

3. Ampère-féle gerjesztési törvény, integrális és differenciális alak. Szolenoid tekercs mágneses tere a tengely mentén. Indukció jelensége. Mozgási indukció, Neumann törvény. Váltakozó áramú generátor.

Az Ampère-féle gerjesztési törvény:

A mérési tapasztalat azt mutatja, hogy a stacionárius mágneses mezőben felvett irányított zárt görbére a mágneses térerősség integrálja arányos a zárt görbe által körülfogott áramok algebrai összegével. Az arányossági tényező dinemziótlan mennyiség és értéke a μ_o vákuum

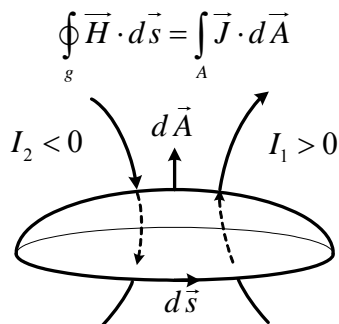
permeabilitás értékétől függ, ha $\mu_o = 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$, akkor éppen 1. Tapasztalati tény, hogy

ez az összefüggés akkor is érvényben marad, ha térben mágnesezhető anyagok vannak jelen.

Az Ampère-féle gerjesztési törvény integrális alakja vékonyvonalas áramok esetén:

$$\oint_g \vec{H} \cdot d\vec{s} = \sum_{i=1}^n I_i,$$

illetve folytonos árameloszlás esetén:



Megállapodás szerint, a peremgörbe körüljárási irányát és a felületi normális irányát a jobbsavár szabály kapcsolja össze. Az Ampère-féle gerjesztési törvény írja le az áram és az általa gerjesztett mágneses mező közötti összefüggést. Felhasználva a Stokes-féle integrál-átalakítási tételt valamint folytonos árameloszlást tekintve nyerhetjük a törvény differenciális, vagy lokális alakját:

$$\begin{aligned} \oint_g \vec{H} \cdot d\vec{s} &= \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} \\ \int_A (\nabla \times \vec{H}) \cdot d\vec{A} &= \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} \\ \int_A (\nabla \times \vec{H} - \vec{J}) \cdot d\vec{A} &= 0. \end{aligned}$$

Mivel ez bármely A felületre igaz, így a lokális alak:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}.$$

Az áramsűrűséget kirészletezve:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \rho \vec{v}.$$

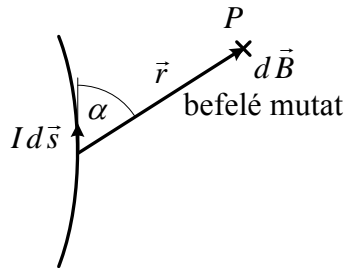
A mágneses mező tehát még stacionárius esetben sem konzervatív.

Határfeltételek (peremfeltételek):

Belátható, hogy két közeg határfelületén: $H_{1t} = H_{2t}$, azaz a mágneses térerősség tangenciális koordinátája folytonos, két közeg határán. Illetve $B_{1n} = B_{2n}$, azaz a mágneses indukció normális koordinátája folytonos, két közeg határán.

Vékony vonalas vezető által keltett mágneses mező a tér egy tetszőleges pontjában, Biot-Savart-törvény:

Bizonyítható, hogy az $I d\vec{s}$ áramelem mágneses mezőjének $d\vec{B}$ indukciója az \vec{r} helyvektorú P pontban:



$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \int_g \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

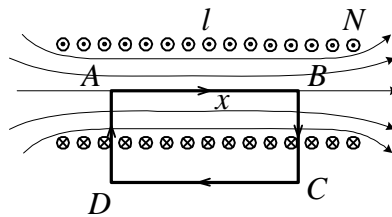
Zárt vezető kör esetén az indukció:

$$\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi} \oint_g \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

$\{ d\vec{s}, \vec{r}, d\vec{B} \}$ jobbsodrású rendszert alkot.

Szolenoid tekercs mágneses mezője a tengely mentén:

A szolenoid tekercs, egy sűrűn csévelt, az átmérőjéhez képest hosszú hengeres tekercs. Egy alkalmasan megválasztott zárt görbére írjuk fel a gerjesztési törvényt. A használt jelölések: l : a tekercs hossza, N : a menetszám, A : a keresztmetszet, I : a tekercs árama, és $\frac{N}{l}$: egységnyi hosszra jutó menetek száma.



$$\oint_g \vec{H} \cdot d\vec{s} = \sum_{i=1}^n I_i,$$

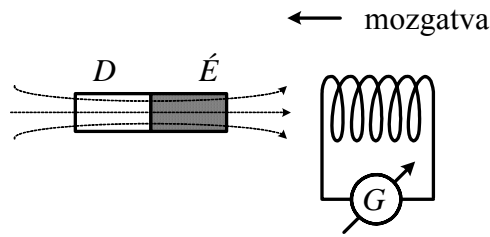
$$\int_A^B \vec{H} \cdot d\vec{s} + \int_B^C \vec{H} \cdot d\vec{s} + \int_C^D \vec{H} \cdot d\vec{s} + \int_D^A \vec{H} \cdot d\vec{s} = \frac{N}{l} x I$$

$$Hx = \frac{N}{l} x I, \text{ így } H = \frac{NI}{l}, B = \mu \frac{NI}{l}.$$

A mező homogénnek tekinthető a tekercsben.

Időben változó elektromágneses mező. Az elektromágneses indukció jelensége. Mozgási indukció fogalma:

Ha mágneses mezőben egy vezetőben áram folyik, akkor a vezetőre erő hat (Ampère-erő) és mozgásba lendül. Ha mágneses mezőben vezetőt mozgatunk, akkor indukálódik-e áram?



kilendül az árammérő

Ha egy vezetőt mágneses mezőben mozgatunk, akkor a vele együttmozgó töltéshordozókra egy idegen erő erő, az úgynevezett Lorentz-erő hat. Ennek megfelelően az idegen térerősség:

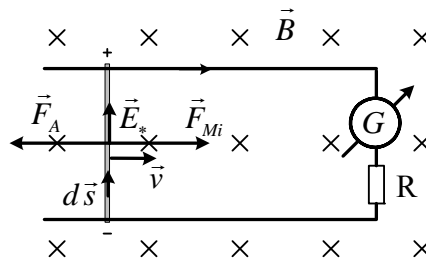
$$\vec{F}_* = q \vec{v} \times \vec{B}, \quad \vec{E}_* = \frac{\vec{F}_*}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

A mozgó vezető vonal mentén elektromotoros erő indukálódik (keletkezik). A mozgási indukciót leíró Neumann-törvény:

$$\mathcal{E}_{AB} = \int_{AB} \vec{E}_* \cdot d\vec{s} = \int_{AB} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s}$$

Ha a vezetőből készített vonal zárt, akkor az indukált elektromotoros erő hatására indukált áram jön létre.

Tekintsük egyenes vezetőt, és $\vec{v}, \vec{B}, d\vec{s}$ legyenek egymásra merőlegesek.



A mozgó fémrúd áramforrásként viselkedik (lineáris generátor), és az indukált elektromotoros erő:

$$\mathcal{E}_{AB} = \mathcal{E} = \int_{AB} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s} = v B l.$$

A létrejövő áram, és a kapocsfeszültség pedig: $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, illetve $U = IR = \mathcal{E} \frac{R}{R+r} < \mathcal{E}$.

A fellépő Ampère-erőt egy \vec{F}_{Mi} erővel kell kompenzálnunk. Ennek az erőnek a teljesítménye fedezi a fogyasztón mért teljesítményt. A generátorok mechanikai teljesítmény árán szolgáltatnak elektromos teljesítményt.

Ha egy irányított – nem feltétlenül merev – zárt vezetőhurok mágneses mezőben mozog akkor a benne indukált elektromotoros erő:

$$\mathring{\mathcal{E}} = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s}.$$

Ez a mozgási indukcióra vonatkozó törvény az alábbi alakba írható át:

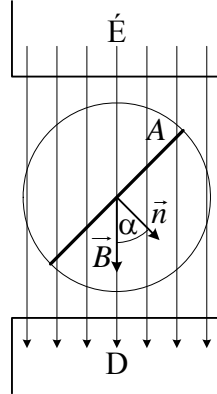
$$\mathring{\mathcal{E}} = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Faraday törvénye kimondja, hogy stacionárius mágneses mezőben a mozgó zárt vezetőhurokban indukált elektromotoros erő egyenlő a zárt hurok által körülfogott mágneses fluxus változási gyorsaságának ellentettjével (Fluxus-szabály). Az egyenletben $\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ a

mágneses indukció fluxus. A fluxus-szabály segítségével az indukált elektromotoros erő gyakran könnyebben számítható, mint a Neumann-törvénnyel.

Váltakozó áramú generátor:

Tekintsünk egy téglalap alakú vezető keretet. Keresztmetszete legyen A , és forogjon $\omega =$ állandó szögsebességgel homogén mágneses mezőben. $\vec{B} =$ állandó. A $t = 0$ -ban legyen $\vec{n} \uparrow \vec{B}$. Alkalmazzuk a Faraday-törvényt:



$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = B A \cos \alpha, \text{ de } \alpha = \omega t, \text{ így } \Phi = B A \cos \omega t$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = B A \omega \sin \omega t,$$

legyen $\mathcal{E}_0 = B A \omega$, ekkor:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$$

Ha egymenetű keret helyett egy N menetű tekercset alkalmazunk, akkor:

$$\mathcal{E} = N A B \omega \sin \omega t.$$