

LUCRAREA A7
ELECTROMAGNETUL DE CURENT ALTERNATIV MONOFAZAT
CU SPIRĂ ÎN SCURTCIRCUIT

1. Tematica lucrării

- 1.1. Construcția electromagnetului de curent alternativ.
- 1.2. Măsurarea fluxurilor magnetice în ariile ecranată, neecranată și a fluxului total.
- 1.3. Calculul forțelor dezvoltate de electromagnet.
- 1.4. Influența spirei în scurtcircuit asupra repartiției fluxurilor.
- 1.5. Determinarea curentului absorbit în funcție de tensiunea de alimentare.

2. Schema electrică

Pentru alimentarea bobinei electromagnetului se va folosi montajul din figura 2 în care:

- **P** - pupitru de alimentare din laborator.
- **V1** - voltmetru 0-250 V, clasa 0,5;
- **A** - ampermetru 1A;
- **Bob_{EM}** - bobina electromagnetului;
- **b₁, b₂, b₃** - bobine sondă cu numărul de spire $n = 10$ spire.

Pentru înregistrarea fluxurilor se va folosi un dispozitiv electronic conceput special în acest scop. Acest dispozitiv folosește integratoare active și un circuit de întârziere cu 90 de grade electrice (CD), necesar unei măsurători corecte.

Schema bloc a dispozitivului electronic este prezentată în figura 3 iar schița panoului este prezentată în figura 4 în care s-a notat cu:

- **U_A** - semnal de tensiune de intrare primit de la una din bobinele sondă, b_1 , b_2 , b_3 , pentru măsurarea unuia din fluxurile Φ_{A1} , Φ_{A2} sau Φ_0 ;
- **AI₁** - amplificator de intrare;

- **AI₂** - amplificator necesar amplificării semnalului pentru circuitul de comandă, C.C.;
- **IC** - integrator comandat. (Înterruptorul ideal care comandă condensatorul din reacția integratorului comandat s-a realizat cu un tranzistor cu efect de câmp (BFW11));
- **DF** - detector fereastră (dublu);
- **CD** - circuit de întârziere (decalare), realizat din două circuite basculante monostabile $\beta E 555$, (CMB_1 , CMB_2);
- **CC** - circuit de comandă a integratorului comandat IC.

3. Modul de lucru

3.1. Electromagnetul de studiat este un electromagnet de tip U, folosit la contactorul de tip TCA 200A, având bobina realizată pe ambele coloane (**figura 1**). Polii sunt prevăzuți cu spire în scurtcircuit (ecran) SE, identice. Pentru măsurarea fluxurilor s-au executat bobine sondă identice, cu $n = 10$ spire, după cum urmează:

b_1 - pentru aria neecranată A_1 (divizată în două părți egale);

b_2 - pentru aria ecranată A_2 ;

b_3 - pentru aria totală, respectiv fluxul total.

3.2. Măsurarea fluxurilor se efectuează pentru o tensiune mai redusă decât tensiunea nominală de 220 V, pentru a ne menține în zona liniară, nesaturată, iar forma fluxurilor să se mențină sinusoidală. Măsurătorile se vor efectua pentru o tensiune cuprinsă între 70 V și 100 V.

Pentru ridicarea caracteristicii $I = f(U)$, se vor efectua măsurători pentru valori ale tensiunii cuprinse între 0 și 250 V.

Bobinele sondă furnizează un semnal proporțional cu derivata fluxurilor. Acest semnal este mai întâi amplificat cu ajutorul amplificatorului AI_1 , iar apoi integrat cu ajutorul integratorului activ, comandat IC.

Măsurătoarea propriu-zisă se efectuează racordând ieșirile de la bobinele la intrările (**INPUT**) dispozitivului de măsurare a fluxurilor (figura 3), iar înregistrarea fluxurilor obținute la ieșirile (**OUTPUT**) dispozitivului se va efectua cu ajutorul unui osciloscop cu două spoturi.

Tensiunea la ieșirea unui integrator este dată de relația:

$$\hat{u} = K \cdot \frac{n}{T} \hat{\Phi} \quad (1)$$

unde: Φ - fluxul magnetic;

K - constanta de amplificare a amplificatorului AI₁ (în cazul de față K=2);

n - numărul de spire al bobinelor sondă (în cazul de față n = 10);

T - constanta de timp a integratorului (în cazul de față T = 10 ms).

Tensiunea u se oscilografiază și se măsoară cu ajutorul osciloscopului.

Fluxul magnetic într-o anumită arie se determină cu formula:

$$\hat{\Phi} = \frac{T}{K \cdot n} \cdot \hat{u} \quad (2)$$

\hat{u} - fiind măsurată pe ecranul osciloscopului (ținând seama de sensibilitatea acestuia exprimată în V/div).

Demonstrația relației (2) este prezentată în anexă.

În figura 5 sunt notate mărimile în acord cu schema bloc din figura 3, unde u₁ corespunde tensiunii u_A, u₂ corespunde tensiunii u_B, iar u₃ tensiunii u_I.

Fluxul magnetic total $\hat{\Phi}_0$ măsurat cu ajutorul bobinei sondă b₃ se va compara cu valoarea calculată:

$$\hat{\Phi}_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot U_b}{N_b \cdot \omega} \quad (3)$$

unde: U_b - este tensiunea aplicată bobinei electromagnetului (70 – 100 V);

N_b - numărul de spire al bobinei de excitație a electromagnetului;

ω - pulsația curentului.

Fluxurile magnetice din întrefier se măsoară simultan determinându-se și defazajul între ele. Spre exemplificare în anexă se prezintă: fluxurile Φ_{A1} și Φ_{A2} măsurate în aria neecranată A_1 și ecranată A_2 la tensiunea $U_{alim} = 70$ V (fig.6); fluxul total Φ_0 și fluxul Φ_{A1} , măsurate tot la tensiunea $U_{alim} = 70$ V (fig.7), iar în figura 8 sunt prezentate oscilogramele fluxurilor Φ_{A1} și Φ_{A2} măsurate la tensiunea $U_{alim} = 220$ V, pentru a pune în evidență efectul saturației. Datorită saturării anumitor porțiuni ale circuitului magnetic (mai ales în zona porțiunii neecranate a polului) fluxurile magnetice se deformează, devenind nesinusoidale. Se va urmări calitativ acest fenomen crescând tensiunea de alimentare a bobinei, observându-se forma fluxurilor pe ecranul osciloscopului.

3.3. Calculul forței dezvoltate de electromagnet se va efectua cu relațiile:

- forța medie în aria A_1 :

$$F_{mA1} = \frac{\hat{\Phi}_{A1}^2}{4 \cdot \mu_0 \cdot A_1}, \quad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H / m} \quad (4)$$

unde A_1 este aria neecranată a polului:

- forța medie dezvoltată pe un pol:

$$F_m = F_{mA1} \cdot (1 + m \cdot K^2) \quad (5)$$

unde $m = A_2/A_1$, iar $K = \cos \alpha$

- forța minimă pe un pol:

$$F_{min} = F_{mA1} \cdot \left[1 + m \cdot K^2 - \sqrt{1 + m \cdot K^4 (m + 4) - 2 \cdot m \cdot K^2} \right] \quad (6)$$

Forța totală este dublul forței dezvoltată de un pol, deci:

$$F_{mt} = 2 \cdot F_m \quad (7)$$

$$F_{mint} = 2 \cdot F_{min} \quad (8)$$

3.4. Se va determina prin calcul întrefierul echivalent (tehnologic) între suprafețele polare, în poziția închis a electromagnetului cu relația:

$$\delta_e = \frac{\mu_0 \cdot \omega \cdot A_2}{R_2 \cdot \text{tg} \alpha} \quad (9)$$

unde R_2 este rezistența spirei ecran, iar α defazajul între fluxuri măsurat la 3.2.

Datele necesare efectuării calculelor se află notate pe panoul lucrării, din laborator. Rezultatele obținute se trec într-un tabel de forma:

Tabelul 1

U	Φ_{A1}	Φ_{A2}	α	Φ_0	α_0	F_m	F_{min}	F_{mt}	F_{mint}	δ_e
V	Wb	Wb	grad	Wb	grad	N	N	N	N	mm

Se vor reprezenta într-o diagramă formele de undă ale forțelor instantanee dezvoltate de electromagnet. Se va măsura de asemenea defazajul între fluxuri și se va desena diagrama fazorială a fluxurilor. Valorile rezultate pentru Φ_0 și α_0 se vor compara cu cele obținute experimental.

3.5. Se va crește progresiv tensiunea de alimentare a bobinei electromagnetului (acesta fiind închis) măsurându-se curentul absorbit. Datele se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

U [V]	0	10	20	...	230	240	250
I [A]	0			...			

ANEXA

Calculul amplitudinii fluxului magnetic ce străbate bobina sondă în funcție de tensiunea de la ieșirea integratorului

În acord cu notațiile din figura 5 se fac următoarele notații și se obține:

n - numărul de spire al bobinelor sondă; $n = 10$;

A_1 - amplificarea amplificatorului inversor AI_1 :

$$A_1 = 2$$

u_1 - tensiunea la intrarea AI_1 :

$$u_1 = \hat{U}_1 \cdot \cos \omega t \quad (1.a)$$

u_2 - tensiunea la ieșirea amplificatorului AI_1 :

$$u_2 = \hat{U}_2 \cdot \cos \omega t \quad (2.a)$$

u_3 - tensiunea la ieșirea integratorului comandat IC:

$$u_3 = \hat{U}_3 \cdot \sin \omega t \quad (3.a)$$

φ - fluxul magnetic ce străbate bobina sondă

$$\varphi = \hat{\Phi} \cdot \sin \omega t \quad (4.a)$$

In acest caz se obține:

$$u_1 = -n \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad (5.a)$$

$$u_2 = 2u_1 \quad (6.a)$$

Constanta de amplificare a amplificatorului AI_1 , $K=2$

$$u_3 = -\frac{1}{RC} \int u_2 dt = -\frac{1}{RC} \int 2u_1 dt = -\frac{2}{RC} \int \left(-n \frac{d\varphi}{dt} \right) dt = \frac{2n}{RC} \int d\varphi = \frac{2n}{RC} \varphi = \frac{2n}{T} \varphi \quad (7.a)$$

unde $T = RC$ este constanta de integrare a integratorului, care în cazul de față este 10ms.

Deoarece u_3 și φ sunt în fază se poate trece la mărimile de vârf:

$$\hat{U}_3 = \frac{2 \cdot n}{T} \cdot \hat{\Phi} \quad (8.a)$$

respectiv
$$\hat{\Phi} = \hat{U}_3 \cdot \frac{T}{2 \cdot n} \quad (9.a)$$

Notă

Demonstrația este valabilă în cazul mărimilor considerate sinusoidale, deci și fluxurile sunt considerate sinusoidale.

4. Întrebări

1. Explicația necesității utilizării spirei în scurtcircuit la electromagneții de curent alternativ monofazat.
2. Desenați formele de undă ale forței dezvoltate de un pol al electromagnetului cu și fără spiră în scurtcircuit.
3. Reprezentați diagramele fazoriale ale fluxurilor magnetice și ale forțelor electromagnetice pentru electromagneți de tip U și E.
4. Cum se produce defazarea fluxurilor magnetice în întrefierul unui electromagnet prevăzut cu spiră în scurtcircuit?
5. Ce efect are montarea spirei în scurtcircuit asupra inducției din ariile ecranată și neecranată în comparație cu valorile existente înainte de montarea spirei?
6. Care este ordinul de mărime al rezistenței spirei în scurtcircuit la electromagneții pentru contactoare și al pierderilor în spiră?
7. Care sunt factorii care determină stabilirea unei valori optime pentru rezistența spirei în scurtcircuit?
8. Care este ordinul de mărime al întrefierului în poziția închis a electromagnetului și ce reprezintă acest întrefier?
9. Care este valoarea curentului absorbit de un electromagnet de curent alternativ în poziția deschis față de curentul în poziția închis? Explicați diferența între valorile curenților în cele două poziții. Cum se prezintă situația comparativ în curent continuu?

10. Prezentați și explicați deosebirile constructive între electromagneții de curent continuu și electromagneții de curent alternativ.
11. Care sunt cauzele care pot conduce la distrugerea bobinei unui electromagnet de curent alternativ?
12. Ce efect are creșterea inducției în polii electromagnetului de curent alternativ asupra fluxurilor magnetice din întrefierul polului prevăzut cu spiră în scurtcircuit? Care sunt limitele de aplicabilitate a relațiilor stabilite pentru calculul electromagneților de curent alternativ cu spiră în scurtcircuit?
13. Cum se măsoară fluxurile magnetice în diferite porțiuni ale circuitului magnetic?

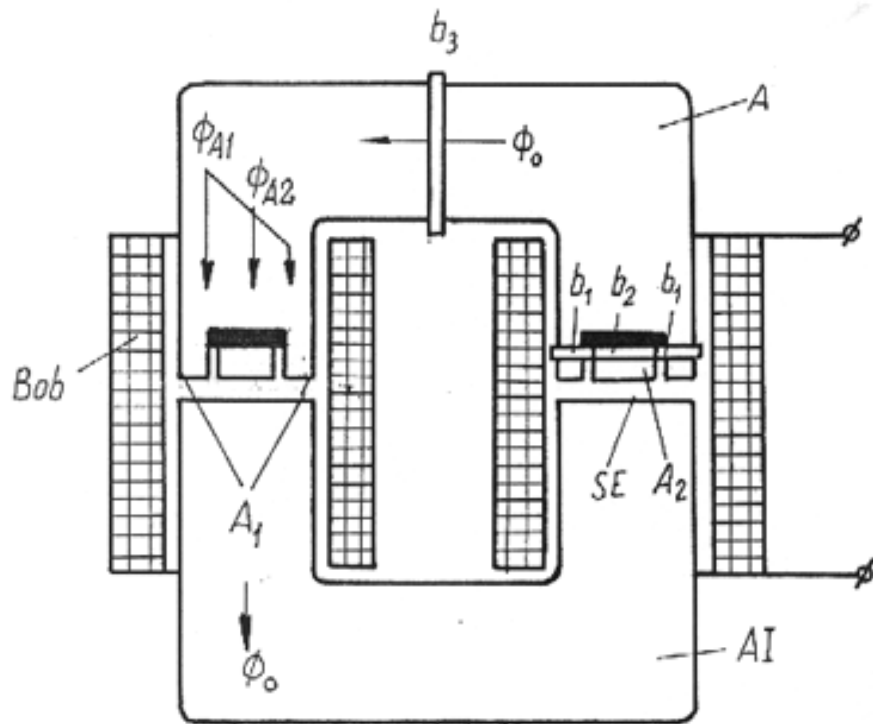


Fig.1 Schița electromagnetului de curent alternativ

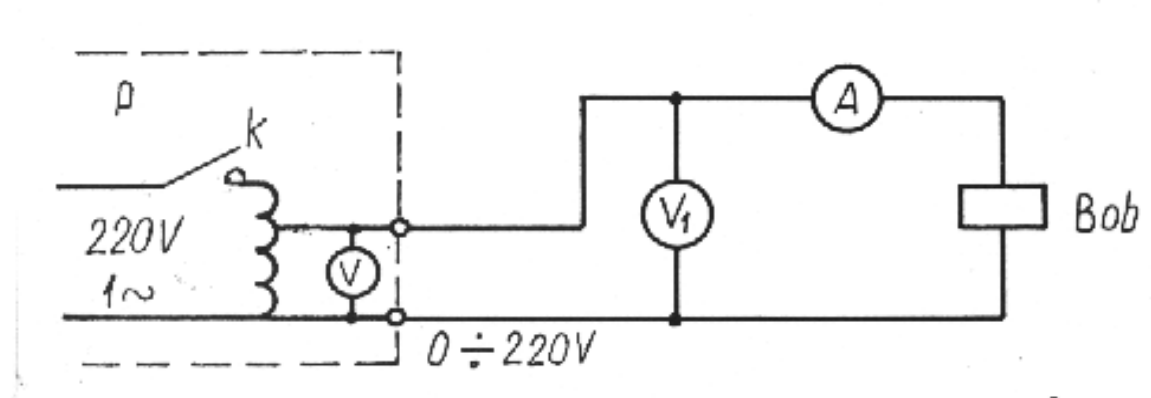


Fig.2. Schema electrică de conectare la rețea

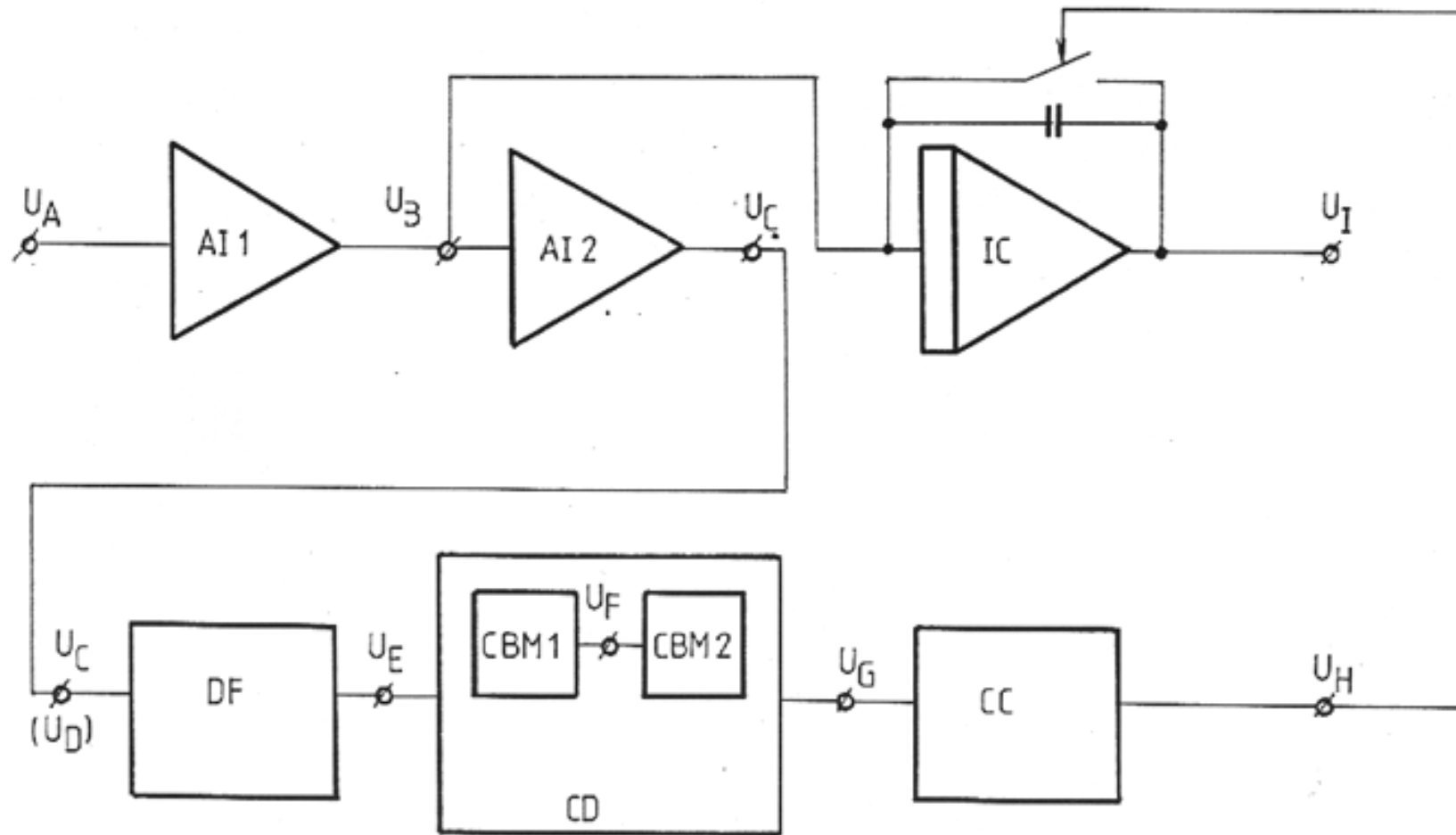


Fig. 3. Schema bloc a dispozitivului electric pentru înregistrarea fluxurilor

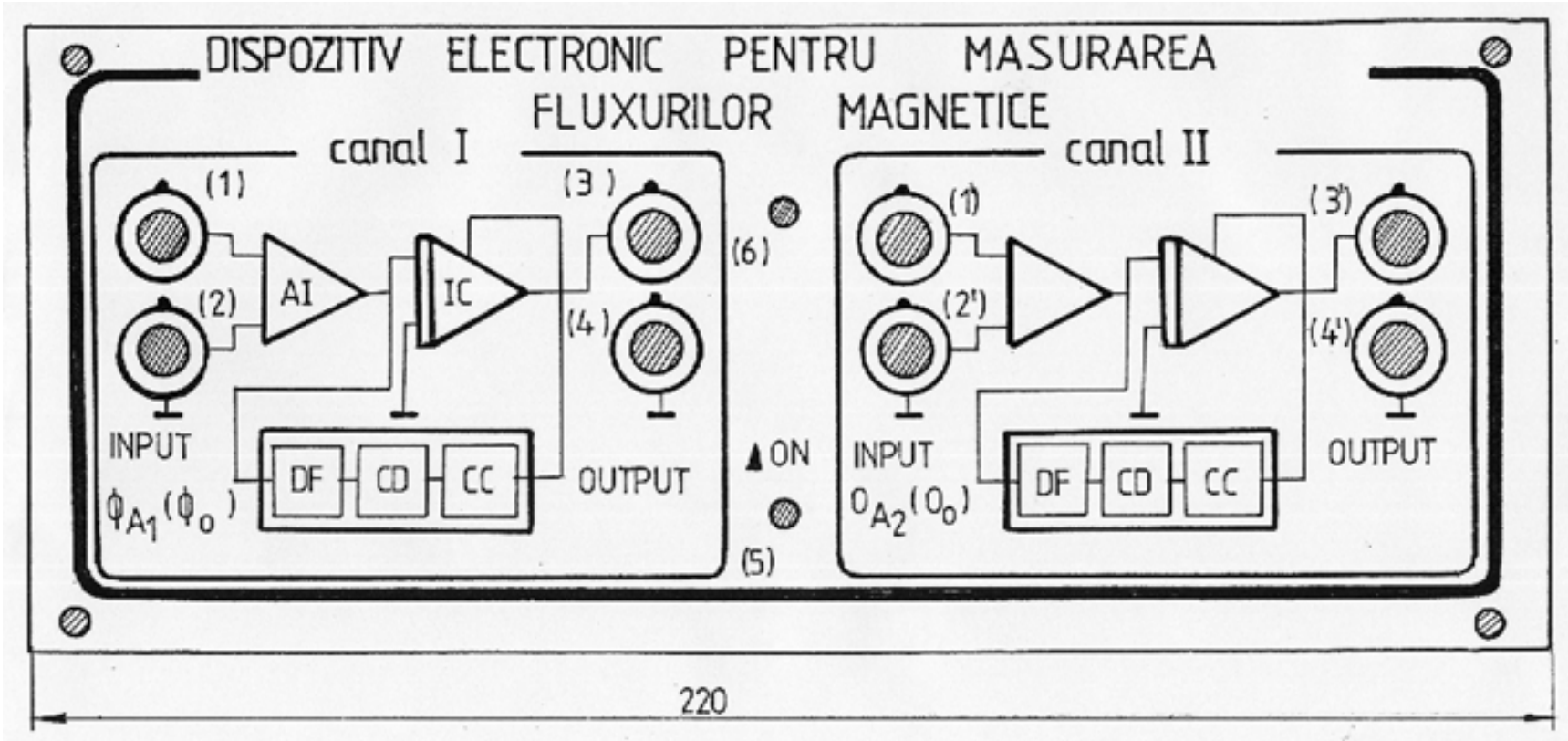


Fig. 4. Panoul frontal al dispozitivului pentru înregistrarea fluxurilor

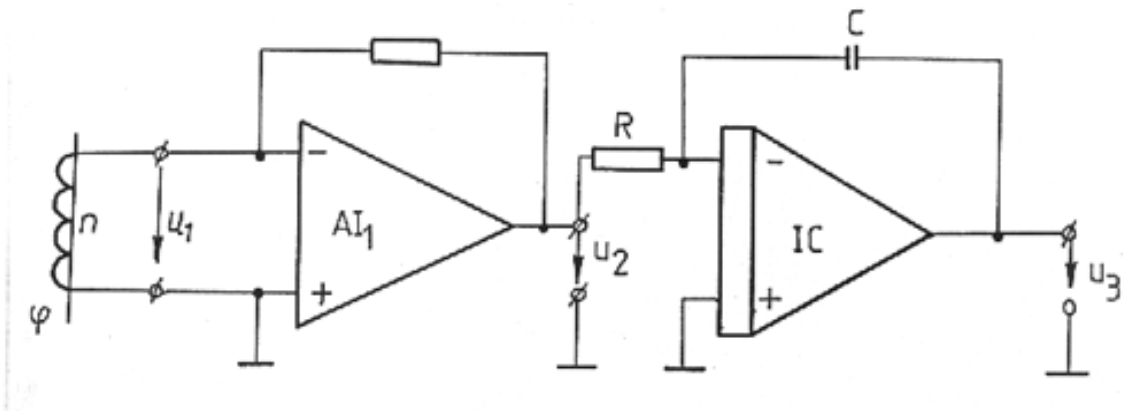


Fig.5. Schema bloc de principiu pentru înregistrarea fluxurilor, folosind integrator activ

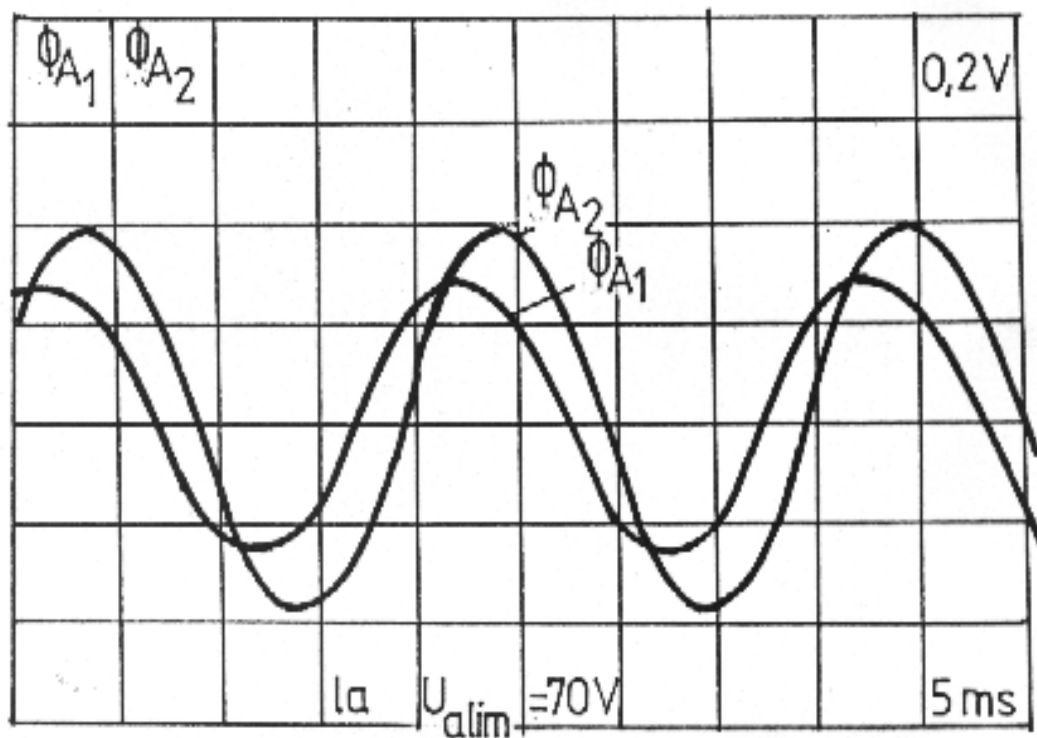


Fig.6. Oscilोगrame ale fluxurilor ϕ_{A1} și ϕ_{A2} pentru o tensiune de alimentare de 70V

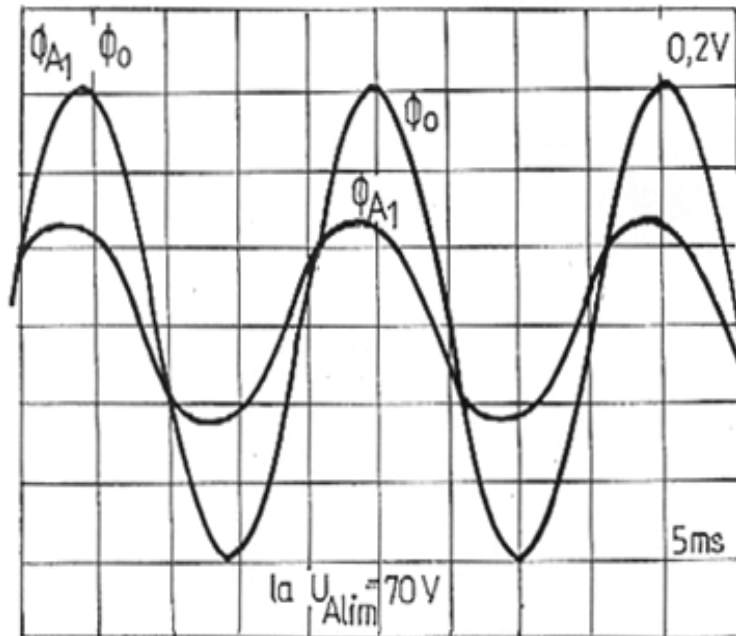


Fig.7. Oscilogramme ale fluxurilor ϕ_0 și ϕ_{A1} pentru o tensiune de alimentare de 70V

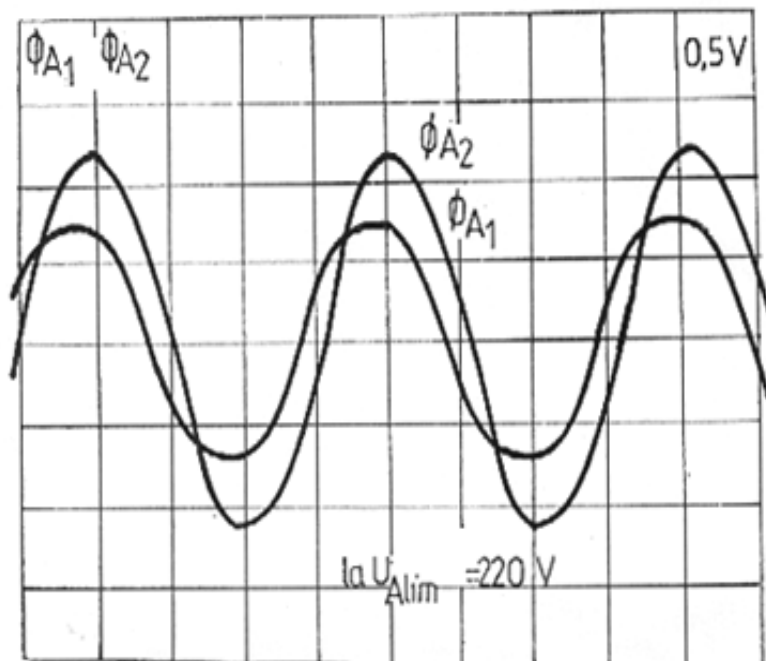


Fig. 8. Oscilogramme ale fluxurilor ϕ_{A1} și ϕ_{A2} , pentru tensiunea de alimentare de 220V