

LUCRAREA A6

ELECTROMAGNETUL DE CURENT CONTINUU

1. Tematica lucrării

- 1.1. Construcția și caracteristicile electromagnetului de curent continuu .
- 1.2. Principalele tipuri constructive.
- 1.3. Studiul variației fluxului în circuitul magnetic; scheme magnetice echivalente.
- 1.4. Măsurarea fluxului indus în circuitul magnetic ; aprecierea fluxului de dispersie.
- 1.5. Măsurarea forței electromagnetice; caracteristica statică.
- 1.6. Studiul regimului dinamic al electromagneților de curent continuu.

2. Modul de lucru

2.1. Determinarea variației fluxului și forței electromagnetice pentru electromagneții de curent continuu de tip plonjor.

2.1.1. Se va studia construcția principalelor tipuri de electromagneți de curent continuu:

- a) cu mișcare de rotație (cu clapetă);
- b) cu mișcare de translație (cu plonjor);
- b₁) cu armătură fixă - tip oală și tip U;
- b₂) cu plonjor și opritor - drept și tronconic.

Se va urmări legătura dintre mărimea forței electromagnetice, alura caracteristicii statice și forma circuitului magnetic.

Se vor observa soluțiile tehnologice și materialele folosite pentru executarea bobinei și circuitului magnetic.

Se va executa o schiță pentru unul dintre electromagneți (secțiune longitudinală). Schița se va întocmi pe hârtie milimetrică, scara 1:1, respectând normele de desen tehnic.

2.1.2. Pentru electromagnetul a cărui schiță s-a executat se va desena traseul fluxului magnetic, punând în evidență fluxul de dispersie și de umflări. Pentru același electromagnet se va stabili schema magnetică echivalentă completă cu reluctanțele în fier, în întrefierul de lucru și în întrefierurile tehnologice, cu reluctanțele de dispersie și de umflări.

2.1.3. Se va determina variația fluxului în circuitul magnetic al electromagnetului plonjor din **figura 1** conectat la circuitul din **figura 2**.

Pentru măsurarea fluxului în miez sunt montate bobine sondă cu câte 20 spire fiecare:

- bobinele 1 măsoară fluxul în întrefier Φ_{δ} ;

- bobinele 2,2' și 6, 6' sunt montate astfel încât să verifice simetria circuitului magnetic față de axa plonjorului;

- bobinele așezate pe coloană dau o imagine a variației fluxului de dispersie în lungul ferestrei.

Măsurătorile se vor executa la $\delta_1 = \delta_{\min} = 1\text{mm}$, la $\delta_2 = 6\text{mm}$ și la $\delta_3 = \delta_{\max} = 11\text{mm}$, observând variația căderii de tensiune magnetică în fier și a fluxului de dispersie.

Întrefierul se variază prin adăugare de șaibe distanțoare nemagnetice (din alamă) pe tija plonjorului, accesibilă prin deșurubarea piuliței PR .

Rezultatele se vor trece în **tabelul 1** și se va trasa variația fluxului în lungul coloanei $\delta = f(h)$ pentru întrefierurile δ_{\min} și δ_{\max} ca în **figura.3** .

Tabelul 1

δ [mm]	$\Phi_{\delta}=\Phi_1$ [Wb]	Φ_2 [Wb]	$\Phi_{2'}$ [Wb]	Φ_3 [Wb]	Φ_4 [Wb]	Φ_5 [Wb]	Φ_6 [Wb]	$\Phi_{6'}$ [Wb]	Φ_{σ} [Wb]	σ

Convertirea tensiunii induse, măsurată la bornele bobinelor sondă, în tensiune proporțională cu fluxul înălțuit de bobina respectivă, se face prin lanțul de măsurare a cărei schemă bloc este prezentată în **figura 4**.

Schema funcționează în felul următor: semnalul de la bornele bobinei se amplifică ($A_U = 10$) și se integrează pe timpul t_a cât durează fenomenul tranzitoriu la conectarea electromagnetului, după care se memorează cu un circuit S-H (sample and hold - eșantionează și memorează). Funcționarea integratorului pe durata t_a se asigură de grupul format din comparatorul de precizie (bloc 3) și comutatorul analogic (bloc 5), astfel: la apariția tensiunii, comparatorul de "prag zero" comandă închiderea comutatorului (realizat cu tranzistor JFET); dispariția tensiunii de integrat determină deschiderea comutatorului și deci blocarea intrării integratorului.

Comutatorul 6 servește la stabilirea condițiilor inițiale nule, la fiecare măsurătoare, dacă aceasta se dorește de utilizator. Realizarea concretă a schemei de măsură este prezentată în **figura 5**.

În **figura 6** este reprezentat tabloul frontal al integratorului. Butonul **PORNIT-OPRIT** și perechile de borne U_C și a-b nu se utilizează în această lucrare.

Electromagnetul asupra căruia se fac determinările este fixat pe un stativ, pe postamentul căruia sunt zece perechi de borne: opt dintre ele sunt numerotate corespunzător cu bobinele sondă, una este pentru conectarea electromagnetului, în circuitul din figura 2, iar la ultima pereche de borne este accesibil un șunt de 1Ω .

Tensiunea de la bornele bobinelor sondă se aplică, pe rând, la intrarea integratorului (bornele U_i din figura 6). La ieșirea integratorului (bornele U_e din figura 6) se măsoară cu un multimetru digital, o tensiune U de ordinul volților. Transformarea în flux se face astfel:

$$\Phi[\text{Wb}] = k \cdot \frac{U[\text{V}]}{n} \quad (1)$$

unde $n = 20$ este numărul de spire al bobinei sondă și $k = 10^{-3}$ este constanta integratorului.

Electromagnetul fiind de curent continuu, în circuitul magnetic se produce variație de flux numai la conectarea sau deconectarea bobinei la sursa de tensiune. Pentru executarea unei măsurători corecte, ținând seama de particularitățile lanțului de măsurare, se procedează astfel :

- se leagă bobina electromagnetului în circuit, respectând polaritatea indicată la bornele ei;
- se face legătura între bornele unei bobine sondă și bornele de intrare în integrator, astfel încât borna de sus a bobinei sondă să fie conectată la borna de sus a integratorului (notată cu * în figura 6);
- se aduce integratorul la zero prin apăsare pe butonul **RESET** (din figura 6);
- se conectează circuitul de alimentare al bobinei electromagnetului;
- se citește valoarea tensiunii U la voltmetru;
- se deconectează circuitul bobinei electromagnetului;
- se schimbă bobina sondă și se reiau operațiile.

Cu ajutorul măsurătorilor efectuate se apreciază fluxul de dispersie ca fiind diferența între fluxul maxim și minim din coloană:

$$\Phi_{\sigma} \cong \Phi_2 - \Phi_5 \quad (2)$$

și coeficientul de dispersie :

$$\sigma \cong \frac{2 \cdot \Phi_{\sigma} + \Phi_{\delta}}{\Phi_{\delta}} = \frac{2 \cdot (\Phi_2 - \Phi_5) + \Phi_1}{\Phi_1} \quad (3)$$

Legat de aceste rezultate se explică schemele magnetice echivalente simplificate, pentru întrefier maxim și minim.

2.1.4. Pentru determinarea caracteristicii statice a electromagnetului se vor face măsurătorile cu dispozitivul descris în figura 7.

Electromagnetul are $U_n = 220V$ c.c., dar se va alimenta de la sursa reglabilă 0-220 V c.a., printr-un redresor, care este montat în cutia sa de borne. Durata de

acționare este 100% și cursa maximă $\delta_{\max} = 10$ mm. Determinările se vor executa însă la $U_n = 110V$, deoarece la 220 V și la întrefier minim forța electromagnetică este de 22 daN , ceea ce ar îngreuna inutil măsurătorile.

În determinarea caracteristicii statice se vor parcurge următoarele etape:

1. Se fixează pe comparator poziția de zero, corespunzătoare întrefierului maxim de 10 mm;
2. Prima măsurătoare se face la $\delta = 8$ mm, întrefier ce se realizează împingând plonjorul cu șurubul 5 (figura 7) pe distanța $x = 2$ mm măsurabilă cu comparatorul 8;
3. După fixarea întrefierului dorit se pun greutateți pe talerul 7 și se verifică dacă electromagnetul le poate ridica. Se notează cu G greutatea pieselor puse pe taler. La fiecare întrefier forța electromagnetică se va determina cu aproximație mai mică de 1N, prin încadrarea lui G între două valori: G' pe care electromagnetul o atrage și $G'' = G' + 1N$ pe care electromagnetul nu o atrage ($1N \approx 100$ gf este cea mai mică greutate disponibilă).

Forța electromagnetică măsurată este egală cu:

$$F_{em} = G_0 + G \quad [N] \quad (4)$$

unde $G_0 = 6$ N este greutatea talerului 7 și a subansamblului 6 din figura 7.

Măsurătorile se execută din 1 mm în 1 mm până la $x = 9$ mm. Rezultatele se trec în tabelul 2 și se trasează caracteristica statică $F_{em} = f(\delta)$, ca în figura 8.

2.2. Studiul variației fluxului indus și a curentului absorbit de bobina de excitație a electromagnetului de curent continuu din figura 1, pe durata regimului tranzitoriu de conectare la sursa de tensiune.

Tabelul 2

x	$\delta = \delta_{\max} - x$	$G = m \cdot g$	$F_{em} = G_0 + G$
mm	mm	N	N
1	9		
2	8		
.			

Alura calitativă a curbelor este cea din figura 9. În această figură este reprezentată și deplasarea armăturii mobile $x = f(t)$. Prin corelarea curbelor $i = f(t)$ și $x = f(t)$ se definesc timpul de pornire, timpul de deplasare și de acționare.

Oscilogramele sunt cele din figurile 10 și 11. În figura 10 s-a variat cursa armăturii mobile (cu șaibe nemagnetice ca la paragraful 2.1.3), iar în figura 11 s-a schimbat forța rezistentă care se opune mișcării plonjorului (prin adăugarea de greutateți pe talerul T din figura 1). Curbele 1 și 4 din figura 10 a și b și 11 a și b s-au obținut blocând plonjorul la întrefier maxim, respectiv minim. Se observă în acest caz, creșterea exponențială a curentului, ca într-un circuit R, L, cu R și L constante, cu pante diferite corespunzătoare celor două constante de timp, respectiv celor două inductivități diferite pentru δ_{\max} și δ_{\min} . Se va aprecia pe oscilograma pentru fiecare situație în parte, timpul de pornire ca fiind timpul scurs între inițierea creșterii curentului și părăsirea curbei exponențiale corespunzătoare întrefierului maxim δ_{\max} . Se va măsura și timpul de acționare.

Rezultatele se trec în tabelul 3 .

Tabelul 3

F_{rez}	δ	t_p	t_a	$t_d = t_a - t_p$
N	mm	ms	ms	ms
.				
.				
.				

3. Întrebări

1. Care sunt principalele forme constructive ale electromagneților de curent continuu?
2. Prezentați schema echivalentă a circuitului magnetic, punând în evidență fluxurile magnetice în diferite porțiuni ale circuitului.
3. Prezentați schemele magnetice echivalente serie pentru electromagnetul clapetă și cu plonjor.
4. Cum variază fluxul magnetic util al electromagnetului în funcție de întrefier.
5. Care sunt relațiile de calcul pentru forța dezvoltată de un electromagnet de curent continuu.
6. Care este alura caracteristicii statice a electromagnetului de curent continuu? Cum este influențată caracteristica statică de forma circuitului magnetic pentru o solenație constantă.
7. Bobina unui electromagnet de curent continuu are N spire din conductor de secțiune S. Cum poate fi modificată solenația?
8. Explicați regimul dinamic al electromagnetului de c.c. și prezentați calitativ evoluția în timp a curentului absorbit și a fluxului magnetic.
9. Care sunt mijloacele de creștere/micșorare a timpului de acționare la electromagneții de c. c.?
10. Explicați modificarea timpului de acționare în cazul prezenței pe miez a unor înfășurări suplimentare în scurtcircuit.

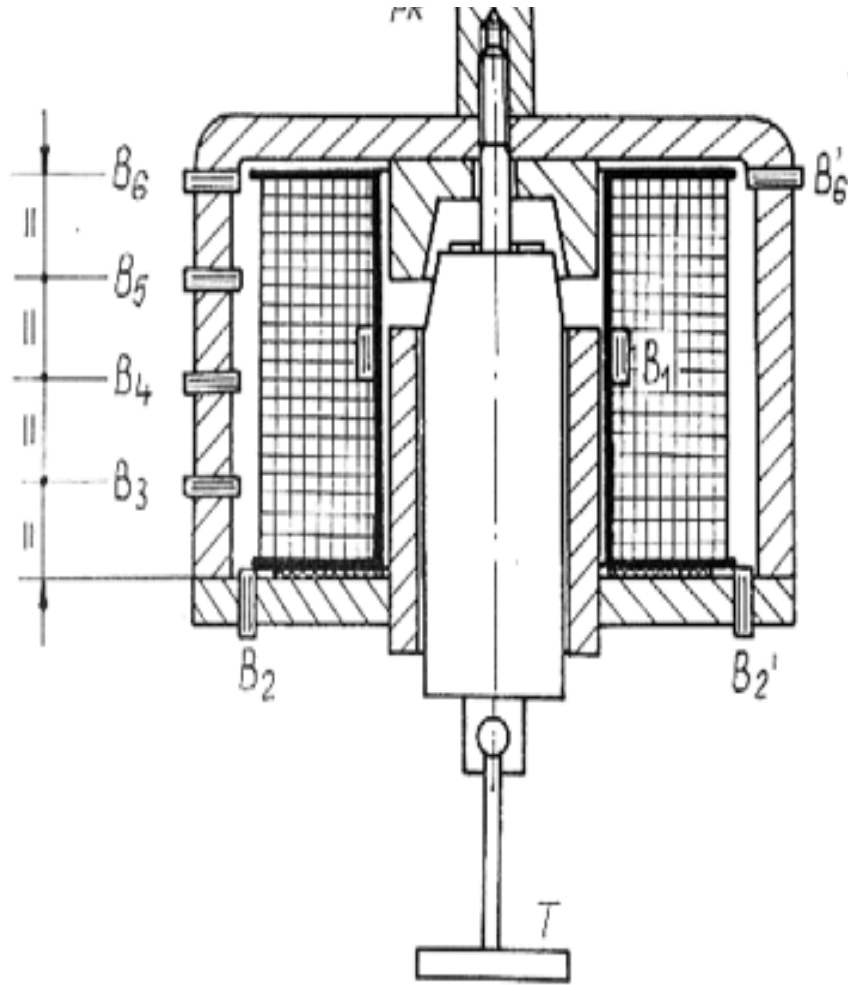


Fig. 1. Schița electromagnetului de c.c. cu indicarea amplasării bobinelor sondă

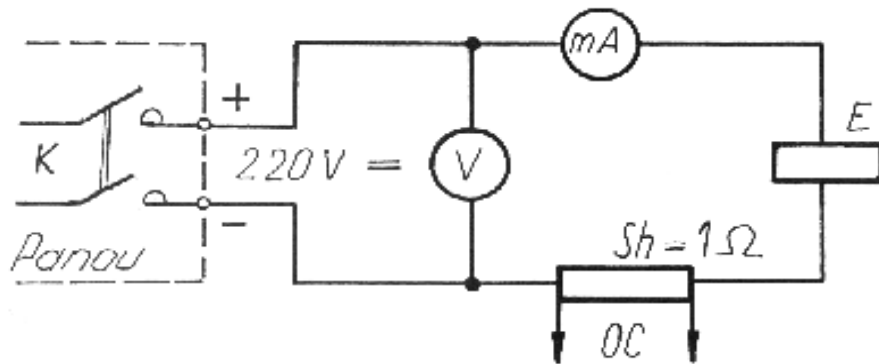


Fig. 2. Schema electrică de alimentare a bobinei electromagnetului

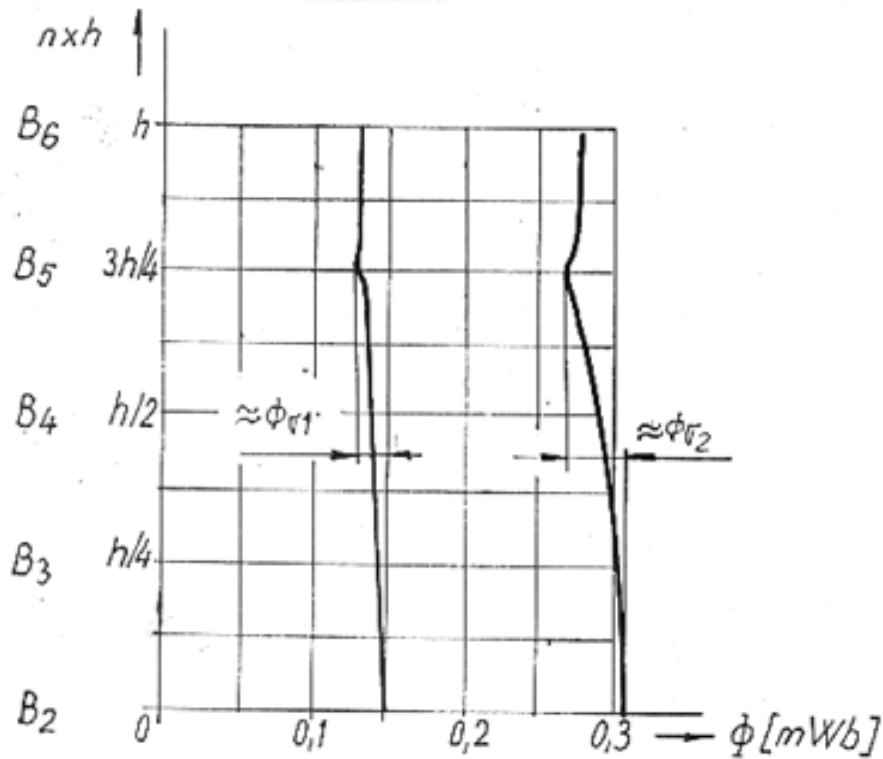


Fig. 3. Variația fluxului în lungul coloanei circuitului magnetic pentru electromagnetul din fig.1 la întrefier minim și maxim

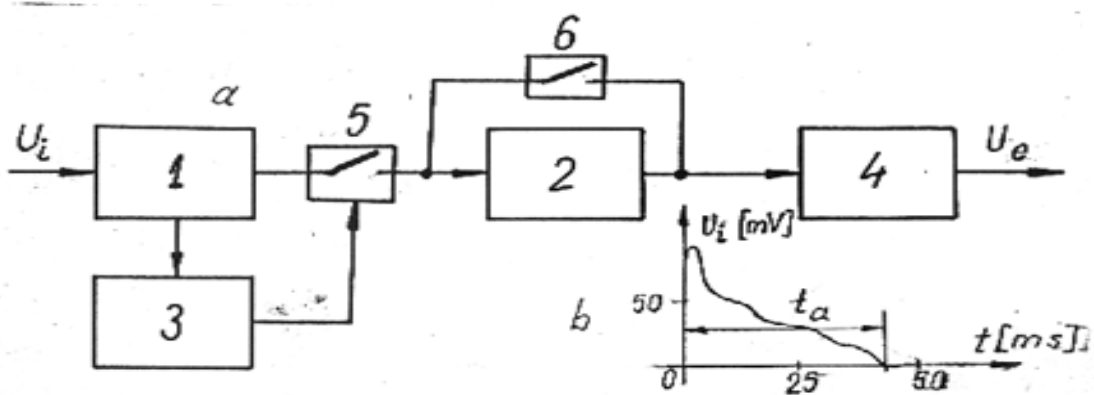


Fig. 4. Schema bloc a lanțului de măsură :

- a. 1 - amplificator
- 2 - integrator
- 3 - comparator de precizie
- 4 - circuit S-H
- 5 - comutator analogic
- b. Forma calitativă a semnalului de intrare în integrator

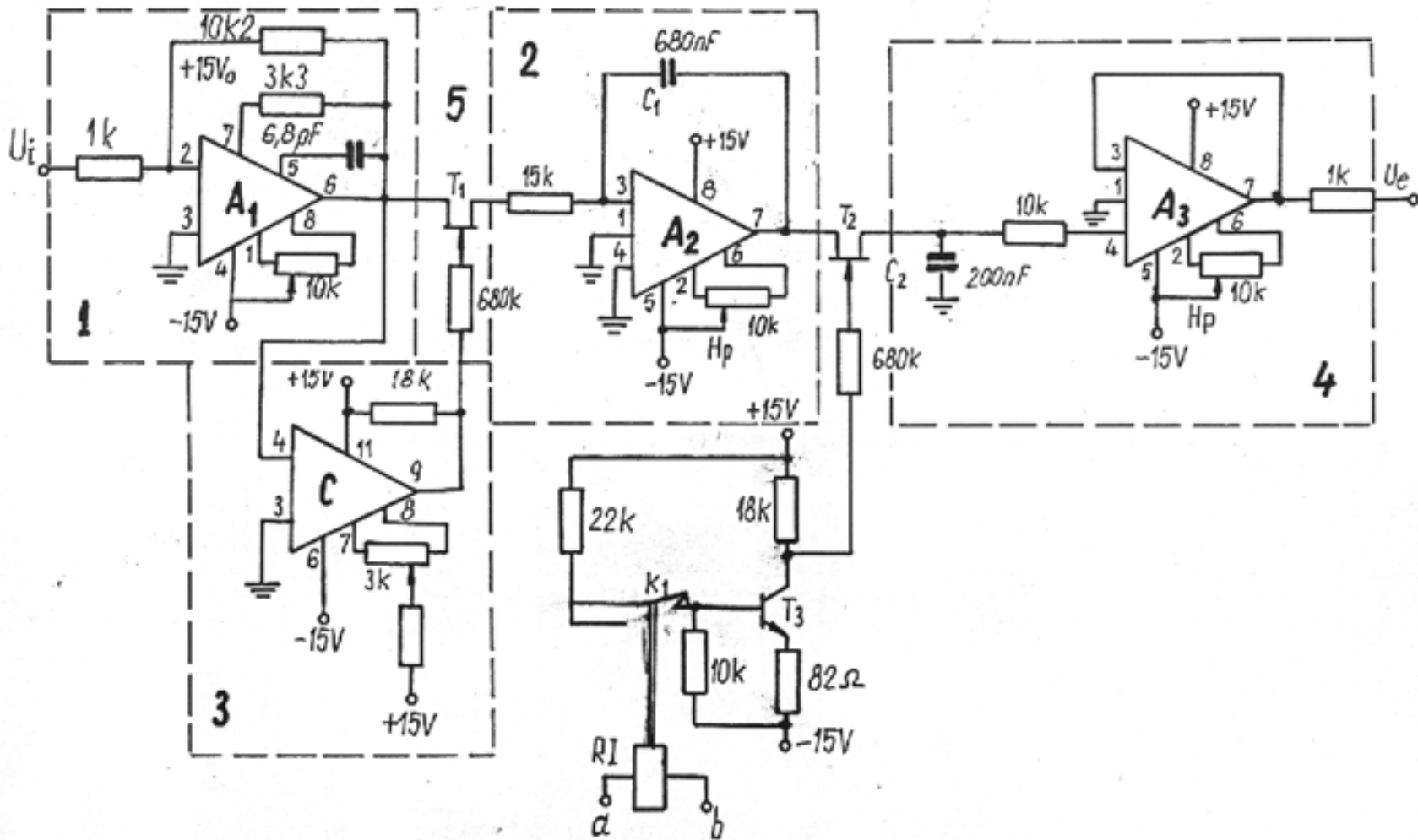


Fig. 5. Schema electrică a lanțului de măsură

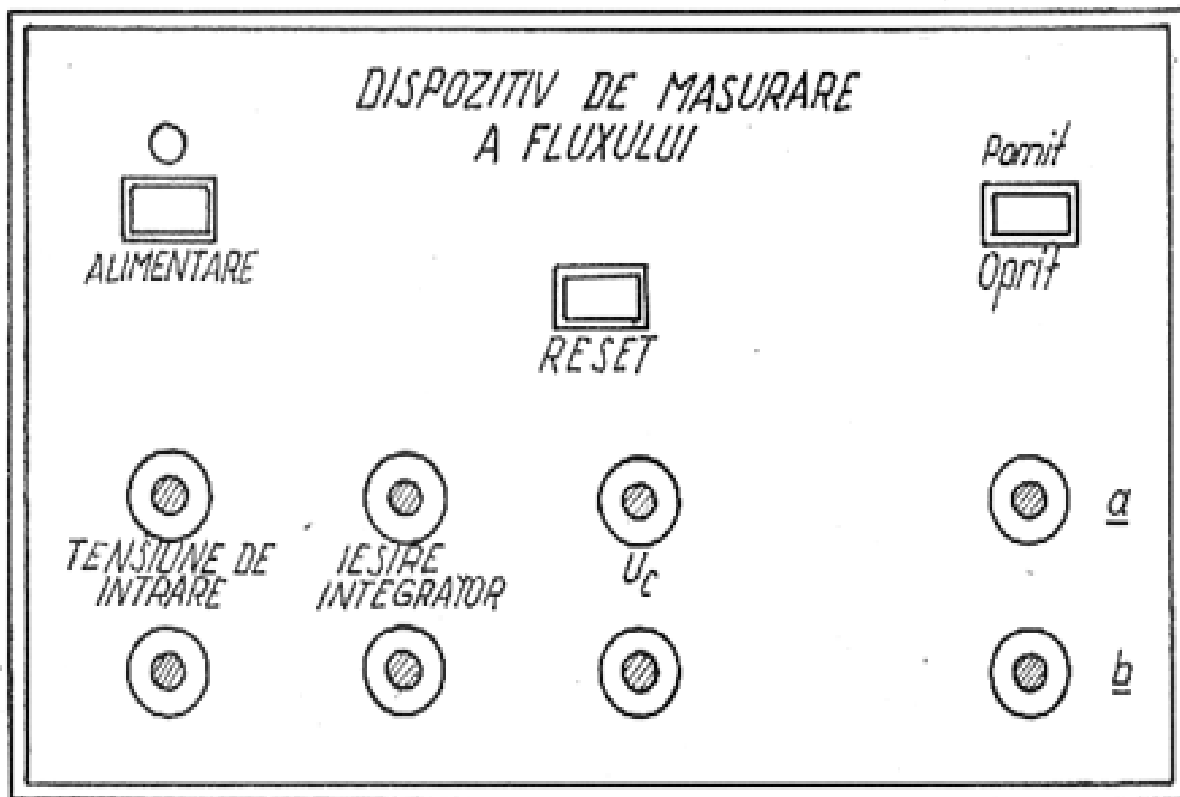


Fig. 6. Panoul frontal al integratorului

ALIMENTARE - buton de reținere pentru conectare la rețea și LED de semnalizare a existenței tensiunii de alimentare.

U_i - borne pentru aplicarea tensiunii de intrare în integrator

U_e - borne pentru măsurarea tensiunii de ieșire din integrator

RESET - buton cu revenire pentru aducerea la zero după efectuarea unei măsurători

PORNIT-OPRIT - buton cu reținere pentru măsurarea cu condiții inițiale diferite de zero.

U_c - borne pentru aplicarea unei tensiuni inițiale

a, b - borne pentru măsurarea cu comandă printr-un releu intermediar.

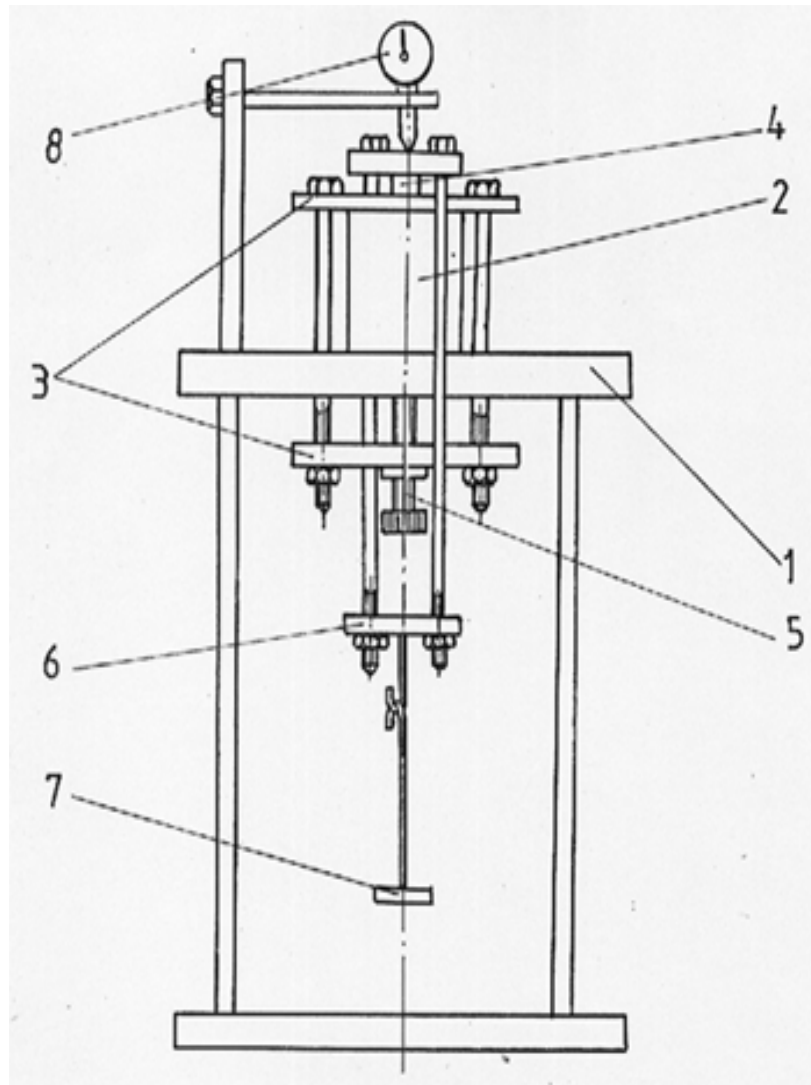


Fig. 7. Dispozitiv pentru determinarea caracteristicii statice

- 1 - masă suport
- 2 - electromagnet
- 3 - piesa pentru fixarea electromagnetului
- 4 - tija plonjorului
- 5 - șurub pentru reglarea întrefierului
- 6 - subansamblu pentru realizarea legăturii între plonjor și forța rezistentă
- 7 - taler pentru așezarea greutăților
- 8 - comparator pentru măsurarea întrefierului

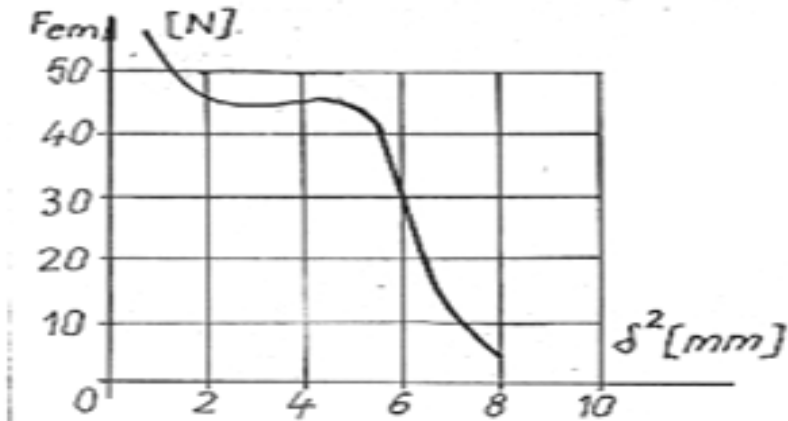


Fig. 8. Caracteristica statică a electromagnetului montat pe dispozitivul din figura 7.

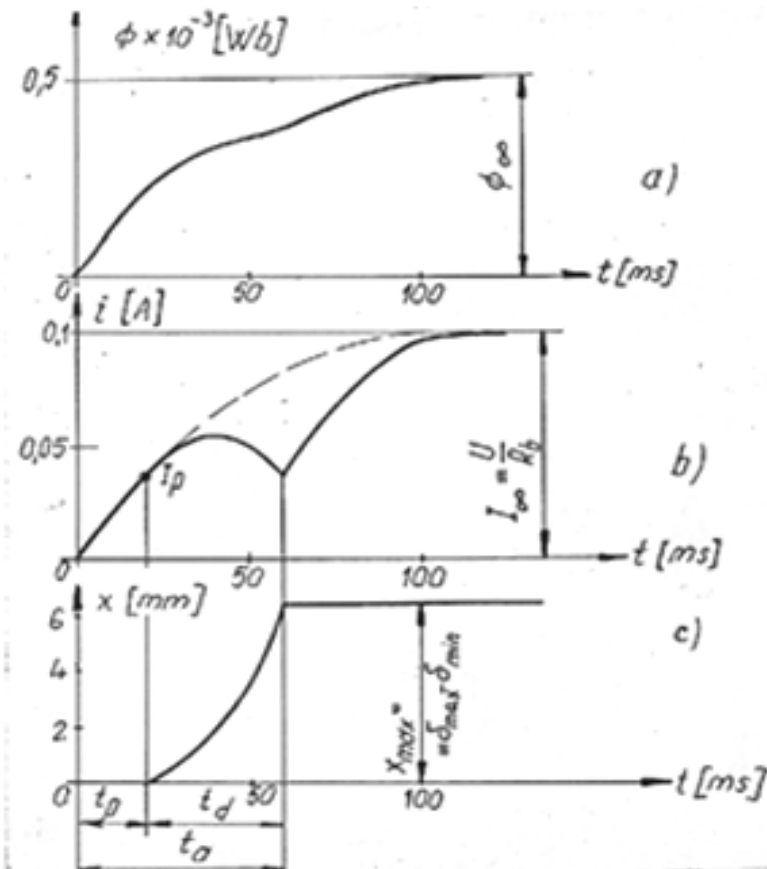


Fig. 9. Reprezentarea calitativă a mărimilor în regim dinamic:
 a) fluxul indus în circuit, măsurat în zona întrefierului;
 b) curentul absorbit de bobina de excitație;
 c) deplasarea armăturii mobile

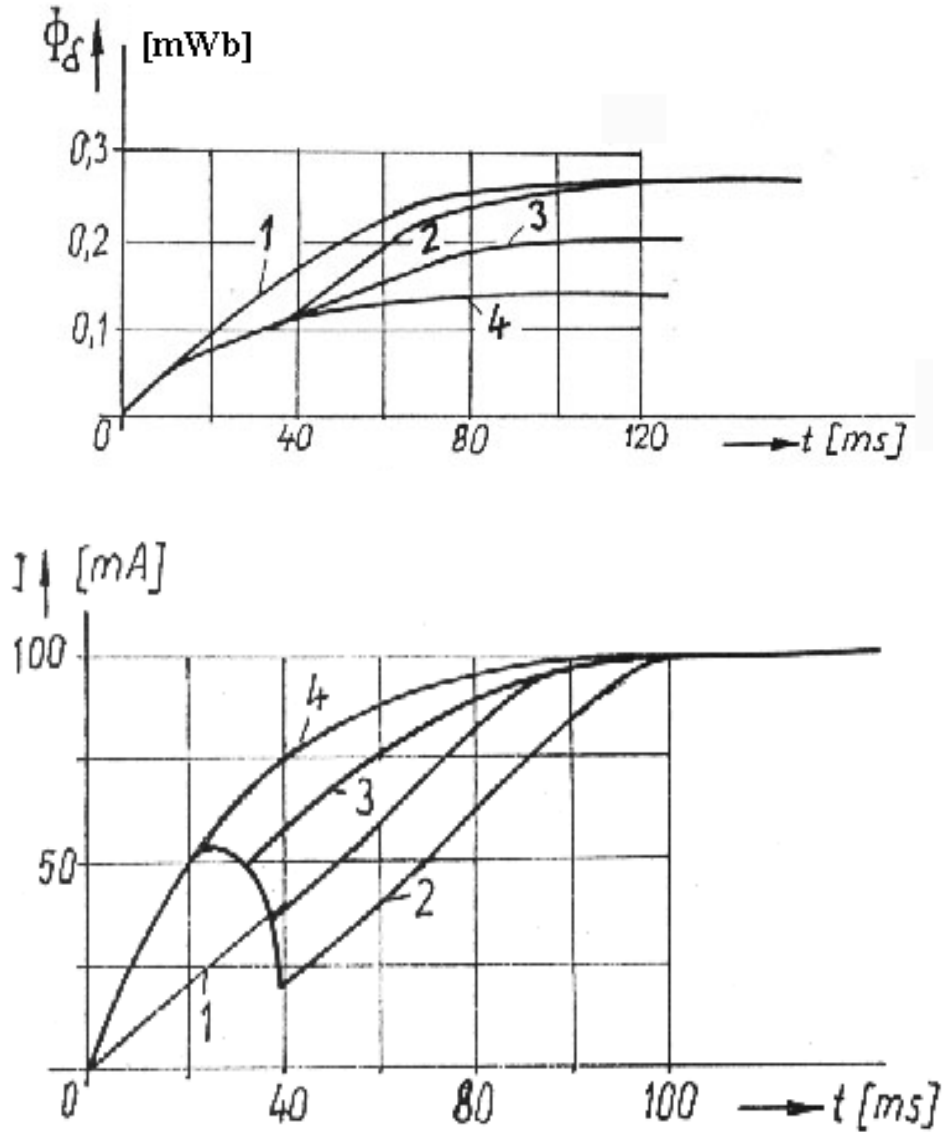


Fig. 10. Variația fluxului în întrefierul de lucru (a) și a curentului absorbit de bobină (b) la conectarea circuitului, pentru diferite curse ale plonjorului :

1. armătura imobilă la întrefier minim;
2. cursa minimă $\Delta x = \delta_{\max}$;
3. $\Delta x = \delta < \delta_{\max}$;
4. armătura imobilă la întrefier maxim $\Delta x =$

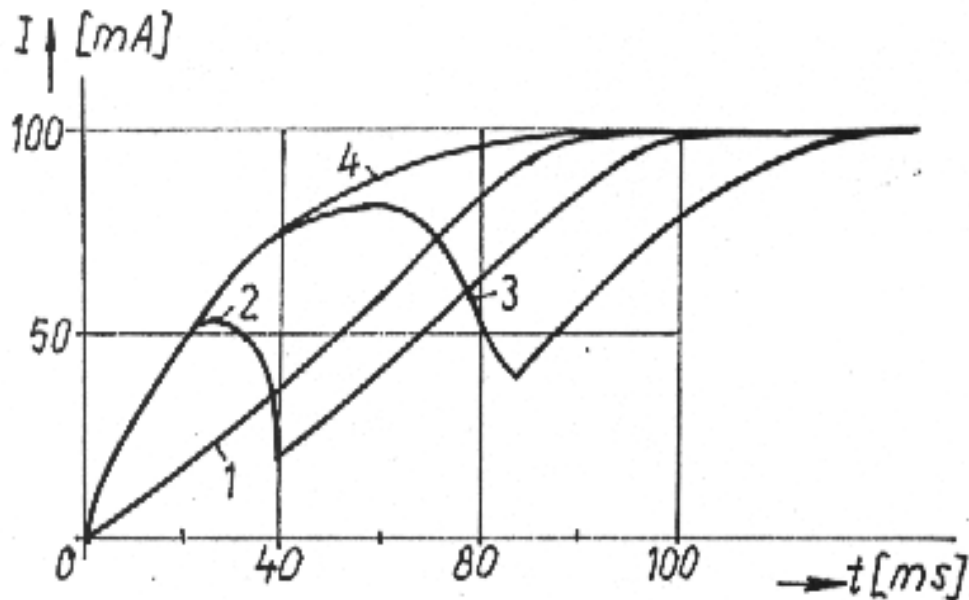
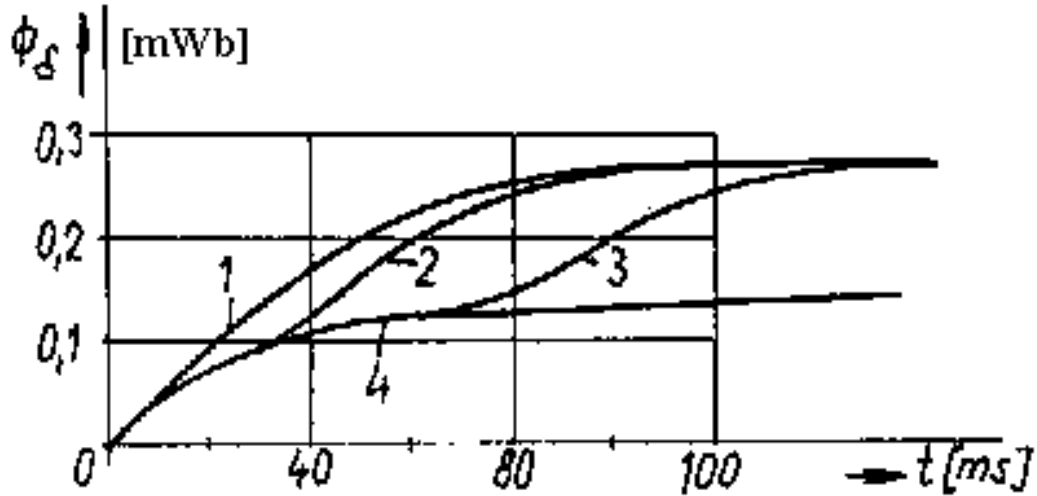


Fig. 11. Variația fluxului în întrefierul de lucru (a) și a curentului absorbit de bobină (b) la conectarea circuitului pentru diferite forțe rezistente :

1. armătura imobilă la întrefier minim ;
2. $F_{rez} = G_1$;
3. $F_{rez} = G_2 > G_1$;
4. $F_{rez} \gg F_{em}$ armătura imobilă la întrefier maxim.