad (H- Henry) \quad (3)$$

Un calcul simplu arată că inductanța unei bobine cu N spire se calculează conform relației:

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{L} \quad (4)$$

Unde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ este permeabilitatea absolută a vidului, μ_r este permeabilitatea relativă a miezului magnetic al bobinei, N numărul de spire, S aria unei spire, L lungimea bobinei.

Legea autoinducției se scrie astfel:

$$e_a = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} \quad \text{dacă } L = \text{const. atunci,}$$

$$e_a = -L \frac{dI}{dt} \quad (5)$$

Generarea tensiunii electromotoare alternative sinusoidale

Una din aplicațiile cele mai importante a fenomenului de inducție electromagnetică este conversia energiei mecanice în energie electrică și anume generatorul electric. Cel mai simplu generator electric este generatorul de tensiune alternativă

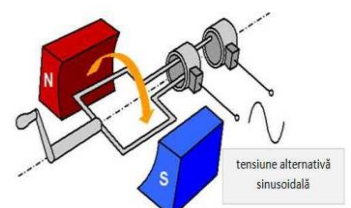


Fig. 8

sinusoidală sau mai simplu alternatorul . Acesta este format dintr-o spiră sau mai multe spire care se rotesc cu viteză constantă într-un câmp magnetic uniform generat de exemplu de un magnet permanent . (Fig.8)

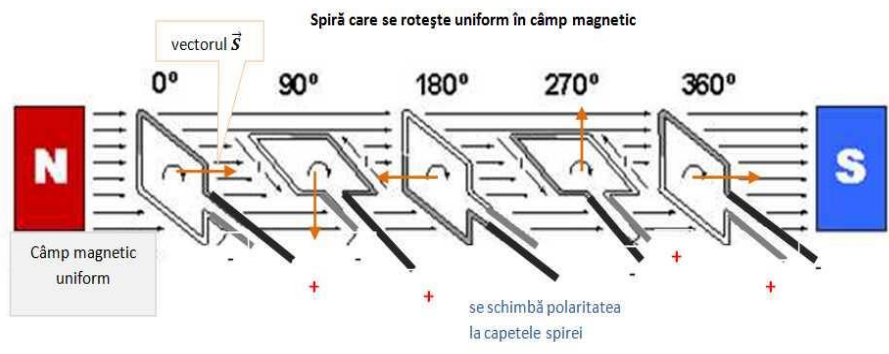


Fig. 9