

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCUREȘTI
CATEDRA DE FIZICĂ**

LABORATORUL ELECTRICITATE SI MAGNETISM

BN – 119

**LEGEA LUI AMPÈRE.
(Legea circuitului magnetic în regim staționar)**

Legea lui Ampère (Legea circuitului magnetic în regim staționar)

1. Scopul lucrării constă în verificarea experimentală a valabilității legii lui Ampère, referitoare la circulația câmpului magnetic de-a lungul unei curbe închise oarecare, în regim staționar.

2. Teoria lucrării

Legea circuitului magnetic a lui Ampère exprimă faptul că *tensiunea magnetomotoare* (circulația intensității câmpului magnetic de-a lungul unei curbe închise oarecare Γ , $\oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l}$) este egală cu suma algebrică a intensităților curenților electrici care înțepă suprafața închisă de curba Γ , adică (fig. 1)

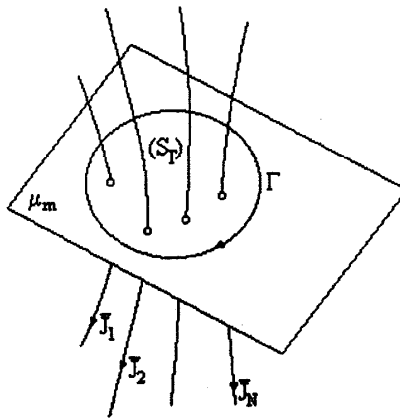


Fig. 1

$$\oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_k I_k \quad (1)$$

unde

$$I_k = \int_{S_{\Gamma}} \vec{J}_k \cdot \vec{u}_n dS \quad (2)$$

\vec{u}_n fiind normala la suprafața S_{Γ} , mărginită de curba Γ , iar \vec{J}_k vectorul densitate de curent.

Sub forma relației (1), legea lui Ampère se referă la câmpul magnetic staționar. J.C.Maxwell, făcând ipoteza existenței curentului electric de deplasare, $\frac{\partial}{\partial t} \int \vec{D} \cdot \vec{u}_n dS$, confirmată de H.Hertz, a generalizat legea lui Ampère sub forma legii circuitului magnetic (fig. 2)

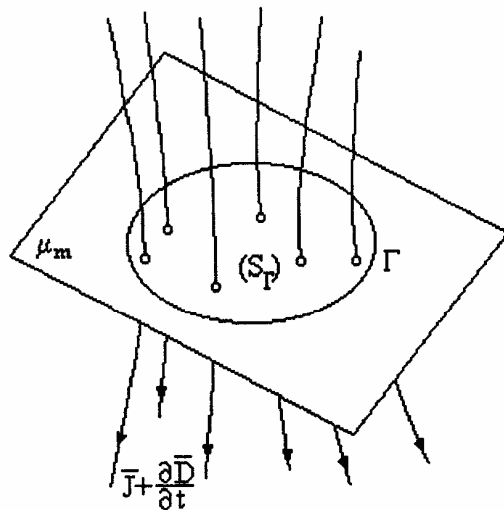


Fig. 2

$$\oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_{S_r} \vec{J} \cdot \vec{u}_n dS + \int_{S_r} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot \vec{u}_n dS, \quad (3)$$

unde $I = \int_{S_r} \vec{J} \cdot \vec{u}_n dS$ reprezintă densitatea curentului electric de conducție și

$\int_{S_r} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot \vec{u}_n dS$ este intensitatea curentului electric de deplasare. Legea circuitului magnetic scrisă sub forma dată de relația (3), se mai numește și *legea Maxwell-Ampère*.

Formele integrale (1) și (2) ale legii circuitului magnetic conduc la următoarele forme locale (sau diferențiale):

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} \quad (4)$$

respectiv

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (5)$$

Lucrarea își propune verificarea legii circuitului magnetic sub forma (1), respectiv (4).

Dispozitivul experimental.

Schema montajului experimental este dată în fig. 3. A_t este un autotransformator alimentat la rețeaua de curent alternativ ($\approx 220V$). B_R este o bobină toroidală flexibilă (bobină Rogowski), care poate lua forma conturului Γ pentru care se calculează tensiunea magnetomotoare (fig. 4)

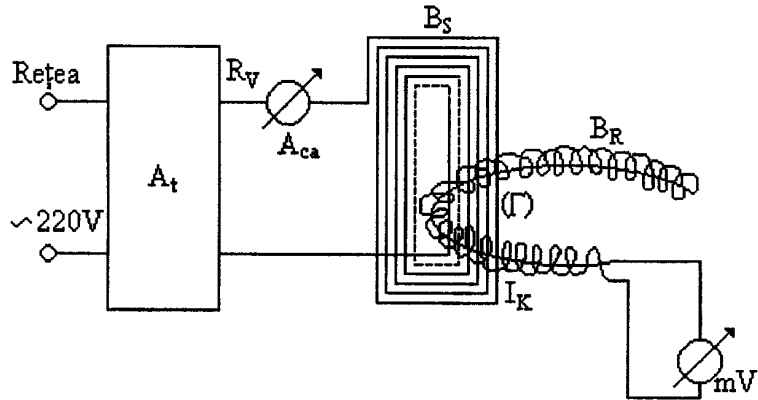


Fig. 3 Dispozitivul experimental

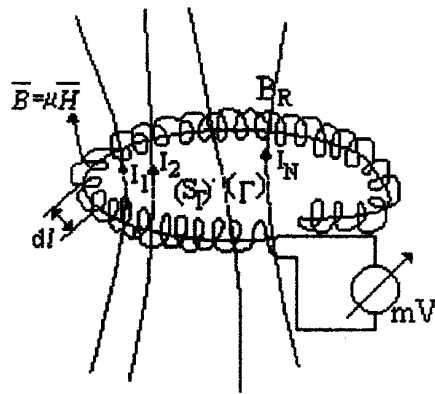


Fig. 4 Bobina flexibilă Rogowski

Dacă bobina are n spire pe unitatea de lungime și dacă se consideră elementul de lungime $d\vec{l}$ de-a lungul curbei Γ , atunci, fluxul inducției magnetice \vec{B} prin spirele dispuse pe arcul $d\vec{l}$ va fi:

$$d\phi_m = nS_0\vec{B}d\vec{l}, \quad (6)$$

unde S_0 este aria unei spire. Integrând pe curba Γ , se obține fluxul magnetic total (prin toate spirele bobinei B_R), adică:

$$\phi_m = nS_0 \oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = nS_0\mu \oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l}, \quad (7)$$

μ fiind permeabilitatea miezului bobinei. Se observă că în expresia (7) a fluxului magnetic total prin toate spirele bobinei Rogowski intră tensiunea magnetomotoare $U_m = \oint_{\Gamma} \vec{H}d\vec{l}$.

Dacă prin spirele bobinei Rogowski trece un curent electric alternativ, intensitatea câmpului magnetic \vec{H} variază în timp și deci și fluxul magnetic total ϕ_m va varia în mod corespunzător. Conform legii inducției electromagnetice

(legea lui Faraday), variația în timp a fluxului magnetic ϕ_m produce în spirele bobinei Rogowski o tensiune electromotoare:

$$U_e = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad (8)$$

care este accesibilă experimental (se măsoară cu milivoltmetrul mV din fig.4).

Admițând valabilitatea legii lui Ampère (1), expresia (8) ia forma

$$U_n = -mS_0\mu \frac{d}{dt} \sum_k I_k . \quad (9)$$

Curenții electrici I_k , care străbat suprafața S_Γ , mărginită de curba Γ , sunt produși cu ajutorul bobinei B_S (fig. 3) care are N spire, fiecare spiră intersectând suprafața S .

Bobina B_S este alimentată de la autotransformatorul A_t cu curent alternativ a cărui intensitate variază în timp conform relației

$$I = I_0 \cos \omega t \quad (10)$$

amplitudinea I_0 fiind reglabilă (cu ajutorul lui RV din fig. 3).

Ținând seama de formula (10), expresia (9) devine:

$$U_e = nS_0\mu NI_0\omega t = U_0 \sin \omega t . \quad (11)$$

Rezultă că în cazul în care este adevărată legea lui Ampère (1), între amplitudinea tensiunii electromotoare U_0 , indusă în bobina flexibilă Rogowski, B_R și amplitudinea I_0 a celor N curenți există o relație de proporționalitate:

$$U_0 = CI_0 \quad (12)$$

unde $C = nS_0\mu\omega N$ este o constantă care depinde de caracteristicile dispozitivului experimental (n , S_0 , μ și N) și de frecvența $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ a intensității curentului electric la care este alimentată bobina B_S .

Modul de lucru și prelucrarea datelor experimentale

Alegeți pentru I_0 valori cuprinse între 0 și 1A, acestea variind din 0,1A în 0,1A. Aceste valori ale intensității curentului electric se obțin prin deplasarea lui RV. Citirea valorilor intensității curentului se face pe ampermetrul A_{ca} .

Pentru fiecare valoare a lui I_0 citiți valorile lui U_0 la milivoltmetrul mV.

Constantele dispozitivului experimental sunt: $n = 10^4 \text{ m}^{-1}$, $N = 470$, $r = 10^{-2} \text{ m}$ (raza spirelor bobinei flexibile, B_R) și $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, iar frecvența intensității curentului electric este $\nu = 50 \text{ Hz}$. Astfel,

$$C = nS_0\mu\omega N \cong 0,5828 \text{ V/A}.$$

Introduceți datele obținute într-un tabel de tipul celui de mai jos.

$I_0 (A)$ Determinat experimental	$U_0 (V)$ Determinat experimental	$U_{0c} (V)$ Calculată cu relația (12)	$\frac{U_0 - U_{0c}}{U_0 + U_{0c}}$ 2
0			
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			
0.8			
0.9			
1			

Reprezentați grafic curbele $U_{0\text{exp}} = f_1(I_0)$ și $U_{0c} = f_2(I_0)$.