

LUCRAREA NR. 13

STUDIUL ȘI VERIFICAREA ÎNTRERUPĂTOARELOR CU ULEI PUȚIN DE ÎNALTĂ TENSIUNE

13.1. Caracteristici constructive și funcționale. Parametri nominali

Întrerupătoarele de înaltă tensiune sunt echipamente de comutație capabile să stabilească, să suporte și să întrerupă curenții corespunzători atât regimurilor normale de sarcină cât și celor de defect (scurtcircuit), proprii funcționării instalațiilor de înaltă tensiune.

Întrerupătoarele suportă, pe durate nelimitate, curenți având intensitatea cel mult egală cu cea nominală, supracurenții (curenții de suprasarcină și de scurtcircuit) fiind menținuți doar pe durate limitate.

Principalii parametri nominali ai întrerupătoarelor de înaltă tensiune sunt:

1. Tensiunea nominală, [kV]. Reprezintă tensiunea de funcționare în regim nominal a echipamentului și corespunde valorii maxime de serviciu a tensiunii rețelei. Tensiunea nominală a întrerupătoarelor de înaltă tensiune fabricate și utilizate în România, are una din valorile: 123, 245, 420 kV (valoare efectivă, măsurată între faze);

2. Nivelul izolației nominal. Se exprimă prin valoarea tensiunii de ținere la undă normală de impuls de 1,2/5 μ s, la care se adaugă fie tensiunea de ținere la supratensiuni de frecvență industrială (pentru $1 \text{ kV} < U_n < 300 \text{ kV}$), fie tensiunea de ținere la undă normală de impuls 250/2500 μ s (pentru $U_n > 300 \text{ kV}$);

3. Curentul nominal în serviciu continuu. Are valorile limitate de temperaturile admisibile ale căilor de curent, stabilite pentru solicitarea termică de lungă durată. Intensitatea curentului nominal poate lua una din valorile: 400–630–800–1250–1600–2000–2500–3150–4000–5000–6000A.

Valorile nominale ale tensiunii și intensității curentului sunt date pentru frecvența nominală, care poate fi de 50 Hz sau de 60 Hz.

4. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit. Este definită ca valoarea maximă a intensității curentului de scurtcircuit pe care întrerupătorul îl poate întrerupe funcționând la tensiunea nominală și în condiții prescrise privind tensiunea tranzitorie de restabilire /1/.

Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit se exprimă prin două valori ale curentului de rupere, măsurate în momentul separării contactelor; valoarea efectivă a componentei periodice, I_{pr} , respectiv valoarea componentei aperiodice, considerată procentual, prin raportare la valoarea de vârf $\sqrt{2} \cdot I_{pr}$.

Aprecierea capacității de rupere la scurtcircuit se poate face și în funcție de puterea de rupere, S_{pr} , definită prin relația:

$$S_{pr} = \sqrt{3} U_n I_{pr} \quad (13.1)$$

U_n fiind tensiunea nominală.

Drept parametri ai unui întrerupător se consideră de asemenea capacitățile nominale de rupere privind întreruperea liniilor electrice aeriene și în cablu funcționând în gol, întreruperea în cazul discordanței de fază și întreruperea bateriilor de condensatoare.

5. Capacitatea nominală de închidere la scurtcircuit, i_c . Reprezintă valoarea de vârf maximă a curentului de scurtcircuit (curent de șoc) pe care întrerupătorul îl poate stabili fără sudarea contactelor, sau alte degradări mecanice.

Între capacitățile de închidere, respectiv rupere la scurtcircuit există relația:

$$i_1 = 2,5 \cdot I_{pr}. \quad (13.2)$$

Verificarea condiției privind capacitatea de închidere nominală la scurtcircuit coincide cu îndeplinirea condițiilor referitoare la stabilitatea electrodinamică a întrerupătorului /1/.

6. Durata admisibilă nominală de menținere a curentului de scurtcircuit. Precizează valoarea admisibilă a solicitării termice la scurtcircuit a întrerupătorului și reprezintă intervalul de timp în care căile de curent pot suporta un curent de scurtcircuit având intensitatea I_{pr} ; valorile standardizate ale acestei durate limitate de momentul atingerii temperaturii admisibile la scurtcircuit sun de 1 s și 3 s.

7. Secvența nominală de manevre. Reprezintă posibilitățile admise pentru acționarea întrerupătorului în caz de defect (scurtcircuit). Întrerupătoarele fabricate în România trebuie să execute, în general, următoarele secvențe de manevre:

- a) D– 180 s – ID– 180 s – ID, pentru întrerupătoarele ce nu funcționează în regim de reanclanșare automată rapidă (RAR);
- b) D – 03 s – ID – 180 s – ID (ID–15 s–ID), pentru întrerupătoarele ce urmează să funcționeze în ciclu RAR.

D reprezintă operația de deschidere, iar ID o operație de închidere, urmată imediat de deschiderea întrerupătorului.

8. Durata nominală de închidere. Este intervalul de timp dintre momentul în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare al întrerupătorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele de lucru ale întrerupătorului se închid, stabilind circuitele pe toți polii.

9. Durata nominală de deschidere. Este intervalul de timp dintre momentul în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare al întrerupătorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele întrerupătorului se separă, întrerupând circuitele la toți polii.

10. Durata nominală de întrerupere. Este intervalul de timp în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare atinge valoarea de lucru și sfârșitul circulației de curent la toți polii.

Durata nominală de întrerupere reprezintă suma dintre durata nominală de deschidere și durata arderii arcului electric de deconectare.

13.2. Întrerupătoare cu ulei puțin de înaltă tensiune de tip IO

Întrerupătoarele de înaltă tensiune de tip IO se caracterizează printr-un înalt grad de tipizare, întreaga serie ($U_n=123, 245, 420$ kV) având la bază o singură cameră de stingere modul cu parametrii: $U_n = 85$ kV, $I_n = 1600$ A, $I_{pr} = 31,5$ kA.

Stingerea arcului electric în camera modul se obține pe seama vaporizării uleiului, deionizarea coloanei arcului fiind obținută sub acțiunea suflajului combinat, longitudinal și transversal, produs de curenți turbulenți de ulei și vapori de ulei.

La deconectare, prin deplasarea tijei 1 a contactului mobil, figura 13.1, extremitățile arcului electric sunt preluate de inelul 3, respectiv de vârful tijei 1, ambele confecționate din aliaj Cu–W, rezistent la uzură electrică.

Alungirea arcului electric în camera de stingere conduce la expandarea uleiului, proces care inițiază un autosuflaj longitudinal intens de gaze și vapori de ulei, dirijat în sens contrar deplasării tijei contactului mobil; acești compuși părăsesc volumul uleiului, trecând prin jiclorul de eșapare 5 în camera de detentă 6, incintă în care gazele se răcesc, parțial fiind eșapate în atmosferă, iar vaporii condensează; uleiul rezultat este recirculat prin valva cu sens unic 7 în camera de stingere.

După ce contactul mobil 1 eliberează orificiile transversale 13, prin acestea se produce detenta gazelor ce însoțesc arcul electric, presiunea scăzând brusc; drept urmare are loc expandarea uleiului reținut în nișele circulare 14, arcul electric fiind supus astfel unui suflaj transversal de curenți turbulenți conținând ulei și vapori, sub acțiunea cărora se obține stingerea definitivă.

Întrerupătoarele de înaltă tensiune tip IO sunt prevăzute cu piston diferențial anticavitație (fenomenul de cavitație constă în formarea unei pungi vidate în urma tije contactului mobil, care împiedică accesul uleiului la extremitatea arcului). Dispozitivul anticavitațional, figura 13.1 este constituit din pistonul 12 care, sub acțiunea resortului 11, urmărește pe o cursă limitată deplasarea tije 1 a contactului mobil, injectând ulei la extremitatea arcului electric.

Camerele de stingere modul sunt susținute de către ansamblul mecanism, figura 13.2, aflat în construcția întrerupătorului. Acest ansamblu bloc conține un mecanism bielă-manivelă 9, care transmite mișcarea de la dispozitivul cu dublu efect 2, la tija 1 a contactului mobil și un mecanism de zăvorâre, prevăzut cu resortul tubular 4. La sfârșitul cursei de deschidere, mișcarea tije 1 este frânată de amortizorul 7. Celelalte notații au următoarele semnificații: 3, 5- bușoane de umplere, respectiv golire, 6- carter, 8- vizor striat, 10- tijă de ghidare.

Ansamblul mecanism, împreună cu camerele de stingere sunt susținute de coloanele electroizolante care realizează izolația corespunzătoare față de pământ. Gama întrerupătoarelor tip IO de înaltă tensiune se obține prin conectarea în serie a unui număr convenabil de camere de stingere modul, izolația față de pământ asigurându-se prin coloanele electroizolante, de asemenea tip modul.

Astfel, pentru întrerupătorul de 123 kV, figura 13.3a, sunt utilizate camerele de stingere 1, 2, având contactele înseriate și prevăzute cu bornele de racord 3; izolația față de pământ este asigurată prin coloana electroizolantă 4, cu 5 fiind notat mecanismul de acționare cu comandă oleopneumatică. În figurile 13.3b și 13.3c sunt reprezentate grafic construcțiile corespunzătoare unui pol pentru întrerupătoarele IO-245 kV/1600 A (cu patru camere de stingere și tot atâtea locuri de întrerupere pe pol), respectiv IO-240kV/1600A, având șase camere modul înseriate; notațiile au specificațiile de la figura 13.3a. În paralel cu camerele modul se conectează condensatoare, cu rol de uniformizare a căderilor de tensiune pe acestea, în diferite regimuri de funcționare.

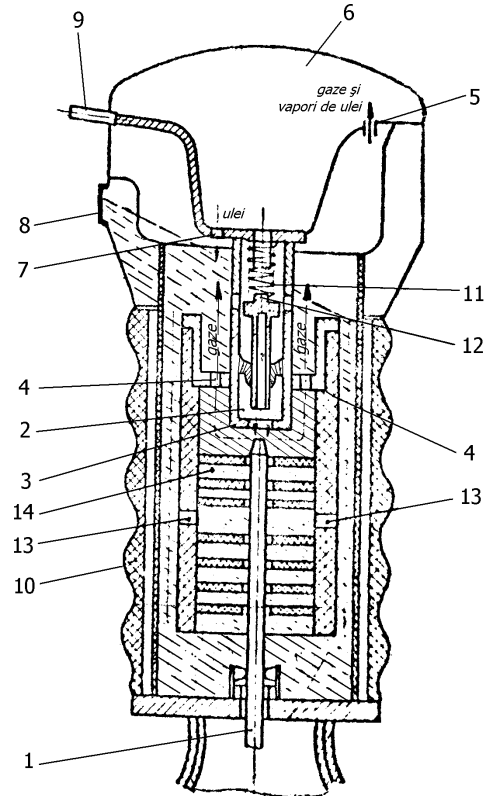


Fig. 13.1: Secțiune prin camera de stingere a întrerupătorului cu ulei puțin de înaltă tensiune tip IO.

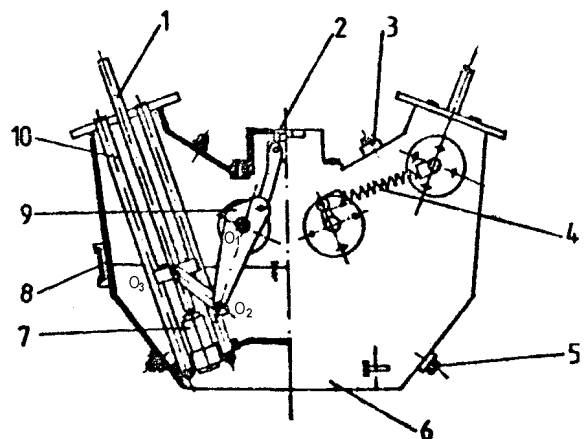


Fig. 13.2: Ansamblul mecanism de acționare al întrerupătoarelor de înaltă tensiune tip IO.

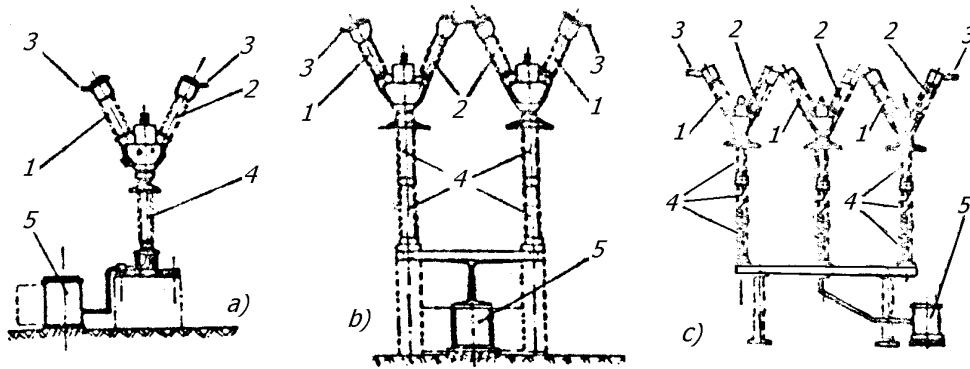


Fig. 13.3: Gama întrerupătoarelor de înaltă tensiune tip IO.

13.3. Mecanismul de acționare oleopneumatic MOP-1

La întrerupătoarele de înaltă tensiune tip IO, contactul mobil trebuie să efectueze curse mari pe durate scurte; mecanismele oleopneumatice sunt capabile să satisfacă aceste cerințe, dispunând de o energie acumulată mare (9,8 kJ), ce poate fi eliberată rapid.

Mecanismul MOP-1 este un dispozitiv de acționare cu acumulare de energie în azot comprimat care, odată eliberată, se transmite pe cale hidraulică mecanismului cu piston cu dublu efect, montat pe polul întrerupătorului.

După funcția îndeplinită, părțile componente ale mecanismului MOP-1 se împart în dispozitive hidraulice, respectiv electrice (de comandă).

Acumulatorul de energie, figura 13.4 este constituit din cilindrul 10 în care se deplasează pistonul liber 12, având rolul de a separa uleiul din partea inferioară de azotul sub presiune, aflat în partea superioară.

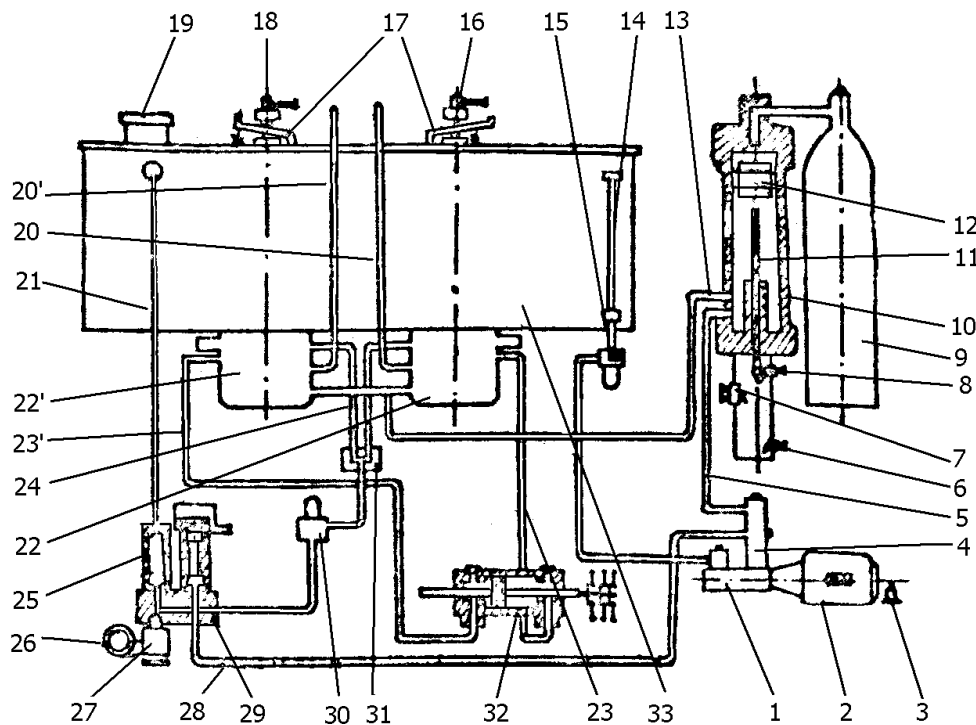


Fig. 13.4: Sistemul oleopneumatic de acționare a întrerupătoarelor de î.t.

Azotul este înmagazinat în butelia 9, la o presiune de precomprimare de 240 at. Tija pistonului 11, în funcție de poziția sa, acționează micro-întrerupătoarele 6 (blocaj la deschidere, CB_d), 7 (blocaj la închidere, CB_i) sau 8 (pornirea pompei). Motorul asincron 2 acționează pompa de înaltă presiune 1, care, prin filtrul 15, absoarbe uleiul din rezervorul 33 și îl trimite sub presiune, prin supapa 4 și conducta 5, la cilindrul 10 al acumulatorului, respectiv prin conducta 28, la blocul distribuitor. De la acumulator uleiul ajunge, prin conducta 15, la valvele de comandă 22, 22'. Blocul distribuitor susține presostatul 29, care prin contactele sale electrice blochează comanda de acționare a întrerupătorului dacă presiunea uleiului este sub 270 at la închidere și 255 at la deschidere.

Blocul de control 27 permite descărcarea uleiului printr-un robinet și urmărirea valorilor presiunii înalte, pe manometrul 26.

Supapa de siguranță 25, racordată prin conducta 21, are rol de protecție la suprapresiune; este reglată pentru acționarea la valori ale presiunii de 335 at / 390 at la închidere/deschidere.

Reductorul de presiune 30 are rolul de a menține în conductele din avalul valvelor 22, 22' o presiune de $1 \div 2,5$ at, pentru a împiedica pătrunderea aerului în această parte a instalației.

Poziția închis-deschis a întrerupătorului este semnalizată cu ajutorul pistonului imagine din cilindrul 32, racordat la instalație prin conductele 23, 23'.

Tubul transparent 14 permite urmărirea nivelului uleiului, care poate fi completat prin bușonul 19.

Comanda valvelor de închidere-deschidere 22, 22' se face sub acțiunea pârghiilor 17, ale electrovalvelor 16, 18; sub acțiunea unei astfel de comenzi, uleiul sub presiune este trimis la instalațiile de execuție montate pe întrerupător, urmând traseul uneia din conductele 20, 20'.

13.4. Programul lucrării

13.4.1. Studiul construcției întrerupătoarelor de înaltă tensiune cu ulei puțin

Se studiază construcția și funcționarea întrerupătoarelor existente la lucrare, identificându-se elementele componente ale căilor de curent, dispozitivelor de stingere a arcului electric și ale mecanismului de acționare. Se notează tipul și parametrii nominali ai întrerupătoarele studiate.

13.4.2. Măsurarea rezistenței de izolație a pieselor din circuitul principal de înaltă tensiune

Proba se execută cu ajutorul unui megohmmetru de 2,5 kV sau 5 kV, care are limita maximă a scalei de măsurat mai mare de 10^4 M Ω . Rezistența de izolație a cordoanelor trebuie să fie mai mare decât domeniul maxim de măsurare al megohmmetrului.

Măsurările se efectuează pentru fiecare pol în parte, după cum urmează:

- cu întrerupătorul deschis, se măsoară rezistența de izolație între contacte, pe fiecare cameră de stingere, figura 13.5a;
- cu întrerupătorul închis, se măsoară rezistența de izolație între calea de curent și pământ, figura 13.5b.

Valorile minime ale rezistenței de izolație, citite la un minut de la aplicarea tensiunii, trebuie să le depășească pe cele precizate în tabelul 13.1.

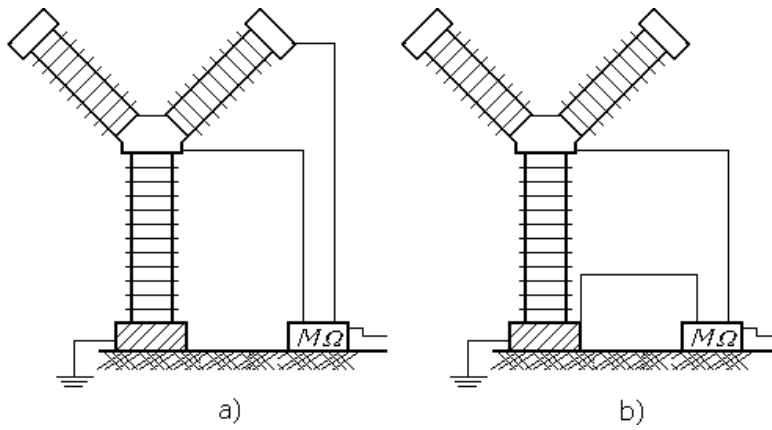


Fig. 13.5: Montaj pentru măsurarea rezistenței de izolație.

Tabelul 13.1

Întreprător tip, $U_n = \dots\dots\dots$ [kV],				
$I_n = \dots\dots\dots$ [A]				
Rezistența de izolație, [kΩ]				
	Valorile măsurate			Valoarea minimă admisă în exploatare
	Faza R	Faza S	Faza T	
Între contacte				5000
Față de pământ				10000

13.4.3. Măsurarea rezistenței pe pol

Rezistența pe pol se măsoară prin metoda voltmetrului și ampermetrului, cu calea de curent parcursă de un curent continuu având intensitatea I_c , unde $100 \text{ A} \leq I_c \leq I_n$, I_n fiind intensitatea curentului nominal.

Utilizând montajul din figura 13.6, pentru rezistența pe pol se obține:

$$R_p = \frac{U_p [V]}{I_c [A]} \quad [\Omega] \tag{13.3}$$

Valorile măsurate nu trebuie să depășească cu mai mult de 50% pe cele de referință./2/

Cunoscând valoarea rezistenței R_p pe calea de curent, se determină pierderile de putere activă în regim permanent nominal pe un pol:

$$P_c = R_p \cdot I_n^2, \quad [W] \tag{13.4}$$

I_n fiind intensitatea curentului nominal al întreprătorului.

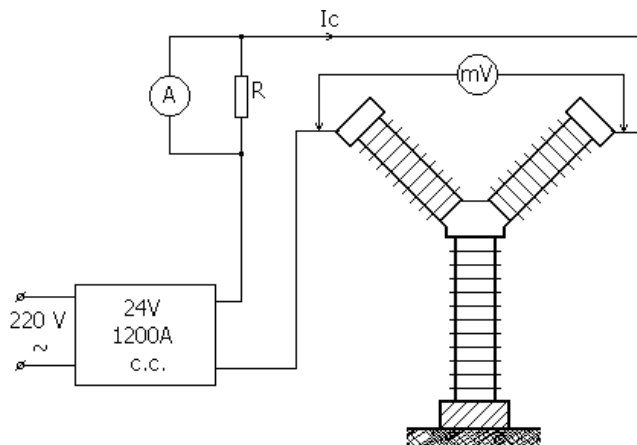


Fig. 13.6: Montaj pentru măsurarea rezistenței pe pol.

13.4.4. Studiul construcției și funcționării mecanismului de acționare

Se identifică tipul mecanismului de acționare și se studiază construcția acestuia insistându-se în cunoașterea elementelor componente și a modului în care acestea intervin în funcționare.

Se urmărește înțelegerea funcționării mecanismului la comenzile operative de închidere-deschidere precum și în cazul intervenției unor elemente de protecție proprii.

13.4.5. Măsurarea nesimultaneității atingerii și separării

Proba se execută pentru contactele aceluiași pol, cu ajutorul dispozitivului TVS-01, conectat după schema electrică din figura 13.7.

Valorile măsurate pentru duratele de nesimultaneitate, în trei cicluri de acționare a întrerupătorului, se compară cu cele maxime admisibile, /3/; cu datele obținute se completează tabelul 13.2.

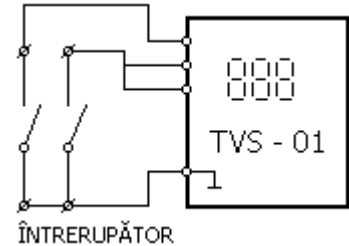


Fig.13.7.

Tabelul 13.2.

Întrerupător tip, $f_T =$ [kHz]						
Nr. probă	Nesimultaneitatea închiderii-deschiderii contactelor aceluiași pol, [ms]					
	Închidere			Deschidere		
	Valori măsurate		Valoarea maximă admisibilă	Valori măsurate		Valoarea maximă admisibilă
	N	Δt		N	Δt	
1			5			2
2			5			2
3			5			2

În exploatare se efectuează și măsurarea nesimultaneității atingerii și separării contactelor între polii întrerupătorului, pentru care se admit valorile maxime de 7 ms, respectiv 5 ms, /3/.

13.5. Conținutul referatului.

- 1) Schemele electrice ale montajelor utilizate pentru încercări.
- 2) Tabelele de date completate.
- 3) Rezultatele măsurării rezistenței de contact.

13.6. Bibliografie

- /1/ Gheorghiu Ioan, Popa Sorin Eugen, Puiu-Berizintu Mihai, "Echipamente electrice pentru centrale, stații și posturi de transformare", Ed. Tehnica-Info Chișinău, 2003.
- /2/ Ionescu A. A., Tomescu I., Verificarea aparatului primar din stații electrice și posturi de transformare. Ed. Tehnică București, 1983.
- /3/ Baraboi A. Echipamente electrice, curs. Institutul Politehnic Iași, 1989, p.34-38, 106, 327-329.
- /4/ *** Carte tehnică IOTM-123 kV, Electroputere Craiova, 1986.