

STUDIUL ÎNTRERUPTOARELOR DE MEDIE TENSIUNE CU ULEI PUȚIN ȘI A DISPOZITIVELOR DE ACȚIONARE AFERENTE

1. NOȚIUNI TEORETICE

1.1. Definiție

Întreruptorul este un aparat destinat comutării circuitelor electrice în regim normal și în avarie.

1.2 Parametrii nominali

- tensiunea nominală (U_n);
- curentul nominal (I_n);
- frecvența (50Hz, 60Hz);
- curentul de stabilitate termică (I_t , 1s);
- curentul de stabilitate dinamică (I_d);
- capacitatea de rupere nominală;
- valoarea componentei aperiodice (%);
- ciclul nominal de manevră;
- parametrii cinematici.

Nomenclatura și definițiile sunt conform STAS 5081-73 și STAS 3686-74.

Întreruptoarele cu ulei puțin sunt construite în game de tensiuni nominale (7,2; 12; 17,5; 24; 27,5; 35; 36) kV la medie tensiune și (72,5; 123; 220; 400) kV la înaltă tensiune.

1.3 Construcție

În construcția întreruptoarelor, uleiul are rolul de a asigura izolația între contacte în poziție deschisă și rolul de agent de stingere. Principiul de stingere al arcului electric este principiul expandării combinat cu principiul jetului de ulei proaspăt.

În acest context, energia arcului electric este parțial folosită la vaporizarea uleiului și la formarea unei presiuni de gaz (30-200 bar) în camera de stingere. Din cantitatea totală de gaze produse sub acțiunea arcului electric, 70% este H_2 , cu o conductivitate termică sporită, ceea ce permite extragerea de căldură din coloana de arc. Presiunea de suflaj creată este dependentă de valoarea curentului întrerupt și în concordanță cu un profil corespunzător al camerei de stingere produce stingerea arcului electric.

Construcția de ansamblu a întreruptorului cuprinde 3 compartimente:

a. carterul inferior ce conține mecanismul bielă-manivelă pentru acționarea tijei de contact mobil;

b. compartimentul de stingere al arcului electric ce cuprinde tulipa de contact superior și inferior, tija de contact mobil, camera de stingere;

c. carterul superior care conține compartimentul de detentă, supapa de evacuare a gazelor și compartimentul de egalizare a presiunilor, care este în legătură cu atmosfera prin intermediul unui orificiu calibrat. Întreruptoarele de înaltă tensiune satisfac cerințele de exploatare corespunzătoare, în special deconectării liniilor în gol.

Constructiv, se deosebesc de cele de medie tensiune prin prezența dispozitivului anticavitațional plasat în partea superioară a contactului mobil, necesar asigurării jetului de ulei proaspăt.

1.4 Acționarea întreruptoarelor

Întreruptoarele de medie tensiune utilizează mecanisme construite pe principiul acumulării de energie în resort, acumulare ce se face relativ lent, cedarea ei efectuându-se brusc.

În Fig. 1 este prezentată schema cinematică a unui astfel de mecanism tip MRI. Schema corespunde întreruptorului închis, dispozitiv de acționare armat. Tensionarea resortului 1 de închidere, într-o poziție care să asigure energia necesară închiderii contactelor și tensionarea

resortului de deschidere 24, se efectuează electric cu ajutorul servomotorului 2, care printr-un sistem de reducere 3 comandă rotirea axului 4 pe care se afla excentricul 4.1. Mișcarea de rotație a arborelui 4 se transformă într-o mișcare de translație oscilantă a pârghiei 4.2, antrenând clichetul 4.3 într-o mișcare de acroșare a dinților roții 5, cuplată rigid pe arborele motor A. Concomitent, printr-un sistem mecanic gen scripete, în jurul axului 6, are loc tensionarea resortului 1. Odată cu rotirea roții 5 are loc rotirea volantului 7 astfel încât, la depășirea punctului critic al roții 5, lanțul 5.1 se află în poziția corespunzătoare resortului tensionat la săgeata de lucru, rola 8 (rigid fixată de volantul 7) cade pe clichetul 9 zăvorând în această poziție arborele A. Prin intermediul pârghiei 10 și al microîntreruptorului 11 se întrerupe alimentarea servomotorului.

La o comandă de închidere dată prin electromagnetul 12, sau manual apăsând pe butonul 13, rola 14, aparținând sistemului de zăvorâre a resortului de închidere, alunecă sub clichetul 9 până când se eliberează de apăsarea acestuia; clichetul 9 se rotește în jurul axului 9.1, eliberând rola 8.1, ceea ce permite rotirea volantului 7 și a arborelui A, rotirea corespunzătoare mișcării contactelor spre poziția închis. Astfel, rotirea arborelui A va antrena și arborele rezistent B prin intermediul piesei 15 fixată rigid pe A, piesă ce va antrena grupul de role 15.3, 15.2, montate pe manivela 15.1 solidară cu arborele B.

Grupul de role se vor roti pe cama de ghidaj 16 până când rola 15.2 este blocată printr-un profil adecvat al camei 16, într-o poziție corespunzătoare poziției închis a contactelor întreruptorului.

Concomitent, prin manivela 17, solidară cu B, se tensionează resortul de deschidere 18. De menționat că, odată cu eliberarea rolei 8 este eliberată și pârghia 10 și se pune sub tensiune servomotorul, reluându-se operația de armare a resortului de închidere. La o comandă de deschidere dată prin electromagnetul 19, sau manual prin butonul 20, se acționează prin intermediul axului 21 asupra piesei "fluture" 22 care dezăvorăște cama de ghidaj 16 articulată în centrul fix 16.3. Rotirea acesteia se face sub acțiunea cuplului dat de resortul de deschidere, zăvorât până acum, de grupul de role 15.2 și 15.3. Eliberate astfel, grupul de role efectuează o mișcare de rotație cu 150° , în sens invers acelor de ceasornic ajungând din nou în poziția punctată.

De remarcat cuplajul elastic al celor doi arbori A și B, cuplajul cu liberă deschidere (există posibilitatea decuplării lor fără ca operația de închidere să se fi încheiat, dacă există condițiile efectuării comenzii de deschidere, de exemplu la închiderea pe scurtcircuit). Acest cuplaj elastic dă posibilitatea ca deschiderea întreruptorului și pregătirea dispozitivului de acționare pentru o nouă închidere să se efectueze independent și simultan. Grupul de came 23.1 și 23.2 cu rolele corespunzătoare, au rolul de a bloca comanda de detensionare a resoartelor de închidere, dacă întreruptorul este închis.

Comanda întreruptoarelor se mai poate realiza și cu dispozitive de acționare solenoidale sau pneumatice, iar cele de înaltă tensiune cu mecanisme oleo-pneumatice.

2. CHESTIUNI DE STUDIAT

2.1. Se vor studia și schița, toate tipurile de întreruptoare de înaltă și medie tensiune cu dispozitivele de acționare aferente existente în laborator, indicând : tipul constructiv, parametrii tehnici, schema cinematică.

2.2. Se va studia funcționarea dispozitivului MRI în concordanță cu schema cinematică prezentată la punctul 1.4.

2.3. Se vor determina caracteristicile cinematice ale întreruptorului tip IO-2500 A-12kV.

2.3.1. Se va ridica cursa contactului mobil funcție de timp, $x=f(t)$.

2.3.2. Se vor determina parametrii cinematici ai întreruptorului cu ajutorul graficului $x=f(t)$: cursa în contact, cursa totală, viteza de închidere, viteza de deschidere, respectiv timpul de închidere și deschidere. Se vor compara timpii determinați prin calcul cu cei mășurați cu ajutorul dispozitivului DMTI.

2.3.3. Se va determina nesimultaneitatea contactelor principale ale întreruptorului.

2.3.4. Se va verifica funcționarea întreruptorului prin declanșatorul de minimă tensiune, avându-se în vedere limitele admisibile ale tensiunii de alimentare, conform STAS 4195-70.

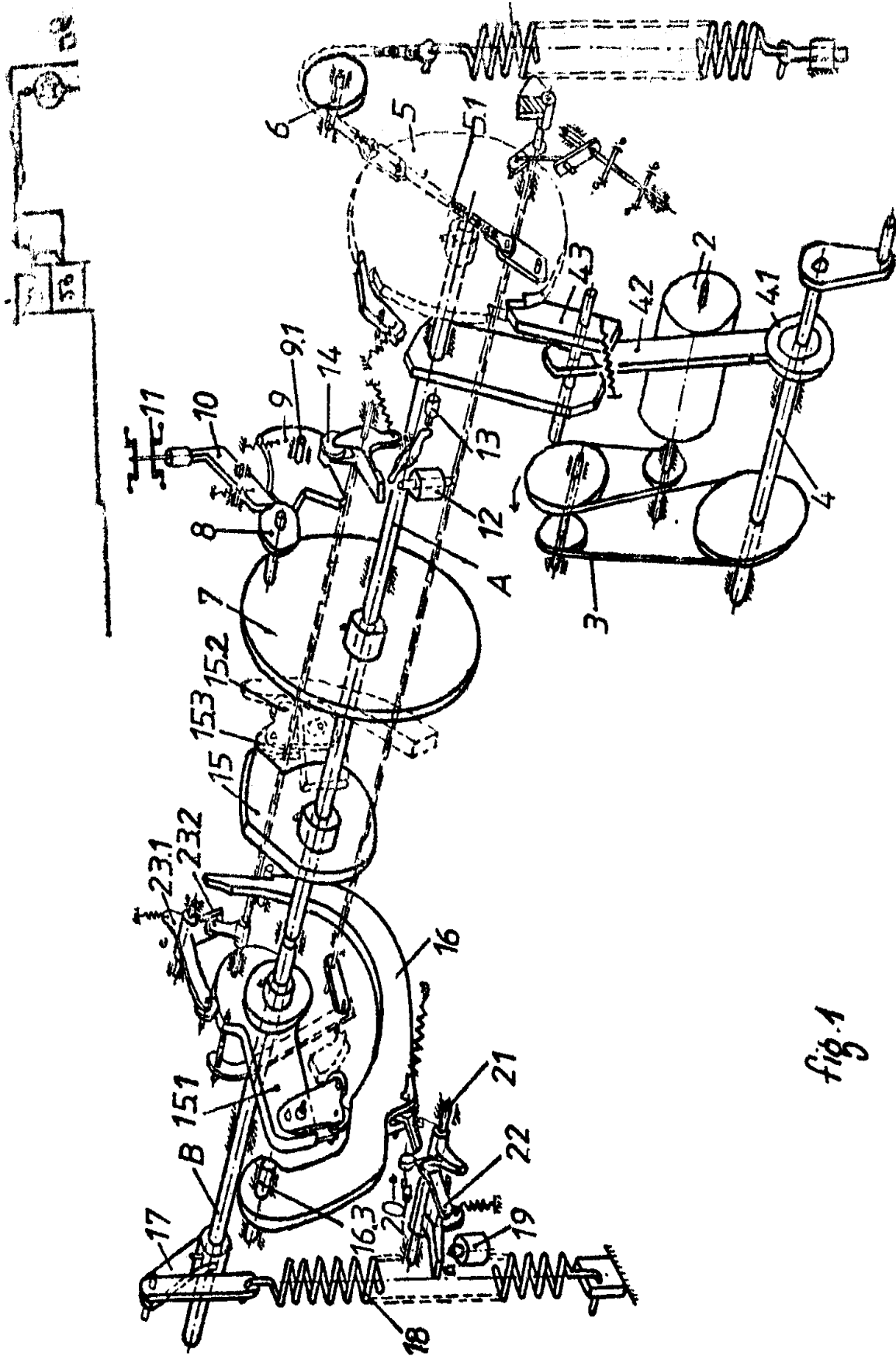


fig. 1

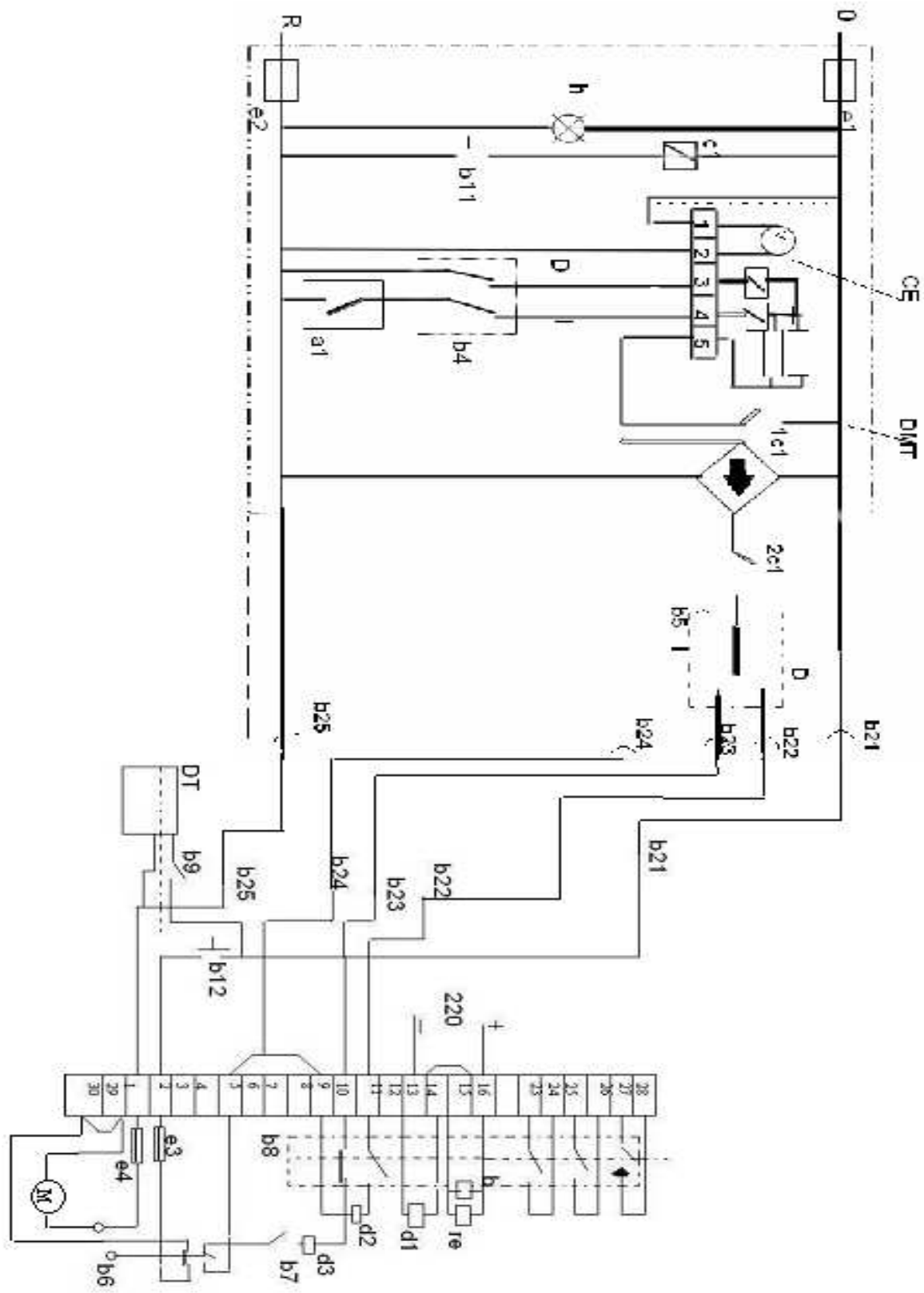


Fig.2

3. SCHEMELE DE LUCRU

Fig.1 reprezintă schema cinematică a dispozitivului de acționare tip MRI-3 (întreruptorul în poziția închis, dispozitiv de acționare în poziția armat pentru închidere).

Fig.2 reprezintă schema electrică a pupitrului de măsură a parametrilor cinematici ai întreruptorului.

Componența schemei este următoarea :

- CE- cronometru electric;
- $e_{1,2,3,4}$ -siguranțe fuzibile;
- h-lampa de semnalizare;
- c_1 - bobina contactorului (lc_1, lc_2 -contacte normal deschise);
- $b_{11}-b_{12}$ - butoane de pornire;
- a_1 - întreruptorul de putere studiat;
- b_4 - cheie de comandă cu două poziții și fără poziție de zero;
- b_5 - cheie de comandă cu două poziții și poziție de zero;
- $b_{21,22,23,24,25}$ - fișa de priză (efectuează legăturile electrice ale DMT cu schema electrică a întreruptorului);
- DMT- dispozitiv de măsură a timpilor de închidere și deschidere ai întreruptorului studiat;
- DT- dispozitiv de măsură cu tambur;
- $b_{3,7}$ - contacte microîntreruptor;
- b_8 - comutator CS-01 fabricație Elba Timișoara;
- d_1 - electromagnet de minimă tensiune;
- r_e -rezistență economizoare;
- $d_{2,3}$ - electromagnet de deschidere, respectiv de închidere;
- M_2 - servomotor pentru tensionarea resortului de închidere;
- b_6 - microîntreruptor tip I-4 fabricație Elba Timișoara;
- L- cleme de racord- (numerotarea acestora corespunde schemei electrice a mecanismului MRI elaborat de Elba Timișoara);
- b_9 - comutator;

Fig.3- schema necesară determinării nesimultaneității contactelor:

- $h_{1,2,3}$ - lămpi de semnalizare;
- E_1 - sursa de tensiune continuă: 4,5V;
- I, II- bornele exterioare ale întreruptorului;
- DT- dispozitiv de măsură cu tambur.

4. MODUL DE LUCRU

4.1. Tipurile constructive de întreruptoare aflate în laborator vor fi studiate în concordanță cu noțiunile teoretice expuse la 1. Schițele desenate vor indica principiul de stingere, de acționare și deosebirile caracteristice dintre diferitele modalități de acționare ale întreruptorului.

4.2. Se va însuși temeinic funcționarea mecanismului MRI, urmând ca în laborator să se identifice elementele componente.

Se vor efectua două manevre mecanice, avându-se în vedere normele de protecție a muncii.

4.3. Pentru determinarea caracteristicilor cinematice ale întreruptorului se va însuși temeinic, în prealabil, schema din fig.2, schemă executată deja în laborator.

Diagrama $x=f(t)$ va avea alura din fig.4, corespunzătoare cursei de închidere și deschidere, în care :

- H-cursa totală a întreruptorului;
- H_c - cursa în contact;
- H_l - cursa liberă;
- $R_{i,d}$ - rezerva de cursa la închidere, respectiv la deschidere (obținută prin decuplarea mecanismului de la întreruptor și realizarea manuală a operației de închidere, respectiv deschidere);
- $D_{i,d}$ - depășirea la închidere, respectiv deschidere, datorată vibrației contactelor.

Pentru ridicarea cu ajutorul DT a acestei caracteristici și pentru măsurarea timpilor se procedează astfel:

a. pentru cursa de închidere:

- se alimentează schema electrică de la panou;
- se trece b_5 pe poziția I, respectiv b_4 pe poziția I;
- se fixează hârtie pe tambur, avându-se în vedere sensul de rotire;
- se aduce cronometrul electric CE pe poziția zero;
- se armează resortul de închidere apăsând pe b_{12} (se va observa decuplarea automată a servomotorului de armare prin intermediul b_6);
- se rotește tamburul până când pe hârtie se înscrie o linie corespunzătoare poziției deschis a tije de contact mobil;
- concomitent se execută operațiile: se închide b_3 și se apasă pe b_{11} , menținându-se apăsat până la închiderea întreruptorului și închiderea cronometrului. Imediat se deschide b_3 ;
- se va nota pe tambur cursa de închidere și se va citi la cronometru timpul de închidere. Se rotește tamburul până se obține linia corespunzătoare poziției închis a tije de contact mobil.

b. pentru cursa de deschidere :

- se trece b_4, b_5 pe poziția D;
- se aduce cronometrul pe poziția zero;
- se închide b_3 și se apasă pe b_{11} menținându-se apăsat până la deschiderea întreruptorului și oprirea cronometrului. Imediat se deschide b_3 . Se va nota cursa de deschidere și se va citi la cronometru timpul de deschidere.

4.4. Pentru determinare nesimultaneității contactelor și implicit pentru determinarea curselor în contact ale celor trei poli ai întreruptorului, se va utiliza schema din fig.3.

În prealabil, se decuplează mecanismul de la întreruptor, efectuându-se încet, cu ajutorul unei pârghii metalice cursa de închidere, b_1 fiind închis. În momentul aprinderii fiecărei lămpi înseriate cu contactele principale, se rotește tamburul pentru a se obține linia corespunzătoare cursei în contact pentru fiecare pol. Se va nota în dreptul fiecăreia ordinea de aprindere și prin măsurătoare cu rigla se va determina cursa în contact.

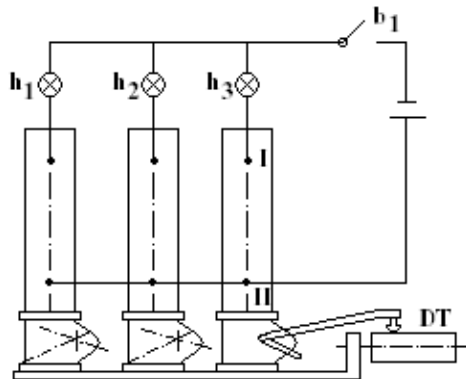


Fig.3

4.5. Se va desprinde hârtia de pe tambur, urmând a se efectua următoarele determinări:

- Se va etalona în unități de timp axa absciselor, ținând cont că:
 - diametrul tamburului $d=190\text{mm}$;
 - turația tamburului $n=250\text{rot./min}$.

Cu aceste date se determină că la 25mm corespund 10^{-2}s .

Întrucât interesează să se calculeze viteza tije mobile în momentul deschiderii contactelor respectiv închiderii contactelor, rezultă :

- pentru deschidere:
$$v_d = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{pctA_1} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{pctA_1} = \frac{\overline{B_1 C_1}}{A_1 B_1};$$

- pentru închidere:
$$v_i = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{pctA} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{pctA} = \frac{\overline{BC}}{AB}.$$

Astfel, pentru un pol, corespunzător punctului de intersecție dintre linia cursei în contact cu linia cursei de deschidere respectiv închidere, se măsoară spre stânga respectiv spre dreapta (vezi fig.4) 25 mm. Aplicând formula anterioară, rezultă :

$$v_d = \frac{B_1 C_1}{10^{-2}} \text{ [m/s]}; \quad v_i = \frac{BC}{10^{-2}} \text{ [m/s]}$$

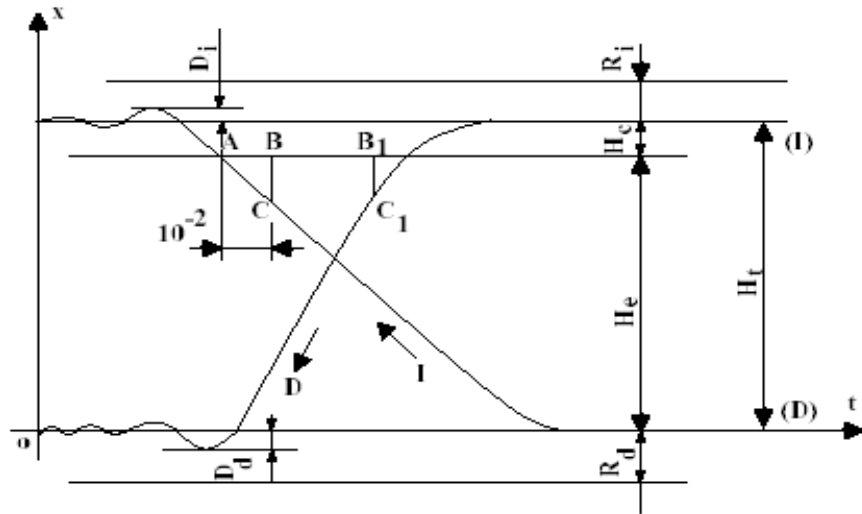


Fig.4

Observație. După efectuarea calculului și a măsurătorilor rezultatele se vor interpreta în concordanță cu nomenclatura din STAS 5081-73, avându-se în vedere deconectarea în gol respectiv în sarcina întreruptorului. Se vor compara rezultatele (timpii de închidere respective de deschidere), obținute de pe diagramă cu valorile măsurate cu DMT.

4.6. Pentru verificarea funcționării întreruptorului prin declanșator de minimă tensiune se au în vedere limitele admisibile de variație ale tensiunii de alimentare ale electromagneților de acționare, care conform STAS 4195-70 și CEI-56, sunt cuprinse între $(0,85-1,1) \cdot U_n$.

În aceste condiții, rolul declanșatorului de minimă tensiune este ca la $0,85 \cdot U_n$ sigur să rețină armatura mobilă, iar la $0,35 \cdot U_n$, sigur să elibereze armatură și să comande printr-un lanț cinematic, deconectarea întreruptorului.

Astfel, de la o sursă de tensiune continuă, reglabilă, se alimentează bornele 13,14 de la șirul de cleme, se crește tensiunea progresiv și continuu de la zero la valoarea la care armătura este atrasă.

Se verifică valoarea acestei tensiuni pentru a fi cuprinsă între limitele indicate de norme. Apoi, se scade lent valoarea tensiunii și se urmărește comportarea declanșatorului, se notează valoarea tensiunii la care armătura este eliberată și se verifică încadrarea în normă a acestei valori.

De asemenea se urmărește deconectarea întreruptorului. Rezistența economizatoare introdusă în schemă are rolul de a îmbunătăți factorul de revenire al declanșatorului.

Se calculează factorul de revenire :

$$K_r = \frac{U_r}{U_a}$$

U_a - valoarea tensiunii de acționare (tensiunea la care este eliberată armătura);

U_r - valoarea tensiunii de revenire (tensiunea la care este atrasă armătura).

Bibliografie

- [1] Hortopan, Gh., Aparate electrice, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1973.
- [2] Mathe, B., Curelaru, Al., Aparate electrice de înaltă tensiune montare, întreținere și exploatare, Ed. Tehnică, București, 1973.
- [3] Gheorghiu, N., Aparate și rețele electrice, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1971.
- [4] Suci, I., Bazele echipamentelor electrice, Ed. Facla, Timișoara, 1980.