



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA
din TIMIȘOARA
Facultatea de Electrotehnică

ing. IACOB BLAGU

**CONTRIBUȚII PRIVIND
MONITORIZAREA PARAMETRILOR
FUNCȚIONALI AI ECHIPAMENTELOR
ELECTROENERGETICE DINTR-O
STAȚIE DE TRANSFORMARE**

TEZĂ DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
prof. dr. ing. ALEXANDRU VASILIEVICI

Timișoara
2003

Cuvânt înainte

Prezenta lucrare a fost elaborată având ca punct de plecare preocupările mele de-a lungul carierei profesionale.

Pe parcursul elaborării tezei, un ajutor deosebit am primit din partea colegilor de serviciu și al colectivului catedrei de electroenergetică de la UNIVERSITATEA “POLITEHNICA” din TIMIȘOARA, Facultatea de Electrotehnică.

Un sprijin deosebit la elaborarea lucrării am primit din partea conducătorului științific prof. dr. ing. Alexandru Vasilevici.

O contribuție deosebită la structurarea referatelor de sinteză și a tezei finale a avut prof. dr. ing. Iuliu Delesega.

Un aport deosebit au avut drd. ing. Dorel Stănescu de la SC Electrica SA-SDEE Sibiu pentru partea de automate programabile precum și dr.ing. George Curcanu și fiz. Ion Manea de la ICMET Craiova pentru partea de probe și măsurători experimentale.

Țin să menționez contribuția dr. ing. Stelian Gal pentru impulsul inițial și sprijinul ulterior.

Tuturor celor amintiți și celorlalți care m-au sprijinit și m-au ajutat țin să le mulțumesc și să le exprim toată recunoștința mea.

Dedic această lucrare fiului meu, Robert.

Iacob Blagu

CUPRINS

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE	3
1.1. Generalități	3
1.2. Obiectivele și actualitatea temei	3
1.3. Structura tezei	3
1.4. Realizarea și oportunitatea tezei	4
CAPITOLUL 2. MENTENANȚA, DIAGNOSTICAREA ȘI MONITORIZAREA ECHIPAMENTELOR	5
2.1. Noțiuni legate de calitatea energiei	5
2.2. Mentenanța – definiții și strategii	7
2.3. Defectarea	11
2.4. Disponibilitate	14
2.5. Metode de diagnosticare	16
2.6. Monitorizarea echipamentelor	17
2.6.1. Conceptele unui sistem de monitorizare	17
2.6.2. Propunere de sistem de monitorizare a stațiilor de transformare	21
2.6.3. Evaluarea efectelor monitorizării	23
2.7. Contribuții personale și originale	25
CAPITOLUL 3. COMPORTAREA LA DEFECTARE A ANSAMBLULUI IO-110 kV ȘI MOP-1	27
3.1. Prezentare generală a ansamblului IO-110 kV și MOP-1	27
3.1.1. Întreruptorul IO-110 kV	27
3.1.2. Mecanismul de acționare oleopneumatic MOP-1	29
3.2. Caracteristici tehnice	30
3.3. Analiza statistică defectelor ansamblului IO-110 kV și MOP-1 din gestiunea S.C. ELECTRICA S.A. Sibiu	32
3.4. Încercări la duranță ale întreruptorului IO-110 kV/1600A	36
3.5. Contribuții personale și originale	49
CAPITOLUL 4. SISTEME DE MONITORIZARE A ANSAMBLULUI IO-110 kV ȘI MOP-1	50
4.1. Parametri și tehnicile de diagnosticare	50
4.1.1. Parametri urmăriți la IO-110 kV	52
4.1.2. Parametri urmăriți la MOP-1	53
4.1.3. Aprecieri asupra supravegherii ansamblului IO-110 kV și MOP-1	54
4.2. Sisteme de monitorizare pretabile pentru ansamblul IO-110 kV și MOP-1	56
4.2.1. Sistem de monitorizare a stării întreruptoarelor de ÎT din stații prin înregistrări acustice	56
4.2.2. Sistem de monitorizare on-line a parametrilor ansamblului IO-110 kV și MOP-1	57
4.2.3. Sistem de monitorizare off-line a parametrilor IO-110 kV și MOP-1	58
4.2.4. Sistem de monitorizare on-line a dispozitivului MOP	59
4.2.5. Microsistem de monitorizare on-line a dispozitivului MOP	61
4.2.6. Sistem pentru determinarea on-line a stării de uzură a întreruptorului IO-110 kV	62
4.2.7. Sistem de monitorizare on-line a parametrilor MOP-1 și a gradului de uzură a IO-110 kV	62
4.2.8. Instalație pentru monitorizarea off-line a parametrilor IO-110 kV și MOP-1	68
4.3. Traductoare și interfețe specifice pentru monitorizare	70
4.3.1. Traductoare	70
4.3.2. Interfețe de proces	84
4.4. Contribuții personale și originale	101

CAPITOLUL 5. DIAGNOSTICAREA STĂRII ÎNTRERUPTOARELOR ȘI A DISPOZITIVELOR DE ACȚIONARE	102
5.1. Diagnosticarea stării întreruptoarelor	102
5.1.1. Diagnosticarea prin măsurarea rezistenței de contact	102
5.1.2. Diagnosticarea contactului slăbit	103
5.1.3. Diagnosticarea acustică a defectelor mecanice	104
5.1.4. Diagnosticarea prin analiza spectrală	105
5.1.5. Diagnosticarea prin metoda serviciului efectuat	108
5.1.6. Diagnosticarea prin aprecierea electroeroziunii contactelor întreruptorului	110
5.1.7. Diagnosticarea prin estimarea uzurii uleiului electroizolant	116
5.2. Diagnosticarea dispozitivului de acționare MOP-1	118
5.3. Contribuții personale și originale	119
CAPITOLUL 6. ALGORITMI ȘI PROGRAME PENTRU MONITORIZAREA IO – 110 kV ȘI MOP – 1	120
6.1. Algoritm și programe pentru monitorizarea MOP-1	120
6.1.1. Algoritm	120
6.1.2. Programe specifice	121
6.2. Algoritm și program pentru determinarea on-line a curbei de uzură a IO-110 kV.	127
6.2.1. Algoritm	127
6.2.2. Programe	128
6.2.3. Măsurători experimentale	132
6.3. Algoritm și program pentru aprecierea electroeroziunii contactelor	134
6.3.1. Algoritm	134
6.3.2. Program	135
6.4. Algoritm pentru estimarea uzurii uleiului electroizolant	142
6.5. Algoritm și program pentru monitorizarea serviciului efectuat	144
6.5.1. Algoritm	144
6.5.2. Program	145
6.6. Algoritmi și programe pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact și pentru diagnosticarea off-line prin vibrații a IO-110 kV. Măsurători experimentale	149
6.6.1. Algoritmi	149
6.6.2. Măsurători experimentale	152
6.6.3. Aprecieri asupra măsurătorilor efectuate	155
6.6.4. Tehnologie	156
6.7. Contribuții personale și originale	158
CAP.7. CONCLUZII	160
7.1. Concluzii	160
7.2. Recomandări	162
7.3. Principalele contribuții personale și originale ale autorului în cadrul tezei	163
BIBLIOGRAFIE	166
LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE ELABORATE ȘI PUBLICATE	174
DESPRE AUTOR	177
ANEXE	178
Anexe I	178
Anexe II	189
Anexe III	194
Anexe IV	197

Capitolul 1. INTRODUCERE

1.1. Generalități

Problemele energiei au devenit o preocupare generală în lumea actuală.

O forță dinamizatoare impune variația costurilor electricității în sensul scăderii valorii acestora. O pondere importantă revine sistemelor de transport și distribuție a energiei electrice, sisteme care asigură interfața cu consumatorii de electricitate.

Se impun exigențe tot mai mari în privința calității energiei furnizate consumatorilor și a costului acesteia. În acest sens se impune asigurarea unui management corespunzător al instalațiilor și al energiei.

Acest management se referă la întregul lanț de instalații, de la preluarea energiei de la producător până la furnizarea acesteia către consumator. Într-un cuvânt ne putem referi la noțiunea de management al calității aplicat proceselor din sistemul electroenergetic.

În cadrul lanțului de instalații care fac posibil transportul și distribuția energiei electrice de la producător la consumator, stațiile de transformare și conexiuni joacă cel mai important rol. În marea lor majoritate, stațiile de transformare actuale sunt la limita duratei lor de viață iar echipamentele lor nu sunt aliniate la nivelele de calitate impuse pe plan mondial.

1.2. Obiectivele și actualitatea temei

Lucrarea de față tratează aspecte legate de monitorizarea parametrilor echipamentelor electroenergetice din stațiile de transformare.

Obiectivele tezei sunt acelea de a face o analiză amănunțită, în primul rând teoretică, și de a prezenta soluții practice care pot fi aplicate pentru atingerea scopului propus și anume acela de a analiza starea echipamentului și de a aplica mentenanța adecvată.

Actualitatea temei constă în faptul că în prezent tendințele pe plan mondial sunt acelea de a se utiliza echipamente care nu necesită mentenanță, iar în cazul în care acest lucru nu e posibil, să se aplice o mentenanță orientată pe fiabilitate (RBM) sau una bazată pe condiții (CBM) care includ efectele modului de defectare și analiza critică a acestora, cu costuri minime.

Această concepție poate fi efectivă în cazul particular al echipamentelor vechi din cauză că există o mulțime de cunoștințe privind istoricul. Este cazul echipamentelor din dotarea majorității stațiilor de transformare de la noi din țară.

1.3. Structura tezei

Lucrarea este structurată pe șapte capitole, fiecare din ele făcând o analiză amănunțită a aspectelor tratate.

În capitolul 2 sunt analizate aspecte privind calitatea energiei electrice cu referire la sistemul calității, standarde de calitate și sisteme de măsură a calității.

Se face o amplă analiză privind mentenanța stațiilor de transformare cu referire la parametrii care caracterizează funcționarea echipamentelor, la strategiile ce se pot adopta pentru mentenanța bazată pe condiții, precum și beneficiile introduse de sistemele de monitorizare a condițiilor.

Tot aici se fac aprecieri asupra defectării echipamentelor, asupra disponibilității acestora, precum și a metodelor de diagnosticare a stării echipamentelor.

Se analizează o serie de concepte privind sistemele de monitorizare. De asemenea se tratează și arhitectura sistemelor de monitorizare. Se prezintă o concepție originală privind structura unui astfel de sistem de monitorizare a stațiilor de transformare, făcându-se o analiză a echipamentelor supuse monitorizării, se analizează posibilitățile de preluare a informațiilor și se propune o structură a programelor soft. Tot aici se face o evaluare a efectelor sistemului de monitorizare.

În capitolul 3, ținând seama că cele mai importante echipamente din configurația stațiilor de transformare sunt întreruptoarele și dispozitivele lor de acționare, se face o scurtă prezentare a întreruptorului IO-110kV și a mecanismului de acționare MOP-1 prezentându-se și caracteristicile lor tehnice. Urmează apoi o analiză statistică a defectelor acestui ansamblu, analiză realizată la SC ELECTRICA SA Sibiu, cu aprofundarea de către autor a aspectelor cele mai importante. Se prezintă apoi un set de încercări experimentale la anduranță, executate în premieră națională, cu aprecieri privind comportarea acestui echipament în timpul încercărilor precum și cu concluziile ce se desprind de aici..

În capitolul 4 se analizează în amănunt monitorizarea ansamblului IO-110kV și MOP-1 cu aprecieri asupra parametrilor ce trebuie urmăriți și alte aprecieri asupra supravegherii acestui ansamblu. Se tratează traductoare și interfețe de proces ce se pot utiliza pentru monitorizare. În ce privește traductoarele se fac aprecieri teoretice privind funcționarea lor și a mărimilor pe care le transformă pentru a putea fi măsurate. În continuare se analizează interfețele de proces cu propuneri originale de echipamente ce pot fi adaptate cerințelor temei. Se tratează apoi diverse sisteme de monitorizare pentru IO-110 kV, MOP-1, respectiv ansamblul IO110 kV și MOP-1. Se fac propuneri structurale pentru aceste sisteme și sunt prezentate o serie de soluții originale.

În capitolul 5 se analizează diverse metode de diagnosticare a IO-110 kV și a MOP-1, tratându-se atât aspecte teoretice cât și aplicarea lor în practică.

În capitolul 6, pe baza celor analizate anterior, se prezintă algoritmi și programe pentru monitorizarea IO 110 kV și MOP-1, cu soluții și realizări originale, prezentându-se totodată și rezultatele unor măsurători experimentale.

Capitolul 7 este capitolul de concluzii unde se prezintă aprecieri asupra subiectelor tratate, contribuțiile autorului și aprecieri asupra rezultatelor și a valorificării lucrării.

În final se prezintă bibliografia studiată , lista cu lucrările publicate de autor și date despre autor.

Urmează anexele referitoare la probe, măsurători și încercări experimentale.

1.4. Realizarea și oportunitatea tezei

Teza a fost elaborată în urma studierii unui mare volum de manuale, cărți tehnice, articole din reviste de specialitate, articole prezentate la diverse consfătuiri și simpozioane și lucrări științifice (vezi bibliografia). De asemenea au fost consultate fișe tehnologice, documentații tehnice, standarde, cataloage și documentații de produs.

Partea teoretică a fost completată cu încercări experimentale, probe și măsurători, precum și cu calculele necesare. Pe baza celor de mai sus au rezultat soluții noi și originale privind diverse sisteme de monitorizare.

Oportunitatea tezei constă în faptul că ea poate fi utilizată atât ca o lucrare de specialitate privind abordarea monitorizării echipamentelor, cât și ca o documentație complexă privind realizarea sistemelor de monitorizare. De asemenea oportunitatea ei rezidă și din actualitatea subiectului cât și a soluțiilor originale prezentate.

Lucrarea are deci drept scop să contribuie la fundamentarea teoretică și practică pentru realizarea sistemelor de monitorizare bazate pe tehnică de vârf, în vederea asigurării unei mentenanțe performante, eficiente și cu costuri relativ reduse, pentru asigurarea unei siguranțe mărite în funcționarea stațiilor de transformare.

Capitolul 2. MENTENANȚA, DIAGNOSTICAREA ȘI MONITORIZAREA ECHIPAMENTELOR

2.1. Noțiuni legate de calitatea energiei

Conceptele calității [18] au un caracter axiomatic și includ:

- o definiție;
- un sistem;
- un standard;
- un sistem de măsură.

Calitate = Conformitate cu exigențele. Se impun următoarele precizări:

- satisfacerea exigențelor înseamnă atât satisfacerea clientului cât și a beneficiarului;
- trebuie evitate erorile de înțelegere a noțiunii de exigență (trebuie acordată o atenție deosebită nevoilor legitime ale clientului care să fie în conformitate cu posibilitățile furnizorului);
- exigențele trebuie să fie măsurabile, prestabilite și formalizate.

Sistemul calității. Sistemul clasic al calității (anii 1960 -1970) era un sistem corectiv. În contextul economic actual, ameliorarea calității reclamă instituirea unui sistem preventiv. Acest sistem evită eficient apariția neconformităților ceea ce presupune un cost care trebuie privit ca o investiție productivă nu ca o cheltuială.

Standardul calității. Conceptul de **ZERO DEFECT (ZD)** sau **ZERO ABATERE** reprezintă standardul calității totale. Se impune observația că **ZD** nu înseamnă neapărat perfecțiunea, în multe domenii printre care și electricitatea exigențele fiind definite prin intermediul unor toleranțe, dată fiind dispersia naturală care caracterizează fenomenele. În acest caz conceptul **ZD** înseamnă respectarea toleranțelor.

Sistemul de măsură al calității. Măsura calității este reprezentată de costul total al calității.

Costul total al calității (**CTQ**) are două componente:

- a) Costul conformității (**COC**) -cuprinde costul prevenirii defectelor și inspecția conformității;
- b) Costul neconformității (**CNC**) -costul defectelor în sine, interne (la producător) și externe (la beneficiar)

$$CTQ = COC + CNC \quad (2.1)$$

Diferențele între sistemul corectiv și cel preventiv în ce privește costul total al calității rezultă din figurile 2.1. și 2.2.

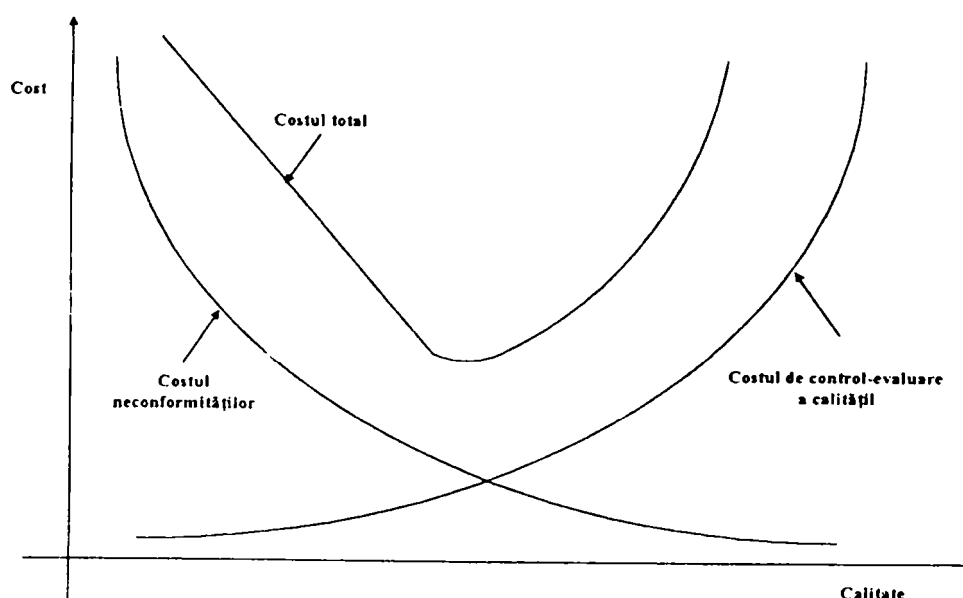


Fig. 2.1. Sistem corectiv.

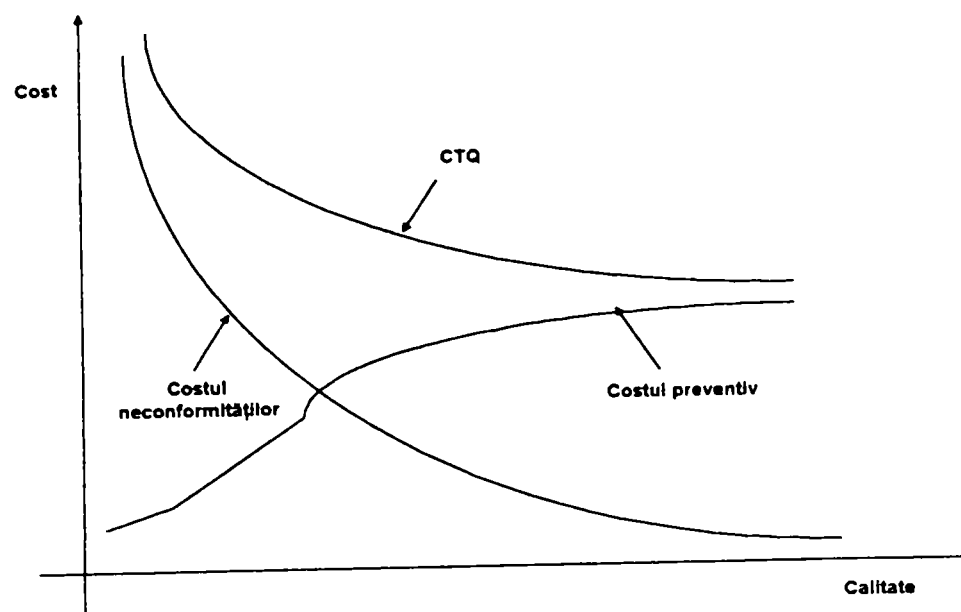


Fig. 2.2. Sistem preventiv.

Calitatea energiei electrice

Indicatorii de calitate ai energiei electrice sunt:

- constanța tensiunii la nivelul nominal care include:
 - amplitudinea tensiunii; forma undei de tensiune; simetria tensiunilor (în cazul sistemelor trifazate);
- constanța frecvenței la nivelul nominal proiectat;
- continuitatea în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

În actul de satisfacere a nevoilor consumatorului se cuprinde un element important cum ar fi perturbațiile. Aceste perturbații se împart în:

- paraziți;
- microîntreruperi;
- întreruperi nete;
- variații de tensiune;
- variații de frecvență.

Dacă variațiile de tensiune și frecvență se pot rezolva prin modul de conducere al sistemului, de o importanță deosebită sunt întreruperile nete. Aceste întreruperi nete se pot clasifica în:

- întreruperi lungi - de ordinul orelor (zilelor);
- întreruperi scurte - de ordinul secundelor.

În stațiile de transformare, echipamentele acestora au o contribuție diferită ca amplitudine și frecvență la întreruperile în furnizarea energiei electrice către consumatori, și ne referim la: transformatoare de putere; întreruptoare; separatoare; transformatoare de măsură și tot restul echipamentelor primare și secundare. O problemă de o deosebită importanță este necesitatea asigurării unei fiabilități cât mai crescute echipamentelor electrice din stațiile de transformare, ca răspuns la pretențiile consumatorilor de a avea o alimentare continuă și stabilă cu energie electrică.

Se impune deci o nouă abordare a sistemului de mentenanță al echipamentelor utilizând sisteme bazate pe tehnici moderne precum sistemele de diagnosticare - monitorizare on-line.

Aceste sisteme localizează în stadii incipiente tendințele de defectare, contribuind la izolarea din timp a părților în curs de avariere, minimizând propagarea defectelor de derivă a parametrilor și făcând posibilă remedierea lor în timp util.

2.2. Mentenanța – definiții și strategii

Definiția mentenanței adoptată de IEC este următoarea: *combinația tuturor acțiunilor tehnice și administrative, incluzând conducerea acțiunilor și intenția de a păstra sau a reda starea în care se poate funcționa la performanțele cerute.*

Mentanența poate fi de două feluri [21]:

a) mentenanță corectivă (CM). Reprezintă acțiunile de îndeplinit după defecte de funcționare, cum ar fi:

- reparații;
- revizii generale;
- înlocuirea totală sau parțială a echipamentului.

Scopul ei este de a restabili capacitatea de funcționare a echipamentului.

b) mentenanța preventivă

b1) mentenanță bazată pe timp (TBM). Reprezintă acțiunile preventive ce vor fi îndeplinite la intervale predeterminate de timp sau după un anumit număr de acționări, independent de starea echipamentului, în scopul funcționării corecte a acestuia.

b2) mentenanță bazată pe condiții (CBM). Reprezintă acțiunile preventive ce vor fi îndeplinite funcție de condițiile echipamentului. Aceste condiții pot fi inspectate on-line (continuu) sau la intervale care sunt fixate funcție de rezultatele inspecțiilor. Prin condiții se înțelege starea elementelor care determină funcționarea echipamentului la un moment dat.

În practică TBM și CBM pot include câteva elemente ale mentenanței corective. În practica curentă se mai utilizează și alte denumiri pentru tipurile de mentenanță expuse anterior. Astfel, mentenanța corectivă mai este denumită și mentenanță curativă; mentenanța bazată pe timp mai este denumită și mentenanță preventivă planificată iar mentenanța bazată pe condiții se mai numește și mentenanță preventivă oportună.

Pentru o lungă perioadă, în trecut, a existat o cerere crescândă de energie electrică, ceea ce a condus la necesitatea urgentă de a dezvolta sistemul electroenergetic. În prezent, situația care se observă în țările industrializate s-a schimbat. Ritmul creșterii cererii a scăzut mult fiind în continuare în descreștere și aceasta înseamnă că se reduce numărul stațiilor noi necesare în mod substanțial.

Ținând seama de reducerea investiției de capital în noi proiecte, costurile mentenanței reprezintă o importanță tot mai mare în toate bugetele. Pe deasupra, datorită faptului că o mulțime de stații se apropie de sfârșitul lor de viață, costurile mentenanței și ale modernizării trebuie să fie în descreștere în viitor. Rezultatele mentenanței în creșterea duratei de viață sunt gândite a oferi importante economii și datorate amânării noilor investiții.

Ținând seama de costurile celor două tipuri de mentenanță (corectivă și preventivă), costurile optime rezultă conform figurii 2.3.[20].

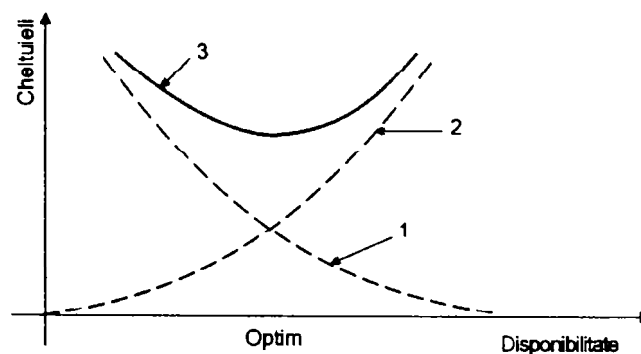


Fig. 2.3. Curba cost / disponibilitate:

- 1- curba cheltuielilor aferente mentenanței corective;
- 2- curba cheltuielilor aferente mentenanței preventive;
- 3- curba cheltuielilor totale pentru mentenanță.

Mentenanța preventivă bazată pe timp (TBM, planificată) și înlocuirea componentelor după durata de viață normată, realizează o disponibilitate acceptabilă însă totuși nu este întotdeauna cea mai economică soluție. Acest tip de mentenanță, după cum am mai spus, este bazată pe tipul de echipament, timpul calendaristic și câteodată istoria echipamentului. Testele și măsurătorile în acest caz au ca scop să evalueze condițiile echipamentului și necesitatea pentru viitoarea investigație sau acțiune intrusivă. Riscurile introduse de această metodă sunt relativ reduse când se inspectează întreg aparatul dar costul este destul de ridicat. Totuși se poate afirma că orice intervenție la un subsansamblu care nu necesită acest lucru introduce un risc potențial suplimentar de defectare cu implicații negative asupra fiabilității ansamblului. De asemenea acest lucru duce la un efort inutil și de obicei costisitor. În plus, acest gen de mentenanță nu garantează că echipamentul nu se va defecta înaintea întreținerii următoare programate.

Cele expuse anterior au condus în anii recenti la schimbarea opticii în ce privește procedurile de mentenanță și trecerea de la mentenanța preventivă bazată pe intervale planificate de timp (TBM) la mentenanța preventivă bazată pe condiții (CBM, oportună). Aceasta din urmă este organizată în acord cu condițiile echipamentului iar cheia unei asemenea schimbări este cunoașterea acestor condiții. Această metodă permite să se economisească bani. Performanțele factorilor și testele la fața locului (incluzând testele de mentenanță) sunt recomandate înaintea introducerii echipamentului în serviciu pentru a evita "problemele spinoase" și a contribui la durata de viață cu efort scăzut de utilaje dar crește probabilitatea apariției proceselor de îmbătrânire.

În prezent există practici de mentenanță mixtă. Strategii de mentenanță corectivă și preventivă bazată pe timp (TBM) au fost aplicate chiar de la început.

Trecerea la procedurile mentenanței bazate pe condiții (CBM) presupune cunoștințe în plus, de exemplu condițiile echipamentului.

Figura 2.4. dă o viziune simplificată asupra relației cost / durată de viață pentru diferite strategii de mentenanță.

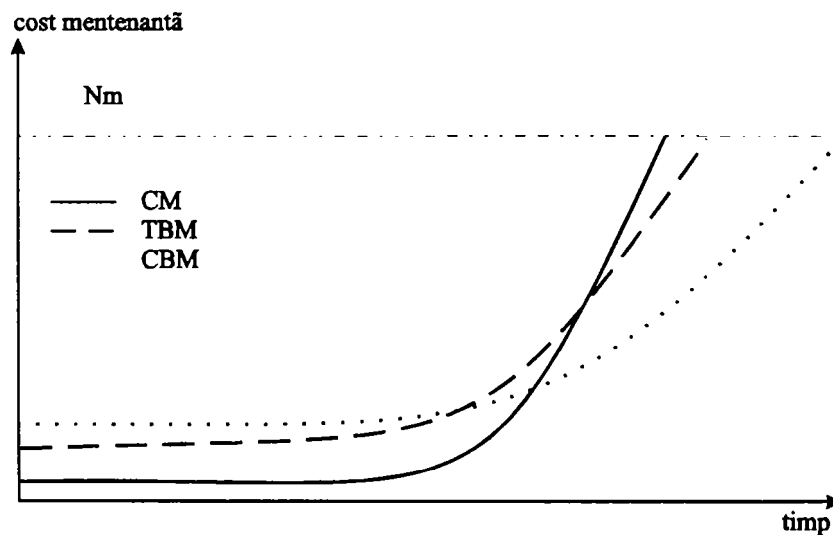


Fig.2.4. Diagrama simplificată cost / durată de viață pentru diferite strategii de mentenanță:
Nm-nivel modernizare

Dacă discutăm evaluarea duratei de viață și chestiunea când și cum modernizăm stația, mentenabilitatea și reparabilitatea echipamentelor joacă în acest caz un rol important.

Prin mentenabilitate înțelegem capacitatea unui echipament, din punct de vedere calitativ, de a putea fi supravegheat, întreținut și reparat într-o anumită perioadă de timp și în condiții date iar din punct de vedere cantitativ de a putea fi repus în funcție după un defect, în limitele de timp specificate și în condiții date. Mentenabilitatea și reparabilitatea vor determina durata de viață optimă după care înlocuirea unui echipament este mai economică decât menținerea în serviciu. Durata de viață optimă este guvernată de considerații tehnico-economice.

Această decizie este influențată și de cerințe de disponibilitate ale energiei electrice în sensul de a fi suficientă pentru domenii sigure de consum.

Dacă schimbăm strategia mentenanței trebuie utilizate în primul rând multe proceduri folosite la mentenanța preventivă planificată (de exemplu condițiile de bază ale elementelor). Momentan, inspecția și măsurarea câtorva parametri ai echipamentelor în stații sunt adesea bazate pe experiențe și nu pe intervalele stabilite de producători. Experiența conduce la o procedură de inspecție care este adesea agreată printre diferiți utilizatori. Acest tip de mentenanță este o formă a mentenanței bazate pe condiții, judecarea condițiilor echipamentelor fiind bazată pe experiența personalului.

În prezent există tehnici și instrumente de diagnosticare care permit ca judecarea condițiilor echipamentului să aibă la bază măsurători și analize de mare precizie și acuratețe. Noile tehnici de diagnosticare (sisteme de monitorizare, tehnica senzorilor) permit astfel aplicarea mentenanței bazate pe condiții. Dacă noile echipamente pot fi dotate din fabricație cu instrumente și dispozitive de diagnosticare, pentru echipamentele existente reprezintă un deosebit interes aplicarea acestor tehnici și impactul economic al utilizării lor.

Pentru a determina utilitatea tehnicilor menționate mai înainte, schimbarea câtorva parametrii mășurați sau inspecțai a fost relativă la modul de defectare a sistemului.

Sunt utilizate analize cantitative (media timpului de defect, riscurile de defect) și calitative (greșeli de proiectare, moduri de defectare) pentru a opri căderea interioară a sistemului și a performanțelor și funcționalităților sale. Rezultatul final trebuie să fie o evaluare a parametrilor efectiv inspecțai care identifică deteriorarea echipamentului peste timp.

Metodologia curentă pentru acest scop este mentenanța orientată pe fiabilitate care include efectele modului de defectare și analiza critică a acestora. Conform acestei metodologii, modurile dominante de defectare și tehnicile de diagnosticare asociate sunt categorisite relativ la eficiența lor. Această concepție poate fi efectivă în cazul particular al echipamentelor vechi din cauză că există o mulțime de cunoștințe privind istoricul. Limitele permise pentru diferiți parametri sunt adesea discutate cu producătorii întrucât în multe cazuri limitele fizice fixe nu sunt definite. Limitele de variație ale diferiților parametri și influențele lor asupra duratei de viață a echipamentului trebuie stabilite de producător și confirmate de experiența utilizatorului. Când limitele fixe nu pot fi definite, monitorizarea tendinței condițiilor va fi și mai utilă, comparația tendinței observate cu dispozitivele de monitorizare, în diferite faze, fiind deci sugerată.

Tehnicile utilizând amprenta digitală necesită comparații și experiență în a judeca ce schimbare este acceptată sau neacceptată iar limitele nu pot fi general fixate. Cantitatea uriașă de informație ce trebuie manageriată într-o rețea completă sugerează aplicarea sistemelor bazate pe tehnică digitală, ca sisteme care trebuie să acorde datelor stocate o păstrare corectă, reducerea numărului acestora, evaluarea tendințelor și cunoașterea condițiilor echipamentului. Utilizând datele stocate în echipamentele digitale, analizele istoriei defectelor trebuie să indice cu precizie natura exactă a problemei și va permite echipei de întreținere să repună în serviciu părțile bune, reducând timpul de întrerupere și contribuind la reducerea costurilor.

Obiectivul este ca rețeaua electrică să transmită energie cu costuri minime și o suficientă disponibilitate. Echipamentul primar și secundar menține un nivel destul de ridicat de siguranță care poate fi performant în timp. Factorii care influențează alegerea strategiei sunt:

- Securitatea (reglementări, standarde);
- Funcționarea (transport și/sau capacitate de comutare, protecție și/sau necesități de comunicare);
- Siguranța în funcționare (vârstă, rata defectelor, piese de schimb disponibile, redundanță);
- Economie (costurile datorate ieșirii din serviciu și lucrărilor de mentenanță);
- Imagine (repercusiuni publice, terțe părți afectate ...).

În pofida costurilor sistemului de monitorizare a condițiilor, trebuie considerat beneficiul acestuia și anume evitarea costurilor pentru defecte majore, acestea putând fi detectate prin diagnosticare, ceea ce poate însemna numeroase economii în costuri și energie.

Costul sistemului de monitorizare a condițiilor include costul dispozitivelor de diagnosticare, sistemul cunoștințelor de bază, mâna de lucru pentru testarea și evaluarea condițiilor echipamentului. Este de subliniat faptul că, problema pieselor de schimb nu este afectată de diagnosticare, chiar dacă timpul producerii defectului este predictat, rezerva trebuind să fie disponibilă în timp.

Sistemul de monitorizare a condițiilor ca și sistemele expert pot ajuta la optimizarea organizării. Informația completă despre starea echipamentului este stocată în baza de date care în principiu permite câteva evaluări în ideea de a avea echipament valoros și performant. Este interesant de asemenea să ne punem întrebarea când modernizăm echipamentele, dacă cunoștințele despre ele pot ajuta la determinarea timpului corect pentru înlocuire și dacă evită de asemenea acțiuni timpurii prin minimizarea costului ciclului de viață. În general aceasta va ajuta la prezervarea calității pentru transportul și distribuția energiei electrice în timp și cu bugete scăzute din următoarele considerente:

- evitarea defectelor reduce acțiunile de mentenanță corectivă (reparații);
- mentenanța este redusă la necesități minime;
- mai bună utilizare a duratei de viață a echipamentelor.

Deși procesul mentenanței și modernizării este complex, acesta prin câteva eforturi poate acoperi cele mai importante aspecte și de aici derivă strategia. Companii de utilizare și consultanță au creat metode care să permită o primă concepție despre cum și când trebuie să menții sau să înlocuiești echipamentele. Prima generație bazată pe sisteme de evaluare bazate pe PC-uri care ajută să determine condițiile echipamentelor este disponibilă pe piață. Eforturile cercetătorilor sunt de a introduce metode Fuzzy – logic care să asiste la evaluarea condițiilor echipamentelor, această metodă permițând să se utilizeze informații nesigure și vagi în procesele matematice.

Utilizatorii au început să schimbe mentenanța practică pentru stații și echipamente de la cea bazată pe timp la cea bazată pe condiții. Drept consecință practica modernizării adesea se schimbă de la modernizarea completă a stațiilor la modernizarea echipamentelor sau dispozitivelor singulare (retrofit). O nouă abordare în domeniul mentenanței bazată pe condiții poate conduce la o schimbare în organizarea structurii. De fapt administrarea procesului de mentenanță în ordinea punerii scopurilor cererii pe criteriul cost/siguranță, noțiuni care sunt bazate pe politica mentenanței bazată pe condiții, solicită mai mult efort în domeniul ingineriei.

Un alt concept privind mentenanța este acela al mentenanței bazate pe fiabilitate (Reability Based Maintenance). Acest concept reprezintă o strategie de tranziție de la regimul de mentenanță corectivă la politica de mentenanță preventivă, soluție ce s-a dovedit a fi optimă în rezolvarea unor nivele de fiabilitate și disponibilitate ridicate. Acest concept are următoarele particularități:

- standardizarea tuturor tipurilor de defectări și a cauzelor acestora, pentru fiecare element component al instalației;
- analiza detaliată a stărilor de defect și elaborarea unor programe adecvate de mentenanță preventivă;
- stabilirea unui regim diferențiat de întreținere-reparare programat, în funcție de aportul subansamblurilor și al părților lor constitutive la potențialul operațional al sistemului tehnic, fiecare dintre acestea beneficiind de o metodologie unitară în ceea ce privește politica de mentenanță;
- culegerea de date tip feedback de pe teren, selectarea și folosirea lor pentru îmbunătățirea programului de mentenanță preventivă.

Este evident că tehnicile de diagnosticare oferă posibilități mai bune pentru înțelegerea mai corectă a funcționării echipamentului pentru utilizarea acestuia. Lucrul acesta necesită ca tehnicile de diagnosticare să fie aduse la aplicații practice aceasta fiind o sarcină pentru organizațiile de cercetare dar și pentru utilizatori și fabricanți. Costul pentru sistemele de diagnosticare și siguranța lor vor juca un rol important când vor fi introduse pe scară largă.

Adoptarea unui tip de sisteme bazate pe evaluarea cunoștințelor va fi esențială iar valoarea datelor ce vor fi utilizate va fi uriașă. Dacă va fi practică această tehnică de diagnosticare este un instrument care oferă excelente informații despre echipamente. Chiar dacă se lucrează perfect, experimentând sistemul de putere, ingineria mentenanței și a planificării va lua în considerare toți factorii relevanți capabili să conducă la o decizie corectă în mentenanță și modernizare. Aici, importanța echipamentului în rețea în condițiile acestea vor fi de un interes special. A obține avantaje din cunoștințele despre condițiile echipamentului necesită cooperarea inginerilor planificatori și proiectanți precum și a utilizatorilor și a fabricanților în vederea obținerii reducerii costului și a satisfacerii cerinței pentru prețuri scăzute ale energiei menținând în permanență o siguranță ridicată în funcționare.

2.3. Defectarea

Defectarea reprezintă procesul fizic de degradare a unei caracteristici, iar **defectul** este consecința directă a procesului de defectare.

Procesul de degradare poate fi **brusc**, cum ar fi ruperea unui resort sau străpungerea unei izolații, respectiv **lent** (progresiv), cum sunt defectele de uzură, ca: uzura contactelor principale sau îmbătrânirea termică a materialelor izolante.

Tabelul 2.1 prezintă o clasificare a defectelor la echipamentele de înaltă tensiune considerate ca produse tehnice reparabile.

Tabelul 2.1. Clasificarea defectelor

Criteriul de clasificare	Tipul defectului	Caracteristici	Exemple
<i>Mod de manifestare</i>	Total	Întreune funcționarea echipamentului	-Întreruptor cu contacte sudate - Blocare mecanism cinematic
	De derivă	Funcționarea în afara limitelor normale (admisibile)	- Cădere sporită de tensiune pe contacte
<i>Viteza de apariție</i>	Brusc	Modificarea bruscă a caracteristicilor	- Explozia la scurt-circuit a unui întreruptor
	Progresiv	Degradarea lentă a caracteristicilor	- Micșorarea rigidității dielectrice a izolațiilor
<i>Perioada de apariție</i>	Precoce	Defecte ascunse ce apar în prima perioadă de funcționare	
	De maturitate	Defect aleator ce apare în timpul exploatării normale	
	De uzură	Defect ce însoțește uzura	
<i>Reducerea capacității de funcționare</i>	Total	Pierderea totală a capacității în funcționare	
	Parțial	Defectul de derivă a unor elemente la echipamentele complexe	
<i>Legătura causală</i>	Primare	Apare fără a fi provocat de alt defect	
	Secundare	Este consecința altui defect	
<i>Legătura probabilistică cu alte defecte</i>	Independente	Probabilitatea nu este influențată de apariția altui defect	
	Dependente	Probabilitatea este influențată de apariția altui defect	

Criteriul de clasificare	Tipul defectului	Caracteristici	Exemple
<i>Consecințele defectării</i>	Critice	Consecințe grave. Produce reclamații	
	Majore	Consecințe sesizabile. Poate produce reclamații	
	Minore	Uneori sesizabile. Nu produce reclamații	
	Secundare	Nu sunt sesizabile. Detectate de un specialist sau sistem de supraveghere	
<i>Durata defectării</i>	Temporare	Poate dispărea fără intervenție. Nu reapare	
	Permanente	Apărut, rămâne definitiv	
	Intermitente	Dispărea fără intervenție și reapare	

Funcționarea oricărui element (piesă) din alcătuirea unui echipament complex este determinată de legătura probabilistică ce există între solicitarea (solicitările) aplicate, S și rezistența R pe care o opune elementul, prin caracteristicile fizice și modul său de alcătuire, constrângerii (solicitărilor) aplicate. Pentru că atât solicitarea S cât și rezistența R trebuie privite ca mărimi aleatoare, în afara valorilor caracteristicilor este necesar să fie precizate și probabilitățile de apariție a acestor valori. Condiția de funcționare se exprimă prin inegalitatea:

$$S < R \quad (2.2)$$

respectiv defectarea apare când rezistența devine mai mică decât solicitarea aplicată. Datorită variabilității inerente ale caracteristicilor de material și de execuție a pieselor componente ale echipamentelor tehnice în general, pentru caracterizarea globală a mărimilor S respectiv R , admitând (verificând) existența unor legi de repartiție statistică ce guvernează solicitarea, respectiv rezistența opusă ei, se pot folosi valorile tipice (indicatori statistici) ale acestor repartiții: media μ_y , abaterea standard σ_y , dispersia σ_y^2 , coeficientul de variație C_{vy} etc., exprimați cu relațiile:

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i \quad (2.3)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - \mu_y)^2} \quad (2.4)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_1^n (y_i - \mu_y)^2 \quad (2.5)$$

$$C_{vy} = \frac{\sigma_y}{\mu_y} \quad (2.6)$$

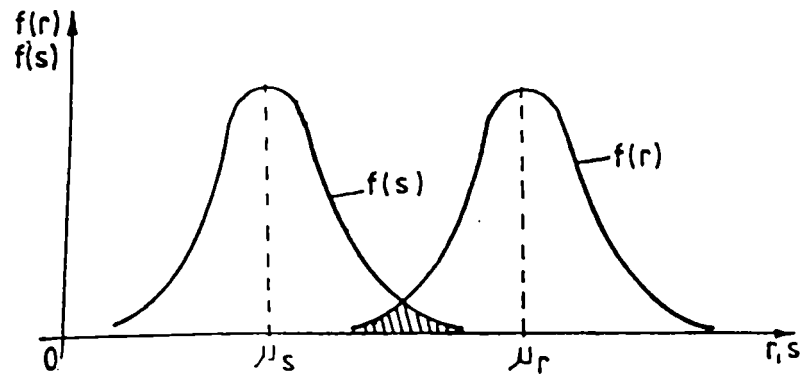


Fig.2.5. Densitățile de probabilitate ale solicitării (sarcinii) $f(s)$ și ale rezistenței opuse solicitării $f(r)$ considerate normale.

Pentru repartiția normală (gaussiană), obișnuită în caracterizarea variabilității caracteristicilor de material sau dimensionale, densitățile de probabilitate ale variațiilor aleatoare ale caracteristicilor S și R , adică $f(s)$ și $f(r)$ sunt reprezentate în figura 2.5. și date de relațiile următoare:

$$f(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_s} \cdot e^{-\frac{(s-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}} \quad (2.7)$$

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_r} \cdot e^{-\frac{(r-\mu_r)^2}{2\sigma_r^2}} \quad (2.8)$$

Defectul caracteristic D (brusc sau progresiv) se produce când $S > R$ și fiind un eveniment aleator, probabilitatea sa de apariție se poate calcula cu relațiile (2.9):

$$P[D] = P[r < s] = P[(r - s) < 0] = P[x < 0] \quad (2.9)$$

în care s-a înlocuit $r - s = x$. Noua variabilă x este de asemenea o variabilă aleatoare normală cu valori tipice:

$$\text{media:} \quad \mu_x = \mu_r - \mu_s \quad (2.10)$$

$$\text{dispersia:} \quad \sigma_x^2 = \sigma_r^2 + \sigma_s^2 \quad (2.11)$$

și a cărei densitate de probabilitate este reprezentată grafic în figura 2.6.

Ținând cont de relațiile (2.7)-(2.9) probabilitatea de defectare $P[D]$ egală cu aria hașurată din figura 2.6. va fi:

$$P[D] = P[x < 0] = \int_{-\infty}^0 f(x) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx = F(0) = \alpha \quad (2.12)$$

în care $F(0)$ este valoarea funcției de repartiție normală, pentru variabila x egală cu zero.

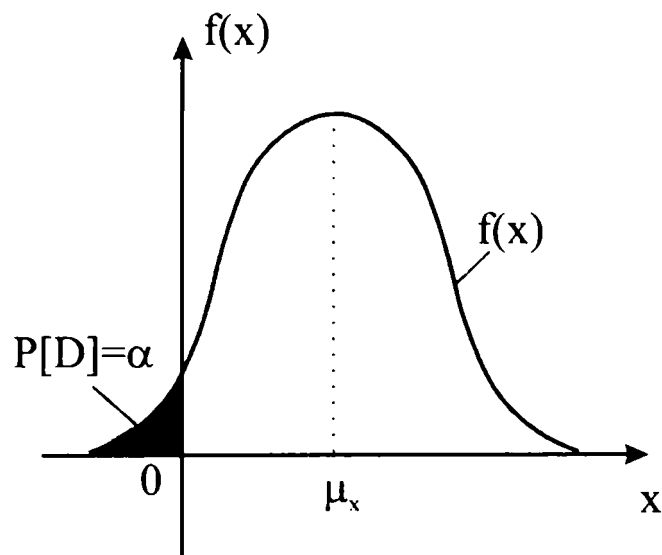


Fig.2.6. Reprezentarea grafică a probabilității de defectare $P [D]$.

Probabilitatea evenimentului contrar defectării, $P[\bar{D}]$ adică probabilitatea de nedefectare (fiabilitatea) R ,

$$P[\bar{D}] = R \quad (2.13)$$

fiind legată de probabilitatea de defectare $P [D]$ prin relația fundamentală:

$$P[D] + P[\bar{D}] = 1 \quad (2.14)$$

rezultă că aplicând relațiile de mai sus se poate cunoaște fiabilitatea instantanee a elementului R :

$$R = 1 - P[D] = 1 - \alpha \quad (2.15)$$

La majoritatea elementelor componente ale unui echipament, funcționarea și mediul ambiant determină un proces de uzură sau oboseală care conduce la modificarea parametrilor lui fizici în ce privește rezistența la solicitarea aplicată și care se poate reprezenta ca o funcție de timp numită funcție de degradare, ce poate fi determinată experimental.

Se poate exprima o probabilitate de defectare în funcție de timp a defectelor de uzură ale elementelor sub forma.

$$P[D(t)] = P[(r(t) - s_0) < 0] = \alpha, \quad (2.16)$$

și care reprezintă riscul de defectare la momentul t de funcționare.

În cele descrise până acum, relațiile prezentate se referă la cazul repartiției normale a caracteristicilor de material R și al solicitării S aplicate.

În cazul manifestării altor legi statistice diferite de cea normală (generală), confirmate în urma aplicării unor teste de conformitate asupra rezultatelor unor încercări experimentale, relațiile de calcul ale probabilității de defectare sau nedefectare (fiabilității) elementelor echipamentului cât și duratele de funcționare corespunzătoare unor riscuri de defectare, date, vor rezulta din valorile tipice (indicatorii statistici) ai acestor repartiții.

2.4. Disponibilitate

Între mentenanța și fiabilitatea unui echipament este o legătură nemijlocită dată de **disponibilitate**, D . Aceasta este probabilitatea ca un echipament să fie în stare de a-și îndeplini funcția impusă la un moment dat oarecare t .

Considerând o diagramă a succesiunii stărilor de funcționare și de reparare ca în figura 2.7, în care duratele de funcționare ale aceluiași echipament s-au notat cu t_1, t_2, \dots, t_n , iar duratele de reparație: $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{n-1}$, indicatorii de fiabilitate sunt:

-media timpului de bună funcționare, MTBF

$$MTBF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.17)$$

-intensitatea de defectare λ , în cazul repartiției exponențiale pentru timpii de funcționare și de reparație, respectiv în cazul general:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{f(t)}{1 - R(t)} \quad (2.18)$$

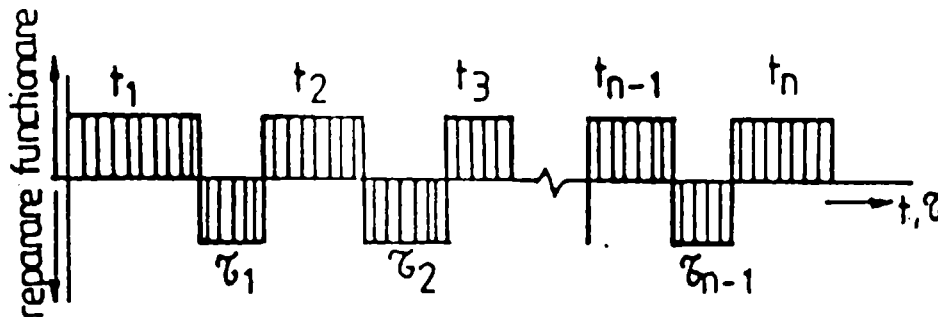


Fig.2.7. Graficul succesiunii etapelor de funcționare și de reparație.

-probabilitatea de nedefectare, fiabilitatea produsului, $R(t)$

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t f(t) dt\right) \quad (2.19)$$

-funcția de frecvență sau densitatea distribuției $f(t)$

$$f(t) = \frac{d(1 - R(t))}{dt} \quad (2.20)$$

iar indicatorii mentenabilității, în aceeași ipoteză a repartiției exponențiale a timpului de reparație, sunt

- media timpului de reparație (restabilire), MTR

$$MTR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (2.21)$$

- intensitatea de restabilire (reparație) μ

$$\mu = \frac{1}{MTR} \quad (2.22)$$

- probabilitatea de reparație, mentenabilitatea $M(\tau)$

$$M(\tau) = e^{-\mu\tau} \quad (2.23)$$

Ținând cont de complementaritatea funcțiilor de apariție a defectiunilor și de nedefectare, respectiv de nereparație și de mentenabilitate, disponibilitatea are ca expresie:

$$D = R + (1 - R)M = 1 - (1 - R)e^{-\mu\tau} \quad (2.24)$$

Pentru durate mari, în cazul când parametrii λ și μ sunt constanți rezultă pentru disponibilitatea $D(t)$ expresia:

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \quad (2.25)$$

Problema asigurării fiabilității unui echipament depinde, în afara etapelor de proiectare și fabricare, în măsură hotărâtoare, de exploatare, întreținere și reparații. Toate avantajele economice și tehnice ce apar prin utilizarea unui anumit echipament dispar instantaneu în momentul defectării acestuia. Creșterea calității furnizării energiei electrice este nemijlocit legată de mărirea fiabilității sistemului, care în condițiile date, ale unei anumite dotări se poate realiza doar prin creșterea fiabilității exploatarei, deci a întreținerii.

2.5. Metode de diagnosticare

O noțiune deosebit de importantă este cea de diagnosticare. Prin metode de diagnosticare se înțeleg toate felurile de inspecții, măsurători și/sau monitorizare, fără acțiuni de demontare, chiar cu echipamentul în funcțiune, pentru a indica starea acestuia și/sau detectarea anormalității și pentru determinarea programului optim de revizii.

Avantajele pe care le oferă metodele de diagnosticare, în general se referă la faptul că:

- permit decelarea apariției și evoluției unor manifestări ce pot conduce la un defect;
- pot furniza informații la distanță;
- se pot îngloba în sisteme integrate de diagnosticare-monitorizare funcționând ca sisteme expert.

În afara cerinței de siguranță în funcționare proprie sistemului de diagnosticare avut în vedere, acestea trebuie să fie și suficient de simple și relativ ușor de adaptat echipamentelor din exploatare. Principiile care stau la baza metodelor de diagnosticare ca și metodele de prelucrare a informațiilor obținute prin diagnosticarea funcționării echipamentelor sunt foarte diferite unele de altele, datorită diversității aspectelor urmărite, ca și a căilor pe care se pot obține date asupra lor, direct sau indirect. Oricare ar fi acestea ele trebuie să furnizeze rezultate concludente prin încercări (măsurători) efectuate la locul de instalare al echipamentului, să nu conducă la scoaterea din funcție pe durate mari și să poată fi întreținute de un personal cu calificare medie.

O clasificare a metodelor de diagnosticare aplicabile echipamentelor electrice de înaltă tensiune poate fi făcută de exemplu după natura mărimii urmărite prin captatorii capabili să detecteze o evoluție semnificativă a unor parametri fizici importanți, și anume:

metode chimice: de exemplu analiza cromatografică a uleiului din întreruptoare sau transformatoare (de putere sau de măsură), detectarea prezenței hidrogenului etc.;

metode pneumatice: măsurarea presiunii interne în sistemul de acționare a unui întreruptor, supravegherea presiunii într-un transformator de măsură;

metode acustice, cum sunt cele referitoare la vibrațiile diferitelor elemente ale echipamentelor, sau de detectare ultrasonică a prezenței descărcărilor parțiale în izolații fluide sau solide, ca și cele de supraveghere în UHF;

metode electrice: de exemplu măsurarea curenților de fugă sau a căderii de tensiune pe contacte, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice, înregistrarea curentului de întrerupere etc.;

metode termice, cum ar fi supravegherea directă sau indirectă a temperaturii unor contacte sau a transformatoarelor de putere în ansamblu etc.

Frecvent este necesar să existe două metode de diagnosticare independente pentru a fi siguri de luarea unei decizii corecte, programele de diagnosticare trebuind să includă astfel de combinații. Un exemplu în acest caz ar fi în diagnosticarea transformatoarelor prin combinația dintre metodele de analiză a gazelor dizolvate în ulei și aceea a descărcărilor parțiale. O deosebită importanță în aceste metode de diagnosticare o au datele ce se prelucrează. Aceste date pot fi furnizate de senzori sau traductori. Multitudinea mărimilor necesare să fie prelucrate a condus la o multitudine de tipuri de astfel de dispozitive.

În continuare enumerăm o serie de astfel de tipuri:

- de poziție: necesari pentru determinarea deplasărilor, vitezelor și accelerațiilor;
- de energie: optici sau mecanici;
- de curent: electromagnetici (cu miez sau fără) sau optici;
- de tensiune: electromagnetici, capacitivi sau optici;
- de timp: cronometru electronic;
- de număr de funcționări: contori;
- de temperatură: termometre cu contacte sau digitale.
- de descărcări parțiale: bazați pe semnale acustice, mărimi chimice sau mărimi electrice de înaltă frecvență;
- de radiații: infraroșii sau ultraviolete;
- de presiune gaz;
- de densitate gaz.

2.6. Monitorizarea echipamentelor

2.6.1. Conceptele unui sistem de monitorizare

Prin **monitorizare** se înțelege observarea automată a parametrilor caracteristici ai echipamentelor și a performanțelor lor în funcționare prin măsurarea unuia sau mai multor parametri și compararea automată a valorilor măsurate cu valori specificate.

Monitorizarea echipamentelor poate fi de mai multe feluri după următoarea clasificare:

- monitorizare off-line;
- monitorizare on-line: -periodică;
 -continuă.

Tendința și strategiile actuale se bazează pe monitorizarea on-line.

În trecut era utilizată diagnosticarea și detectarea din timp a defectelor incipiente datorită unei colecții de date privind starea unui echipament specific, bazate pe experiență. Din această cauză în prezent și viitor, conceperea unei mentenanțe pentru echipamente bazate pe intervale fixe are și va avea o importanță tot mai scăzută. Pe măsură ce echipamentele necesită tot mai mult prezența personalului, este evidentă necesitatea automatizării procesului de monitorizare.

În ce privește monitorizarea on-line putem face următoarele aprecieri:

- deși monitorizarea periodică poate genera multe date folositoare despre condiția echipamentului, totuși suferă dezavantajul de a nu înregistra o problemă apărută între timp (deteriorarea bruscă a echipamentului);
- monitorizarea continuă poate depăși aceste deficiențe împreună cu avantajul că monitorizarea poate fi efectuată de la distanță, evitându-se deplasarea în stație, economisind astfel importante resurse umane.

În prezent strategia adoptată pe scară largă este aceea a monitorizării on - line - continue și integrarea sistemelor de monitorizare în sistemele de control și protecție. De asemenea se consideră necesară auto-verificarea sistemelor și circuitelor de monitorizare în vederea asigurării disponibilității echipamentului.

Conceptele care pot sta la baza unui astfel de sistem se pot rezuma la următoarele:

- să se poată combina cu alte sisteme, putându-se integra în sisteme globale;
- funcțiile de diagnosticare să se poată ușor extinde pe măsura progreselor din tehnicile de sesizare și din software și pe măsura înlocuirii echipamentelor;
- să fie flexibil, ca să se poată instala într-o configurație optimă în concordanță cu necesitățile și echipamentele utilizatorului;
- va trebui să fie un sistem om-mașină ușor de folosit pentru a avea în vedere funcționarea, întreținerea și economicitatea echipamentului urmărit;
- detectarea simptomelor de stări anormale și de avarie să fie precisă și rapidă;

- să fie aplicabil atât echipamentelor noi cât și celor deja existente;
 - monitorizarea nu trebuie să intervină în funcționarea echipamentului urmărit pentru a nu-i afecta răspunsul și fiabilitatea;
 - sistemul va trebui să se integreze în sistemele de comandă și protecție ale stației.
- În figura 2.8. se prezintă funcțiile unui sistem de monitorizare-diagnosticare.

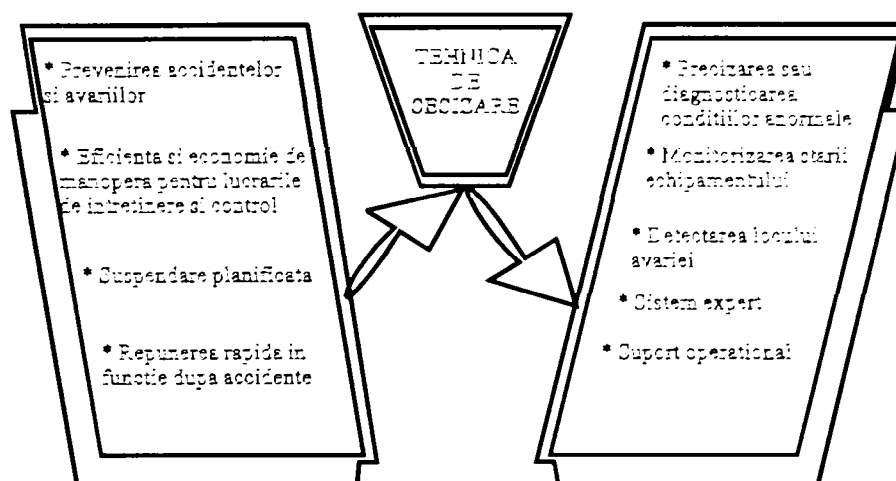


Fig. 2.8. Funcțiile unui sistem de monitorizare-diagnosticare

Căile de aplicare a monitorizării pot fi:

1. *Starea (poziția) echipamentului* - este forma convențională cea mai simplă de monitorizare acoperind starea din punct de vedere operativ a unui element.
2. *Tensiunea și curentul în circuitele primare.* Cele mai comune aparate utilizate sunt transformatoarele de curent și transformatoarele de tensiune. În prezent se utilizează traductori fără miez magnetic cum ar fi senzori de tensiune cuplați capacitiv și traductori de curent bazați pe fibre optice sau pe solenoizi Rogowski.
3. *Diagnostic pentru mentenanță predictivă.* Pentru utilizarea mentenanței predictive (sau bazate pe condiția în care se află echipamentul) filozofia bazată pe metodele de diagnosticare oferă utilizatorului avantaje considerabile deoarece mentenanța se efectuează atunci când este necesar mai degrabă decât la intervale precise de timp și de asemenea se evită deschiderea echipamentului doar pentru a verifica starea componentelor.
4. *Diagnostic pentru a preveni apariția defectelor.* Prin analiza statisticilor de defectare va fi posibil să fie identificate acele cauze de defect sau componente care reprezintă cel mai ridicat risc pentru o instalație. În acest caz este posibil ca monitorizarea să identifice defecte specifice care pot apărea în exploatare și nu au putut fi depistate la instalare. Metodele de diagnosticare pot fi specifice sau generale.
5. *Suport pentru exploatare și mentenanță.* Senzorii pentru detectarea temperaturii pot fi utilizați pentru a determina dacă echipamentul poate fi utilizat la un nivel optim de încărcare pentru a putea suporta condițiile de suprasarcină. De asemenea în cazul improbabil al apariției unui defect intern localizarea rapidă a defectului poate deveni critică în asigurarea realimentării rapide cu energie a consumatorilor.
6. *Control activ.* Folosirea comutației pentru evitarea problemelor legate de supratensiuni, regimuri, regimuri tranzitorii este în continuă creștere. Dispozitivele care controlează momentul precis în care se închide sau deschide întreruptorul sunt dependente de poziția echipamentului și condițiile din sistem și necesită informații de la mulți senzori.
7. *Teste de punere în funcțiune.* Pot fi folosiți senzori de diagnosticare în timpul instalării pentru a asigura darea în exploatare în bune condiții. Aceste tehnici pot minimiza severitatea testelor efectuate la instalare.
8. *Estimarea duratei de viață* - determinarea limitei de vârstă va primi un interes crescând.

Arhitectura sistemelor de monitorizare cuprinde:
senzori și traductori non-intrusivi pentru a evalua parametrii operaționali majori ai echipamentului;
controller local (unitate locală de monitorizare) care este inima sistemului de monitorizare, montat în apropierea echipamentului. Acestea preiau măsurătorile și informațiile de la senzori și traductori;
controller central (unitate centrală de monitorizare) bazat pe un calculator PC în clădirea stației și care comandă stocarea pe termen lung a datelor privind tendințele și evenimentele, procesează daunele, efectuează diagnosticarea. Acest calculator poate fi conectat la distanță la dispecerul care exploatează instalațiile. O astfel de arhitectură este prezentată în figura 2.9.

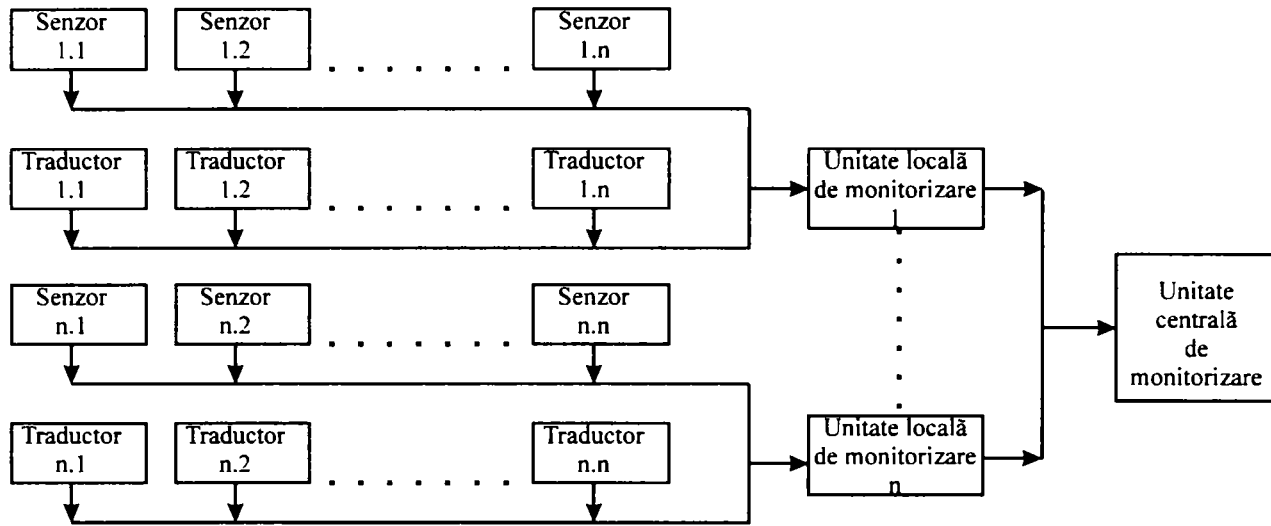


Fig 2.9.Arhitectura unui sistem de monitorizare

Din punct de vedere al procesării și evaluării datelor este necesară o structurare a acestora.

Fiecare componentă a echipamentului este prevăzută cu propriul sistem de procesare care efectuează sarcinile specifice. Datele și informațiile procesate sunt transmise spre nivelul superior. Structura aleasă pentru diferitele nivele trebuie să fie una ierarhică (figura 2.10).

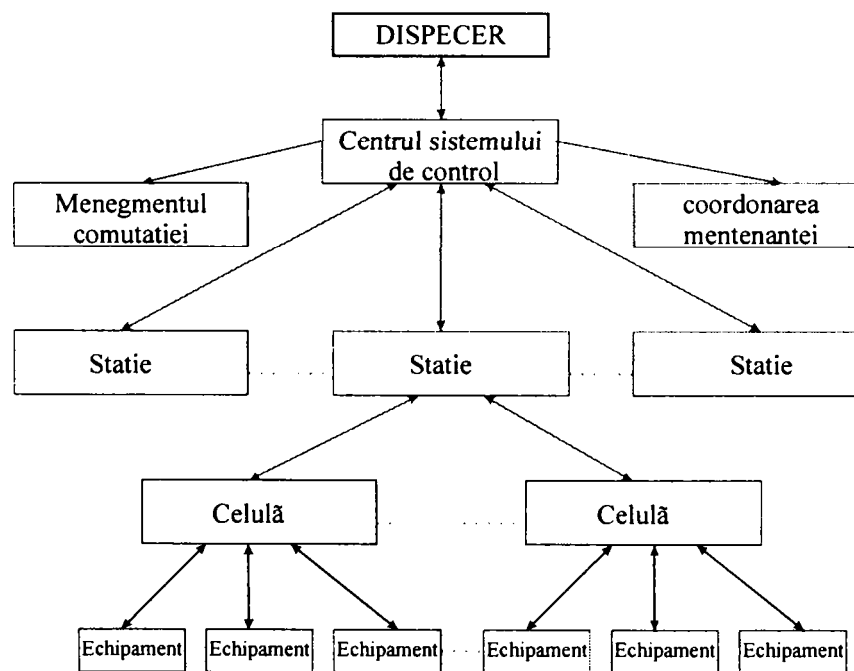


Fig.2.10. Nivelele structurate ierarhic pentru informațiile din sistemele moderne de control și monitorizare.

La nivelul superior al celulei se colectează și procesează datele de la diferitele niveluri ale diferitelor echipamente fiind apoi transmise nivelului stației de transformare. Aceasta este fundamentul pentru standardizarea în curs a sistemului de magistrale de date între nivelul celulei și nivelul stației la IEC TC57/214/INF. Informațiile disponibile la centrul sistemului de control pot fi împărțite în general în două categorii, cele importante pentru exploatarea sistemului și cele care se referă la activitățile de mentenanță. Managementul exploatării sistemului are nevoie de informație dacă echipamentul este disponibil și poate opera sau nu. În cazul unor disfuncționalități datele detaliate nu ajută și de aceea sunt suficiente două trepte de avertizare.

Prima treaptă indică faptul că sunt necesare măsuri de remediere, astfel echipamentul trebuie retras din exploatare. A doua treaptă de avertizare semnalizează o condiție inadmisibilă pentru echipament și îl împiedică să funcționeze în continuare. Un exemplu tipic îl reprezintă blocarea generală a întreruptorului. Aceste informații ajută operatorul în luarea deciziilor. Detalii amănunțite sunt necesare numai experților familiarizați cu problemele specifice ale echipamentelor.

Personalul implicat în activitățile de mentenanță este interesat de aceste informații detaliate despre starea echipamentului, în mod particular de tendințe apărute. Aceste informații apar îndeajuns de devreme pentru ca neregulile să nu ducă la un defect. Aceasta permite pe mai departe planificarea mentenanței și o disponibilitate îmbunătățită a echipamentului, deoarece activitățile de reparații pot fi aranjate conform cererilor ce provin din exploatarea sistemului.

Așa după cum este ilustrat în figura 2.11, conceptul descris este potrivit de asemenea și pentru stațiile care nu sunt integrate în sistemele moderne de control a stațiilor și rețelelor. Tendințele și informațiile despre neregularităților în curs de apariție pot fi indicate de o treaptă separată de presemnalizare. Dacă presupunem că este atinsă această treaptă, personalul de serviciu trebuie să urmărească direct echipamentul pentru mai multe informații. Acestea pot fi accesate cu ajutorul unui PC sau LAPTOP conectat la nivelul echipamentului printr-o interfață corespunzătoare.

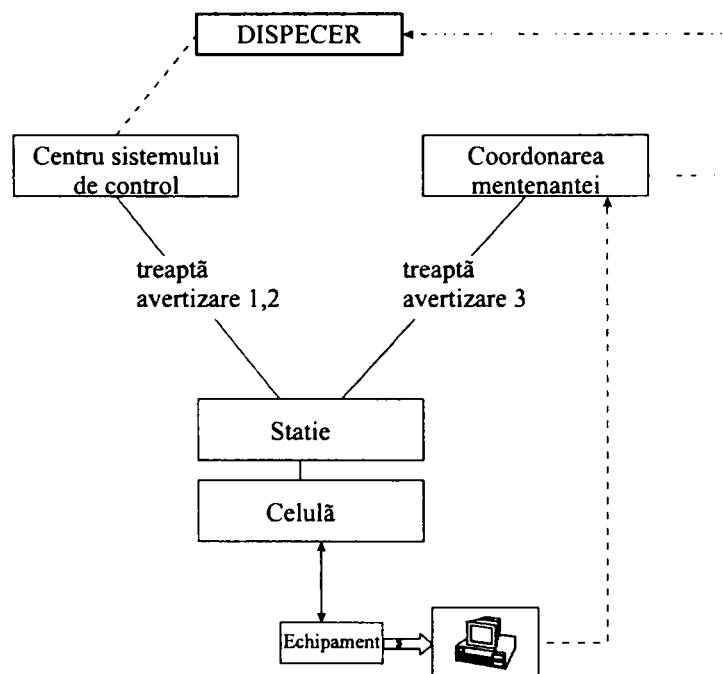


Fig.2.11. Evaluarea informațiilor în stațiile neintegrate în sistemele moderne de control, monitorizare și diagnosticare a stațiilor și rețelelor.

Astfel este posibil să se folosească avantajele echipamentului modern dotat cu sisteme de control, monitorizare și diagnostic bazate pe microprocesor independent de sistemul de control aplicat pentru controlul stațiilor și rețelei.

2.6.2. Propunere de sistem de monitorizare a stațiilor de transformare

Pentru a realiza un sistem de monitorizare pentru o stație de transformare am considerat în continuare o stație de transformare de 110 kV/medie tensiune (m.t.). Cele mai complexe și importante echipamente ale unei astfel de stații de transformare sunt echipamentele primare de 110 kV. Majoritatea stațiilor de transformare de 110 kV/m.t. de la noi din țară sunt realizate cu bare colectoare și celule cu destinație și funcționalitate bine definită. În general, cea mai complexă celulă de 110 kV este celula de transformator. Propun în continuare un sistem de monitorizare pentru o celulă de transformator 110 kV, având în vedere că are în compunere majoritatea echipamentelor primare de 110 kV dintr-o stație de transformare, iar monitorizarea pentru celelalte celule de 110 kV se poate ușor realiza adaptând acest sistem la particularitățile fiecărei celule în parte.

Propun un sistem de monitorizare care se referă la principalele echipamente primare redate în principiu în figura 2.12.

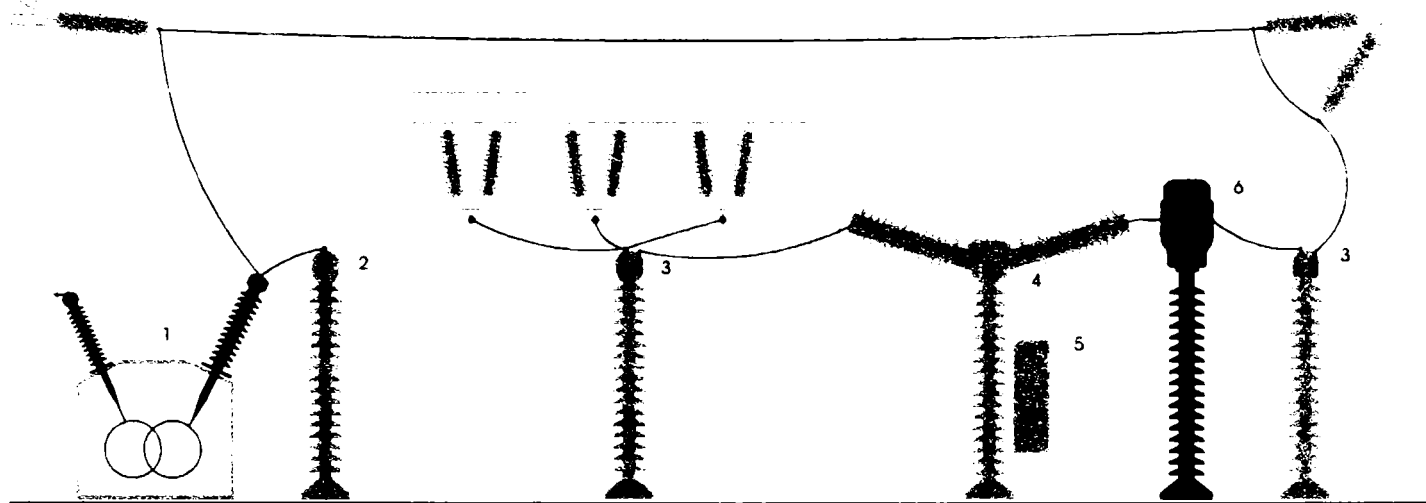


Fig .2.12.Echipamentele primare ale unei celule de transformator 110 kV:

- 1-transformatorul de putere
- 2-descărcător
- 3-separatoare
- 4-întreruptorul de înaltă tensiune (IO-110 kV)
- 5-dispozitivul de acționare al întreruptorului (MOP)
- 6-transformator de măsură

Propun pentru monitorizare următorii parametri ai echipamentelor celulei:

1-Transformatorul de putere

- nivel descărcări parțiale;
- nivel minim de ulei;
- nivel maxim de ulei;
- poziție plot;
- temperatură ulei răcire;
- integritate circuite alimentare ventilatoare;
- funcționare pompe circulație ulei;
- temperaturi înfășurări;
- temperaturi miez;
- temperatura mediului ambiant;
- parametrii mecanici.

2-Descărcător

- înregistrare număr descărcări.

3-Separator

- temperatura contactelor;
- integritate circuite alimentare dispozitiv de acționare.

4-Întreruptorul IO-110 kV

- poziția întreruptorului;
- supravegherea circuitelor de comandă a anclanșării și declanșării;
- funcționarea protecției;
- valoarea curentului;
- valoarea tensiunii;
- timpi de comutație;
- număr total de funcționări;
- număr total de funcționări pe defect;
- semnalizări și contorizări refuz funcționare;
- curent total întrerupt (integrala curentului întrerupt);
- timpul total de închidere;
- timpul total de deschidere;
- nesimultaneitatea acționării celor trei faze;
- rezistența de contact;
- vitezele de deplasare ale contactului mobil, respectiv vitezele de închidere/deschidere;
- accelerațiile și răspunsul la accelerații în punctele de control.

5-Mecanismul de acționare (MOP) al IO-110kV

- pornirea și oprirea pompei;
- presiune minimă;
- presiune maximă;
- integritate circuit alimentare pompă;
- curenți grupuri pompe;
- durate de funcționare pompă;
- număr porniri normale / anormale pompă;
- durate și număr porniri cumulate pompă.

6-Transformatoare de tensiune.

- integritate circuit antiferorezonant.

Propun o structură a sistemului conform celei din figura 2.13.

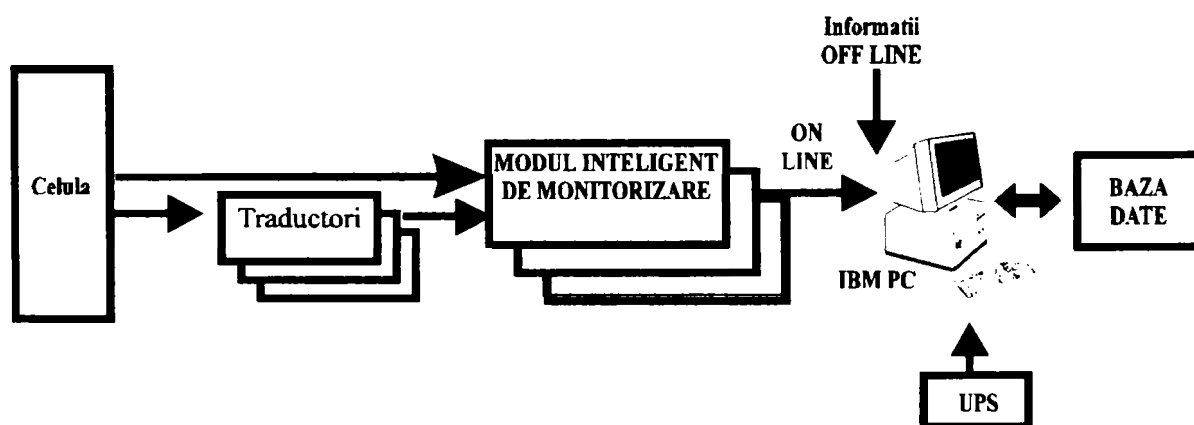


Fig.2.13. Structura sistemului de monitorizare a unei celule de transformator.

Analizând echipamentele componente ale celulei din punct de vedere al nivelului de fiabilitate, s-a determinat că întreruptoarele și transformatoarele de putere au un nivel de fiabilitate satisfăcător (NFS), iar celelalte un nivel de fiabilitate bun (NFB) [19]. Am considerat acest aspect deosebit de important în stabilirea importanței echipamentelor care trebuie analizate din punct de vedere al monitorizării. În consecință vom face o comparație între transformatoarelor de putere și întreruptoarele de înaltă tensiune pentru a aprecia care din ele prezintă argumentele cele mai solide pentru a fi tratate cu prioritate. Cele două echipamente sunt tratate ca sisteme tehnice care sunt compuse din subsisteme structurale. Comparația se va face după mai multe criterii, după cum urmează:

- după numărul de subansamble structurale: întreruptorul are mult mai multe ca număr, iar dacă considerăm sistemul întreruptor format din două subsisteme funcționale (întreruptorul propriu-zis respectiv dispozitivul de acționare), atunci balanța înclină net în favoarea întreruptorului.
- după funcțiile lor: întreruptorul îndeplinește funcții de izolare electrică, comutare a curenților de defect și de sarcină, conducere a curenților de sarcină, de protecție asociată (a elementelor de rețea), de automatizare (este inclus în diverse scheme de automatizare precum AAR, RAR, DRRI), în timp ce transformatorul are funcții de izolare electrică, de conducere a curenților de sarcină și transformare a mărimilor electrice.
- după numărul de piese în mișcare: întreruptorul are mult mai multe piese în mișcare.
- după performanțele fiabilistice: transformatorul este mai performant decât întreruptorul [19].

Concluzionând rezultatele acestei comparații putem afirma că întreruptorul, ca sistem complex compus din cele două subsisteme funcționale amintite mai sus, se pretează a fi tratat cu prioritate din punct de vedere al oportunității monitorizării lui.

Considerentele luate în calcul m-au determinat ca în continuare să analizez mai amănunțit ansamblul întreruptor-dispozitiv de acționare, precum și să aprofundez analiza sistemelor de monitorizare posibile, inclusiv elementele componente ale lor, aceasta luând în considerare faptul că odată analizat acest ansamblu, adaptarea soluțiilor la celelalte tipuri de echipamente este mult mai facilă, cu eventuale particularități pentru fiecare.

Din punct de vedere al programelor soft, parametrii, pentru fiecare tip de echipament, vor trebui prelucrați prin programe soft adecvate pentru a obține dezideratele implementării sistemului de monitorizare. Programele vor viza:

- vizualizarea tuturor parametrilor colectați și procesați;
- memorarea evoluției parametrilor;
- semnalizarea depășirii valorilor prescrise;
- ghid operator la ieșirea din domeniu;
- programarea mentenanței;
- legături cu baza de date.

2.6.3. Evaluarea efectelor monitorizării

Măsurând parametrii critici ai oricărui echipament legat la un sistem informatic de înaltă performanță, pot fi prevăzute noile condiții bazate pe mentenanță practică. Pentru evaluarea beneficiilor cuantificabile ale monitorizării adeseori se utilizează metoda celor șase pași:

a) selectarea familiei echipamentelor (se selectează acele echipamente care au trăsături tehnice similare);

b) selectarea parametrilor ce vor fi monitorizați și costul sistemului de monitorizare:

- parametrii nu trebuie să fie doar pentru personalul de exploatare, trebuie să fie măsurați cu siguranță, senzorii corespunzători trebuie să fie non-intrusivi, ei trebuie să fie strategici și critici pentru comportarea echipamentelor;

- costul sistemului presupune costul echipamentelor, costul instalării și costul de mentenanță a sistemului. Acest cost total se exprimă printr-o variabilă **C** regăsită în expresia (2.27);

c) costul inspecțiilor pe unitatea de echipament.

Se iau în considerare trei tipuri de inspecții:

- inspecțiile de rutină (de obicei anuale);
- inspecția preventivă (la cca. 6 ani);
- inspecția totală (la un număr prescris de acționări);

d) avantajele amânării sau eliminării inspecțiilor sistematice.

Ca rezultat al datelor monitorizate, activitățile de inspecție pot fi amânate sau eliminate.

Se obține astfel un beneficiu reprezentat prin variabila **B** din expresia (2.27);

e) costul reparațiilor majore sau al defectelor.

Este reprezentat de costul anual al reparațiilor majore. Prin monitorizare se pot preveni defectele care generează aceste reparații. Evaluarea acestui beneficiu este exprimat prin variabila **D** din expresia (2.27);

f) costul eficient - cuprinde conceptul de eficiență.

Definim **Pf** probabilitatea ca defectul să fie detectat de sistemul de monitorizare iar **Pd** descreșterea procentajului în costul reparației datorată detectării defectului incipient.

Indicele de eficacitate va fi reprezentat de produsul

$$E = P_f \times P_d. \quad (2.26)$$

Expresia (2.27) are forma:

$$C \leq B + (D \times E) \quad (2.27)$$

unde:

B - beneficiul anual al inspecțiilor amânate sau eliminate;

D - beneficiul anual datorat prevenirii apariției anumitor defecte;

E - indicele de eficiență al sistemului de monitorizare;

C - costul sistemului de monitorizare.

Beneficii nete vor exista dacă:

$$C < B + (D \times E) \quad (2.28)$$

Figura 2.14 indică beneficiile totale exprimate ca procent din costul procurării și al mentenanței sistemului de monitorizare, care se vor obține pe durata de viață, funcție de indicele de eficacitate.

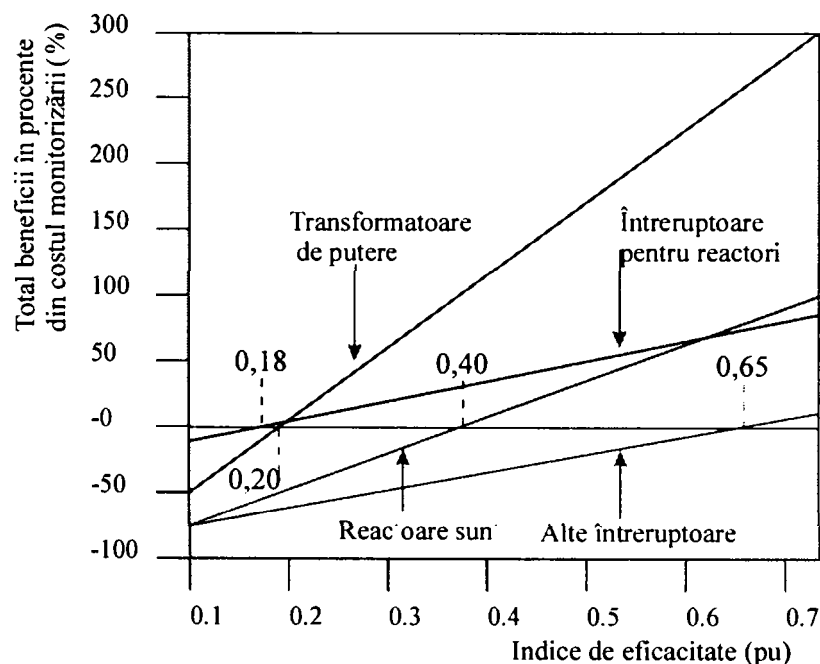


Fig.2.14. Diagramele beneficii totale/indice de eficacitate

S-a considerat că monitorizarea prezice doar 50% din defecte (**Pf**) în care caz costurile de reparație sunt reduse la 36% (**Pd**). Din figură rezultă că întreruptoarele care acționează foarte frecvent (în cazul reactoarelor șunt) prezintă un indice de eficiență de numai 0,18 în timp ce alte întreruptoare necesită indici de 0,65 pentru a acoperi costurile monitorizării. Pentru alte echipamente precum transformatorul de putere și reactorul șunt rezultă indici de eficiență de numai 0,2 și 0,4.

Un alt mod de a stabili eficiența sistemului de monitorizare este acela de minimizării costului duratei de viață (**CDV**) [39].

Expresia acestui cost este :

$$CDV = CI + CM + CR + CE \quad (2.29)$$

unde:

CI = costul de achiziționare și montare a echipamentului inclusiv al sistemului de monitorizare;

CM = costul mentenanței preventive (optimizate în urma monitorizării);

CR = costul mentenanței corective;

CE = costul exploatării pe durata de viață utilă;

Alte surse [8] includ în formulă încă două costuri și anume:

CO = costuri de operare;

CD = costuri de dezmembrare.

Monitorizarea poate influența, în sensul micșorării, ultimii trei termeni, astfel:

- asupra **CM**, prin reducerea frecvenței și deci a costului operațiilor de întreținere;
- asupra **CR**, prin evitarea discontinuității în alimentarea consumatorilor, la semnalizarea unei anomalii și remedierea acesteia când costurile sunt minime;
- asupra **CE**, prin posibilitatea trecerii de la funcționarea cu personal de exploatare la funcționarea fără personal de exploatare;

Anumite experimente arată că o supraveghere monitorizată continuă a echipamentelor este mai eficientă decât una ocazională sau periodică. Tot acestea demonstrează că și supravegherea monitorizată a echipamentelor este rentabilă chiar dacă costurile inițiale pentru aceasta reprezintă până la 35% din costurile duratei de viață. De asemenea beneficiile vor depinde de nivelul tensiunii, ele crescând semnificativ cu creșterea acestui nivel.

2.7. Contribuții personale și originale

Contribuțiile personale în cadrul acestui capitol constau în faptul că se face o sinteză a noțiunilor referitoare la calitatea energiei, la sistemul de măsură al calității, cu implicațiile ce rezultă asupra echipamentelor stațiilor de transformare (subcap. 2.1.).

Se face de asemenea o analiză aprofundată a noțiunii de mentenanță și ea este abordată din punct de vedere cost/performance. Se analizează posibile strategii pentru mentenanța bazată pe condiții, cea care s-a impus pe plan mondial, precum și necesitatea modernizărilor la momentul oportun (subcap. 2.2.).

Se face o sinteză a tipurilor de defecte corelate cu analiza matematică a probabilităților de defectare respectiv a probabilităților de nedefectare (fiabilitatea), ținând cont de caracteristicile de material, respectiv de solicitări. Analiza matematică se face și privind disponibilitatea, ca legătură între mentenanța și fiabilitatea unui echipament (subcap. 2.3.-2.4.).

Se analizează în amănunțime diagnosticarea bazată pe diverse metode precum și tipurile de senzori și traductori ce pot fi utilizați în cadrul temei abordate (subcap. 2.5.).

Se stabilesc conceptele și funcțiile unui sistem de monitorizare precum și arhitectura lui.

Se propune un sistem original de monitorizare a stațiilor de transformare cu referire la o celulă de transformator 110 kV, sistem care se poate utiliza și la celelalte tipuri de celule. Se stabilesc echipamentele ce se pretează la monitorizare, stabilind și parametrii ce trebuiesc monitorizați la fiecare tip de echipament în parte.

Se propune și o structură a sistemului de monitorizare, făcându-se apoi o analiză comparativă a echipamentelor primare ale celulei de transformator din punct de vedere al fiabilității, urmată apoi de o analiză comparativă între întreruptor și transformator privind oportunitatea abordării cu prioritate a monitorizării lor. Rezultatul acestor analize au condus la necesitatea unei analize aprofundate a ansamblului întreruptor de înaltă tensiune-dispozitiv de acționare, analiză care va constitui obiectivul lucrării în continuare. Se propune o structură a programelor soft (subcap. 2.6.).

Se face o evaluare a efectelor monitorizării prin exprimarea matematică a costurilor și a indicelui de eficacitate din care rezultă rentabilitatea monitorizării (subcap. 2.7.).

Capitolul 3. COMPORTAREA LA DEFECTARE A ANSAMBLULUI IO-110 kV ȘI MOP-1

3.1. Prezentare generală a ansamblului IO-110 kV și MOP-1

3.1.1. Întreruptorul IO-110 kV

Aceste întreruptoare au ca mediu de stingere o cantitate redusă de ulei iar izolația părților sub tensiune se realizează din porțelan. Stingerea arcului electric se realizează în camere de stingere cu suflaj longitudinal, transversal sau combinat, bazându-se pe principiul expansiunii asociat cu jetul de lichid. Stingerea arcului în ulei este mult mai eficientă decât în aer, datorită răcirii mult mai intense și a rigidității dielectrice mai ridicate.

Energia arcului electric este folosită parțial la evaporarea uleiului și deci la formarea unei presiuni de 30÷100 bar în camera de stingere. Prin aceasta se realizează o transmisivitate termică sporită și se poate extrage căldură din coloana arcului electric. În cazul curentului alternativ, intensității maxime a curentului îi corespunde o presiune locală maximă, după care, odată cu scăderea curentului și a presiunii are loc o vaporizare (expandare) a unei noi cantități de lichid, extrăgându-se din nou căldură din arc. Acest proces de expandare este reluat de 2÷3 ori până când presiunea din camera de stingere a crescut suficient pentru a determina stingerea arcului la trecerea prin valoarea zero a intensității curentului.

Utilizarea unor ansamble tipizate (camere de stingere, mecanism de acționare, izolatoare suport) a permis aplicarea principiului constructiv al modulului, asigurând prin aceasta raționalizarea fabricației și acoperind o gamă largă de întreruptoare de diferite tensiuni nominale, respectiv curenți nominali. Întreruptorul IO-110 kV de tip ortojector, cu ulei puțin, pentru instalații exterioare este realizat prin înserierea a două camere de stingere identice.

Elementul de bază al întreruptorului de înaltă tensiune cu ulei puțin îl constituie un pol al întreruptorului IO-110 kV (figura 3.1.) [1].

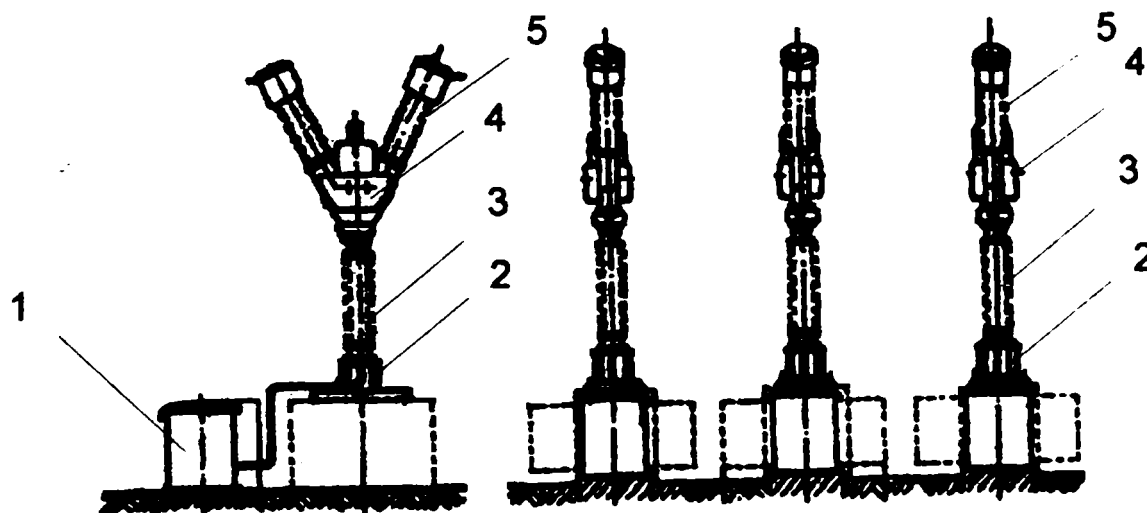


Fig. 3.1. Întreruptor tripolar IO-110kV:

- 1 mecanismul de acționare oleopneumatic;
- 2 ansamblul șasiu;
- 3 coloana de izolatoare suport;
- 4 ansamblul mecanism (carter);
- 5 ansamblul camerelor de stingere.

Ansamblul general are forma de "Y" și poate funcționa până la 154 kV.

În figura 3.2. este reprezentată o secțiune în polul unui întreruptor IO-110kV-1600A. Camera de stingere, 8, cilindrică, este construită din țesătură de sticlă impregnată în rășină epoxidică, pentru rigiditate dielectrică ridicată și o rezistență mecanică mare și este plasată într-un tub izolant 9 din același material, cu proprietăți dielectrice și mecanice ridicate.

Carterele metalice 10 și 11, la care se racordează tubul 9, servesc drept suport pentru prizele de curent. Izolatorul ceramic exterior 14 servește la protecția ansamblului activ împotriva agenților atmosferici. În mod normal se asigură comunicarea între conținutul de ulei al izolatorului 14 și al tubului 8, prin intermediul unei clapete atașate carterului superior. La producerea unei presiuni în camera de stingere, clapeta menționată împiedică transmisia presiunii în interiorul izolatorului ceramic, astfel încât acesta nu este solicitat din punct de vedere mecanic.

Camera de stingere, de construcție rigidă, este compartimentată cu ajutorul unor discuri din material izolant, în scopul reținerii unei cantități de ulei în compartimente, după prima deconectare. Astfel, o nouă declanșare după 0,3 s, ca urmare a reanclanșării automate, găsește în compartimente o cantitate de ulei suficientă pentru a stinge arcul electric. Stingerea arcului electric la acest tip de întreruptor se obține prin realizarea unei presiuni importante (peste 100 bar) a gazelor și printr-un jet axial puternic, care deionizează arcul electric. Viteza mecanică sporită asigură stingerea arcului într-o semiperioadă, durata în care tija mobilă 1 este extrasă din tulipa 12 și din camera de stingere.

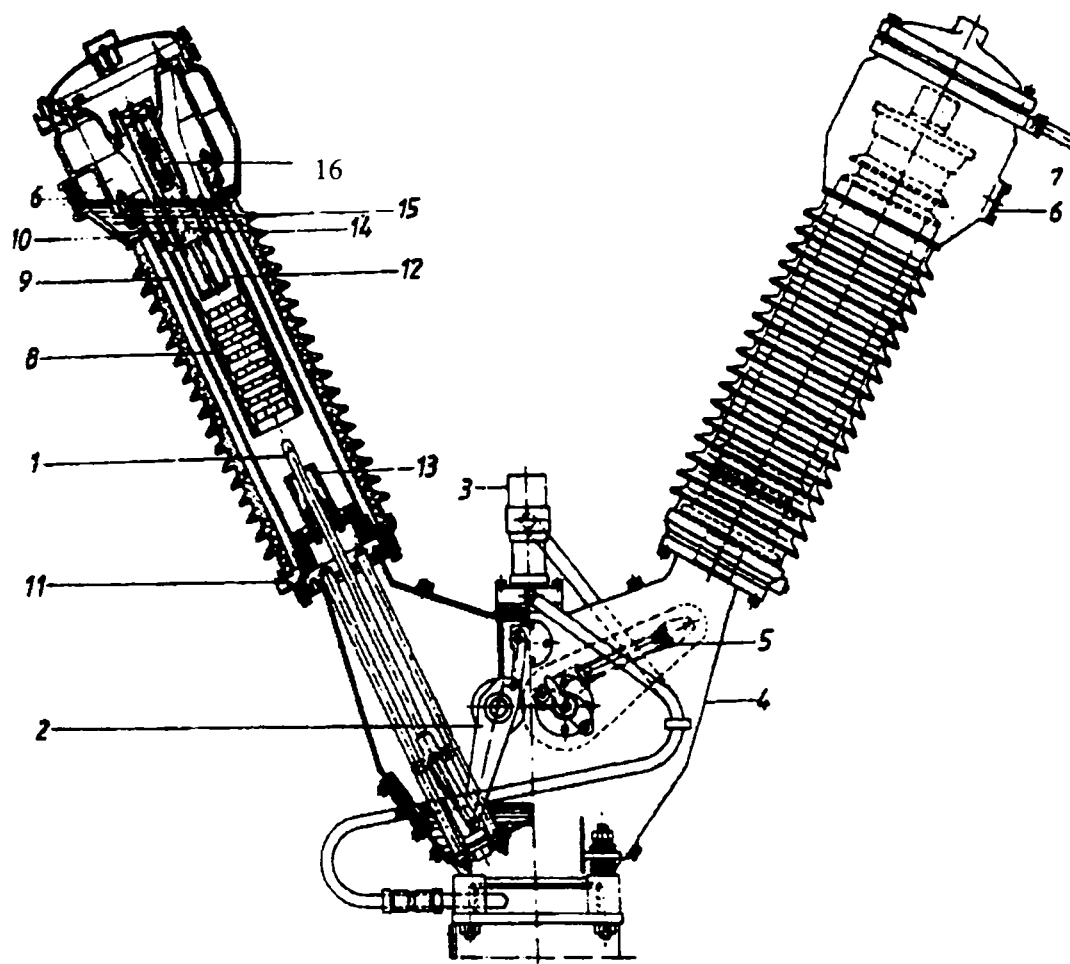


Fig. 3.2. Întreruptor IO-110kV, camera de stingere cu ansamblu mecanism:
1-contact mobil; 2-pârghie de acționare; 3-piston de acționare cu dublu efect; 4-carter comun;
5-resort "tumbler"; 6-indicator de nivel; 7-bornă; 8-cameră de stingere; 9-cilindru izolant;
10-carter superior; 11-carter inferior; 12-piesă de contact "tulipă"; 13-contact alunecător;
14-izolator ceramic; 15-cilindrul dispozitivului anticavitațional; 16 injector.

3.1.2. Mecanismul de acționare oleopneumatic MOP-1

Asigură închiderea și deschiderea trifazică a unui întreruptor IO-110 kV (în cazul comenzii cu un singur mecanism pe trei poli), sau închiderea și deschiderea monofazică în cazul comenzii monopolară. Mecanismul MOP-1 este un dispozitiv de manevră, cu acumulare de energie sub formă de gaz comprimat (azot), într-un ansamblu compus din acumulator și o butelie, montate în cabina mecanismului. Energia eliberată, produsă printr-o detentă parțială a gazului comprimat, este transmisă hidraulic la mecanismul cu piston cu dublu efect, montat pe polul întreruptorului, prin două ansamble de valve (una la închidere și una la deschidere), un ansamblu de țevi și o coloană izolantă de înaltă presiune. În figura 3.3. este reprezentat schematic un mecanism de acționare oleopneumatic de tip MOP-1[1].

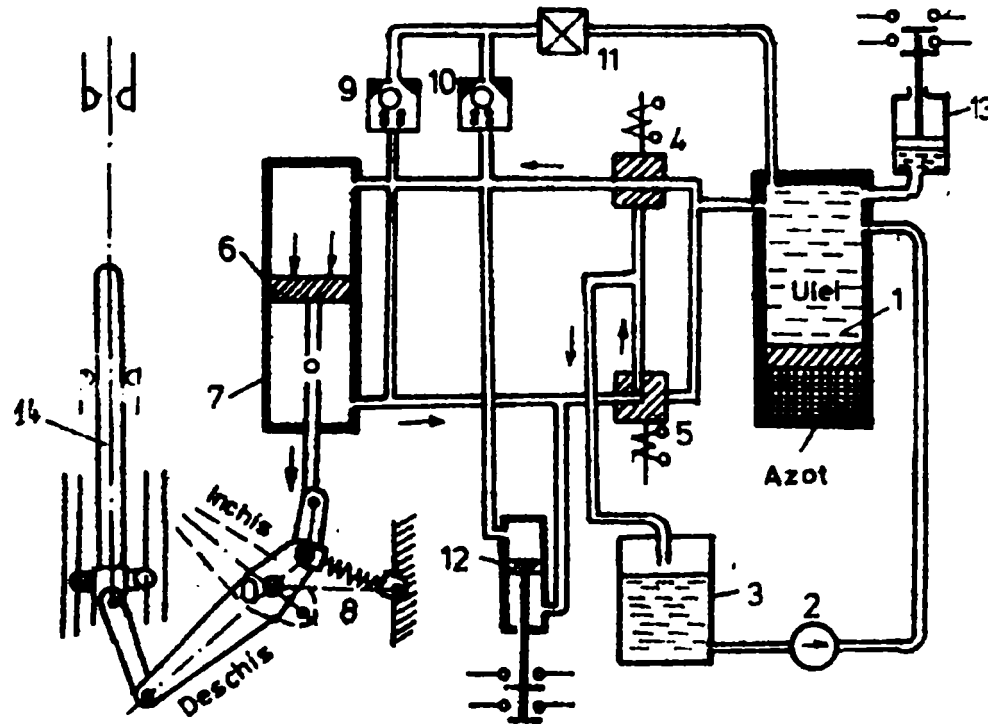


Fig. 3.3. Mecanism oleopneumatic MOP-1:

1-acumulator de înaltă presiune; 2-pompa; 3-rezervor ului; 4,5-electrovalve; 6-piston; 7-cilindru; 8-resortul tumbler; 9,10-ventile; 11-reductor; 12-dispozitiv hidraulic; 13-presostatul; 14-ontact mobil

Presiunea de acționare de cca. 300 atm. este asigurată în acumulatorul de înaltă presiune 1, cu ajutorul pompei 2 care trimite ulei sub presiune din rezervorul de ulei 3. În stare de repaus, electrovalvele 4 și 5 sunt închise, iar între fețele pistonului 6 nu există nici o diferență de presiune. Întreruptorul este menținut în poziția închis de resortul tumbler 8. Pentru a închide întreruptorul prin deplasarea în sus a contactului mobil 14, printr-o comandă electrică se acționează electrovalva 4 care trimite ulei pe fața superioară a pistonului 6 pe care îl deplasează în jos. Uleiul din partea inferioară a cilindrului 7 este trimis în rezervorul 3 prin electrovalva 5 care stabilește comunicația respectivă. După terminarea manevrei, electrovalvele 4 și 5 se închid, iar ansamblul revine la poziția de repaus.

Ventilele 9 și 10 asigură menținerea conductelor la o presiune de 5 atm, prin reductorul 11 împiedicând intrarea aerului în țevi, care ar anula rapiditatea acționării.

Pentru a deschide întreruptorul uleiul este trimis prin electrovalva 5 pe fața inferioară a pistonului 6, iar electrovalva 4 permite uleiului din partea superioară a pistonului să ajungă în rezervorul 3.

Contactul mobil 14 se deplasează în jos și este menținut în poziția deschis de resortul tumbler 8, iar ventilele 9 și 10 asigură din nou egalizarea presiunilor pe cele două fețe ale pistonului. Semnalizarea poziției deschis, respectiv închis se realizează cu dispozitivul hidraulic 12 care acționează un comutator cu contacte de semnalizare. După acționarea MOP-1, electropompa 2 împinge uleiul din rezervorul 3 în acumulatorul 1 până când presostatul 13 îi oprește alimentarea la atingerea presiunii de acționare.

3.2. Caracteristici tehnice

Caracteristicile întreruptoarelor IO-110kV sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Caracteristicile întreruptoarelor IO-110kV

Nr. Crt.	Caracteristica	U.M.	IO-110kV
1	Tensiune nominală	kV	123
2	Curentul nominal	A	1600
3	Curentul limită termic	kA (4s)	31,5
4	Curentul limită dinamic	kA (ampl.)	80
5	Curentul de rupere - curentul de rupere simetric - componenta aperiodică	kA %	31,5 36
6	Cicluri de funcționare		D-0,3 s-ID-3 min – ID sau D-3 min-ID-3 min-ID
7	Durata de acționare - la deschidere - la închidere	ms ms	35...45 115...135
8	Durata arcului (max.)	ms	30
9	Durata ruperii (max.)	ms	75
10	Numărul maxim de ruperi admise între două revizii pt.: - $0,5 I_m < I_r \leq I_m$ - $0,25 I_m < I_r < 0,5 I_m$ - $I_r < 0,25 I_m$ - $I_r \leq I_n$		5 14 40 500
11	Cursa contactelor - totală Ht - în tulipe ht	mm	450^{+5} 76^{+3}
12	Viteza contactelor - la închidere - la deschidere - viteza injectorului - cursa injectorului	m/s mm	$7,5^{+1}_{-0,5}$ 13^{+1} $3,2^{+0,6}_{-0,2}$ 76^{+3}
13	Numărul de camere de stingere / pol	buc.	2
14	Tipul mecanismului de acționare		1 MOP-1 sau 3 MOP-1
15	Eforturi dinamice în fundație (pe pol)	daN	600
16	Eforturi admise în borne - în plan orizontal axial - în plan vertical - în plan transversal	daN	150 40 35
17	Masa aparatului: - pe pol – fără ulei - totală – fără ulei	kg	1450 4350 +1 · 800 sau 3 · 800
18	Volumul de ulei: - în camere - în cartere - în coloane - TOTAL	l	6 · 48 3,23 3 · 49 504

Nr. Crt.	Caracteristica	U.M.	IO-110kV
19	Nesimultaneități – max: - la închidere: - între faze: - între camerele unei faze: - la deschidere: - între faze - între camerele unei faze:	ms	7 5 5 2
20	Rezistența de izolație: - între contactele deschise pe cameră - față de masă	MΩ	min. 5000 min. 10000
21	Căderea de tensiune: - pe o cameră la 100 A - pe un pol	mV	max. 7 15

Caracteristicile mecanismelor MOP-1 sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Caracteristicile mecanismelor MOP-1

Nr. Crt.	Caracteristica	U.M.	MOP-1
1	Presiunea de serviciu	bar	270 ... 300
2	Presiunea minimă de închidere	bar	270
3	Presiunea minimă de deschidere	bar	260
4	Presiunea de precomprimare a azotului în ac. IP	bar	250
5	Presiunea de menținere a uleiului în circuitul de comandă	bar	2...3
6	Presiunea de lucru a supapei de siguranță: - de deschidere - maximă după deschidere - de reînchidere	bar	390...400 410 0...335
7	Capacitatea acumulatorului: - azot - ulei	l	30 4
8	Consumul electric al magneților: - la închidere - la deschidere	VA	300 500
9	Tensiunea electrică a magneților	V=	48-110-220
10	Caracteristicile motorului pompei de IP: - puterea - tensiunea - turația	kW V rot/min	1,5 380/220 1450
11	Controlul temperaturii (min. + 5 °C)		cu termostat
12	Caracteristicile rezistenței de încălzire: - puterea - tensiunea	W V	500 220
13	Greutatea uleiului (lichidului) de transmisie	kg	60
14	Greutatea totală a mecanismului	kg	800

3.3. Analiza statistică defectelor ansamblului IO-110 kV și MOP-1 din gestiunea S.C. ELECTRICA S.A. Sibiu

Defectele ansamblului IO-MOP se repercutează direct asupra siguranței în funcționarea sistemului energetic național. Din aceste motive, analiza aprofundată a defectelor ansamblului IO-110 kV și MOP-1 precum și a cauzelor care le determină, poate conduce la definirea unor parametrii vitali pentru buna funcționare a acestui ansamblu, parametrii a căror evoluție supravegheată on-line poate preîntîmpina defecțiunile. În acest scop s-a urmărit evoluția acestor defecte, analiza acestora conducând la măsuri de preîntîmpinare a defecțiunilor ansamblului.

În cadrul S.C. ELECTRICA S.A. Sibiu se înregistrează incidentele apărute în instalații și se întocmesc “fișe de incident” și “fișe de echipament deteriorat”. Autorul, împreună cu alți colaboratori, a făcut o analiză mai aprofundată a defectelor apărute la ansamblul IO-110 kV și MOP-1 din gestiune. În tabelul 3.3. se prezintă numărul de întreruptoare IO-110 kV și mecanisme de acționare tip MOP-1 existente în stațiile de transformare din județul Sibiu. Menționăm că nu s-au analizat un număr de două stații care încă mai sunt dotate cu întreruptoare tip IUP-110 kV.

Tabelul 3.3. Număr IO-110kV și MOP-1 din stațiile județului Sibiu

Nr. crt.	STAȚIA	CELULA 110 kV	ÎNTRERUPTOR	FAZE	NR. MOP
1	SIBIU NORD	SIBIU SUD1	IO	3	1
		SIBIU SUD2	IO	3	1
		AEROPORT	IO	3	3
		COPSA MICA	IO	3	3
		ORLAT	IO	3	1
		CT	IO	3	1
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1
		TRAFO 3	IO	3	1
2	AEROPORT	SIBIU NORD	IO	3	3
		DUMBRAVA	IO	3	3
		TRAFO 1	IO	3	1
3	DUMBRAVA	AEROPORT	IO	3	3
		SADU V	IO	3	3
		TRAFO 1	IO	3	1
4	ORLAT	SIBIU NORD	IO	3	1
		PETRESTI	IO	3	1
		CT	IO	3	1
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1
5	MIRSA	CISNADIE	IO	3	1
		CHE AVRIG	IO	3	3
		CIRTISOARA	IO	3	3
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1
6	COPSA MICA	MEDIAS	IO	3	3
		SIBIU NORD	IO	3	3
		IMMN 1	IO	3	1
		IMMN 2	IO	3	1
		CT	IO	3	1
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1
7	MEDIAS	COPSA MICA	IO	3	3
		TIRNAVENI	IO	3	3
		AUREL VLAICU	IO	3	3
		CT	IO	3	1
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1

Nr. crt.	STAȚIA	CELULA 110 kV	ÎNTRERUPTOR	FAZE	NR. MOP
8	AUREL VLAICU	MEDIAS	IO	3	3
		DUMBRAVENI	IO	3	3
		AGNITA	IO	3	3
		TRAFO 2	IO	3	1
9	DUMBRAVENI	AUREL VLAICU	IO	3	3
		DANES	IO	3	3
		TRAFO 1	IO	3	1
		TRAFO 2	IO	3	1
10	AGNITA	AUREL VLAICU	IO	3	3
		TRAFO 1	IO	3	1
TOTAL ÎNTRERUPTOARE (FAZE):			48	144	
TOTAL MOP:					85

În figura 3.4. este reprezentată situația defecțiunilor ansamblului IO-110 kV și MOP-1.

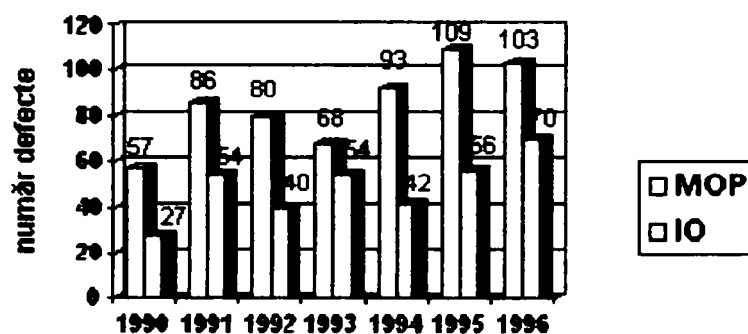


Fig.3.4. Defecte ansamblu IO-110 kV și MOP-1

Se observă că numărul defectelor apărute la mecanismul MOP-1 este constant mai mare decât cele la întreruptorul IO-110 kV, în toți anii luați în analiză. Cumulat pe toți acești ani, ponderile defectelor elementelor ansamblului se prezintă ca în figura 3.5.

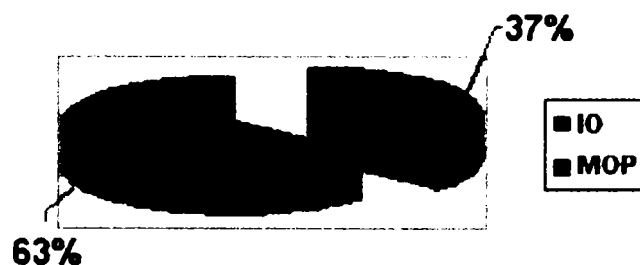


Fig.3.5. Ponderile defectelor elementelor ansamblului IO-110 kV și MOP-1

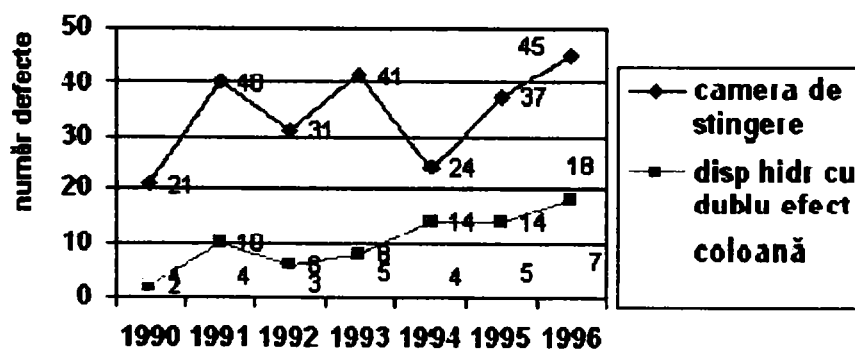


Fig.3.6. Evoluția defectelor elementelor întreruptorului IO-110 kV

În figura 3.6. se prezintă evoluția numărului de defecte apărute la elementele întreruptorului IO-110 kV, care au înregistrat frecvențele cele mai ridicate de defectare.

În figura 3.7 se prezintă evoluția numărului de defecte apărute la elementele mecanismului MOP-1 care au înregistrat frecvențele cele mai ridicate de defectare.

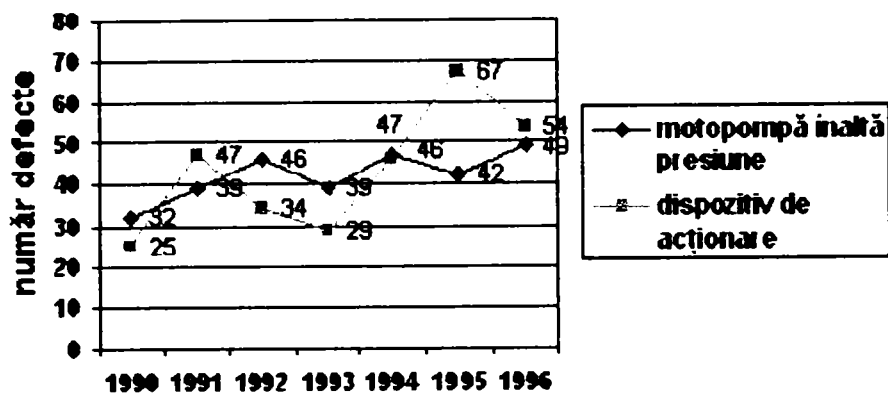


Fig.3.7. Evoluția defectelor elementelor mecanismului MOP-1

În figurile 3.8 și 3.9 se prezintă principalele cauze ale apariției defectelor la IO-110 kV, respectiv la mecanismul MOP-1.



Fig.3.8. Cauzele defectelor la IO-110kV

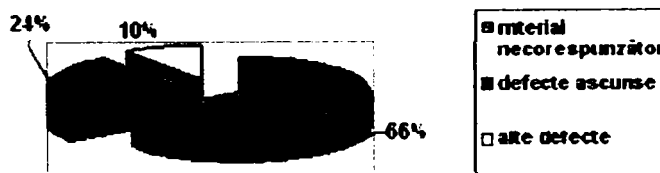


Fig.3.9. Cauzele defectelor la MOP-1

Plecând de la statistica realizată pe 7 ani la S.C.ELECTRICA Sibiu, se observă că la întreruptoarele IO-110 kV, piesele și subansamblele cu frecvență ridicată de defectare, sunt camera de stingere, dispozitivul hidraulic cu dublu efect și coloana.

Cauzele care produc aceste defecte țin, în general, de fenomenele atmosferice (conturnări), uzură (contacte, camera de stingere) și de corecta funcționare a dispozitivului de acționare (tija contact, piston dublu efect). Se poate evidenția faptul că o parte din defecte, în special cele legate de fenomenele atmosferice, sunt aleatoare, deci pentru evitarea lor trebuie luate măsuri privind amplasarea, tipul de protecție și întreținerea echipamentelor. Celelalte defecte apar, în general, în urma unor procese de degradare evolutive, cu o durată mai lungă sau mai scurtă, care cel puțin teoretic, pot fi anticipate printr-o urmărire atentă și astfel evitate printr-o corectă întreținere a întreruptoarelor.

Analizând defectele întreruptorului IO-110 kV, din punct de vedere al pieselor și subansamblelor frecvent deteriorate rezultă următoarele elemente:

- **camera de stingere:**
 - a) deteriorarea vârfului de contact care se sparge mecanic din cauze de material și în alte situații datorită reglării necorespunzătoare a amortizării la închidere a întreruptorului (la dispozitivul cu dublu efect). Vârful de contact se mai poate deteriora și datorită uzurii pronunțate ca urmare a ruperii curentului de scurtcircuit;
 - b) blocarea tijei de contact mobil la simeringul ce asigură etanșarea camerei de stingere față de carter, datorită îndoirii tijei. Blocarea tijei se realizează într-o poziție intermediară putând duce, dacă blocarea se realizează în momentul ruperii unui curent de scurtcircuit, la explozia camerelor de stingere;
 - c) creșterea rezistenței de contact ca urmare a decăririi lamelei elastice ce realizează presiunea degetului de contact pe tija de contact mobil;
 - d) degradarea uleiului din camera de stingere care duce la supratensiuni de comutație datorate reaprinderilor din camera de stingere.
 - e) pierderea etanșeității asigurate de simeringul de pe tija contactului mobil, care duce la reducerea nivelului de ulei din camera de stingere.
- **dispozitivul hidraulic cu dublu efect:**
 - a) blocarea dispozitivului cu dublu efect se realizează iarna când, datorită etanșeităților necorespunzătoare datorate garniturilor, intră apă care apoi îngheață în amortizorul de închidere ducând la nerealizarea comenzii de închidere.
 - b) ruperea tijei pistonului cu dublu efect.
- **coloana:**
 - a) scăderea izolației coloanei izolante datorită pierderii etanșeității garniturilor, fapt ce permite scurgeri de ulei ET-10.

Analizând mecanismul MOP din punct de vedere al pieselor și subansamblelor frecvent defectate se observă că există patru echipamente cu grad ridicat de defectare:

- **ansamblul acumulator de înaltă presiune:** cu localizare în special la garnituri și suprafața interioară a cilindrului
- **detendor** (dispozitiv de menținere a presiunii): cu localizare în special la rezistența hidraulică, capac și valve;
- **grup motopompă:** cu localizare în special la cuplele elastice, pompe și supapele de siguranță;
- **inelele de etanșare metal-cauciuc.**

Restul elementelor au o frecvență redusă de defectare.

Pe baza celor prezentate voi face următoarele observații:

- dispozitivul MOP-1 prezintă frecvența cea mai mare de defectare din cadrul ansamblului;
- garniturile de etanșare afectează în mod pregnant fiabilitatea;
- cunoscând cu cât mai mare exactitate elementele cu frecvență mare de defectare în timp, se pot stabili mărimile lor caracteristice care trebuie urmărite pentru preîntâmpinarea pe cât posibil a apariției defectelor.

Pentru creșterea nivelului de fiabilitate al ansamblului recomand următoarele:

- înlocuirea echipamentelor vechi, care au depășit durata de viață și au prezentat defecte repetate;
- utilizarea unor materiale și piese de schimb de calitate mai bună, în special garnituri;
- monitorizarea ansamblului.

Adoptarea uneia sau alteia dintre aceste soluții se va face pe baza unei analize cost/eficiență conform celor analizate în capitolul 2.

3.4. Încercări la anduranță ale întreruptorului IO-110 kV/1600A

În urma analizei statistice a defectelor, prezentată anterior, precum și a studiului unui volum însemnat de bibliografie [1,7,8,40,45,47,67,68,74,77,78], pentru o analiză mai aprofundată a comportării ansamblului IO-110kV și MOP-1, la inițiativa și pe baza unei teme întocmite de autor, s-a solicitat Laboratorului de Mare Putere al ICMET Craiova efectuarea de încercări privind atestarea anduranței electrice și mecanice între două revizii succesive pentru un pol de întreruptor IO-110kV. Acest tip de încercări s-au efectuat **în premieră** națională. Încercările s-au efectuat în cadrul contactului nr. 1582/99 [49], contract încheiat între SDEE Sibiu și ICMET Craiova. Aceste încercări s-au efectuat în conformitate cu standardul de produs [84]. Tot cu această ocazie s-au efectuat măsurători pentru stabilirea rezistenței dinamice de contact, a rigidității dielectrice a uleiului din camera de stingere, căderea de tensiune între borne și tensiunea tranzitorie de restabilire.

Încercările s-au efectuat pe un montaj compus dintr-un ansamblu mecanism și camere de stingere de rezervă, un mecanism MOP-1 și o coloană izolantă scurtă, care au funcționat o bună perioadă de timp și apoi au fost retrase din exploatare.

Caracteristicile indicate de producător [49] au fost următoarele:

Tensiune	123 kV
Curent	1600 A
Frecvența	50 Hz
Tensiune comandă	220 Vcc
Presiune de comandă	30 Mpa
Presiune în pol la 20°C	- Mpa
Tensiune de alimentare motor de acționare	380 Vca
Curent de scurtă durată admisibil:	
- curentul limită termic	31,5 kA
- curentul limită dinamic	80 kA
- durata	1sec
Capacitate de închidere în scurtcircuit	80 kA
Capacitate de rupere în scurtcircuit	31,5 kA
Tensiune de încercare	64 kV/cameră
Secvența nominală de manevre	D-0,3'-ID-3'-ID
Durata minimă de deschidere	34 ms
Procentajul componentei aperiodice	37%
Tensiunea tranzitorie de restabilire	
- valoare de vârf	137 kV
- viteza de creștere	1 kV/μs

În figura 3.10. se prezintă schema circuitului de încercare și măsurare la comutația reactoarelor șunt iar în tabelele 3.4 și 3.5 se prezintă elementele și parametrii circuitului de încercare și măsurare, respectiv tensiunea tranzitorie prezumată.

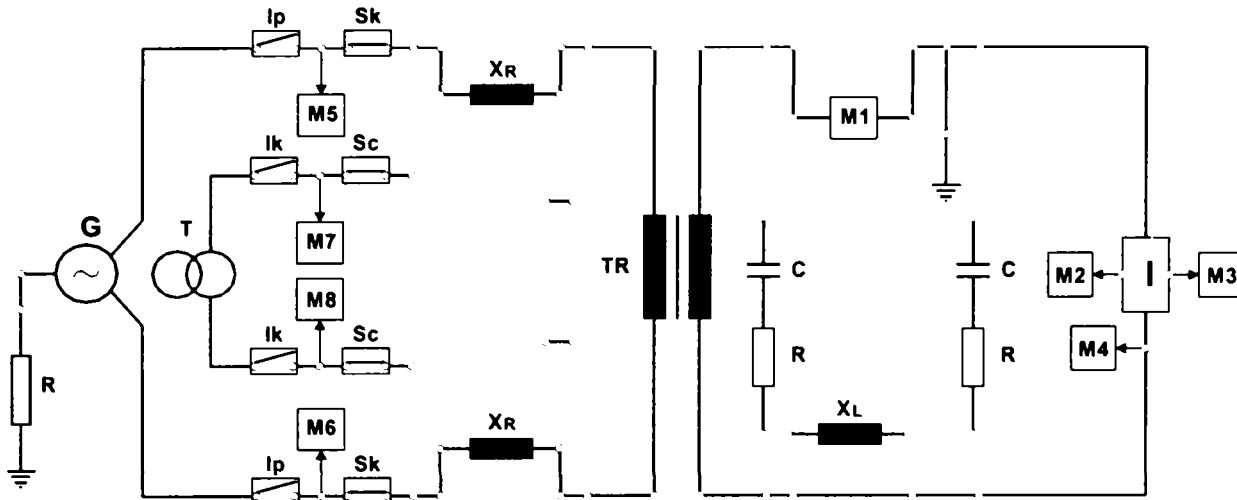


Fig. 3.10. Schema circuitului de încercare și măsurare la comutația reactoarelor șunt:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| G-Generator de scurtcircuit | R-Rezistor |
| T-Transformator de rețea | TR-Transformator ridicător de șoc |
| Ip-Întrepritor de protecție 12kV | M 1÷8-Puncte de măsură |
| Ik-Întrepritor de protecție 6kV | C-Condensator |
| Sk-Scurtcircuitor 12kV | I-Întrepritorul încercat |
| Sc-Scurtcircuitor 6kV | XR, XL-Bobine de reactanță |

Tabelul 3.4.Elementele și parametrii circuitului de încercare și măsurare

Secvența de încercare		Deschiderea 12 kA	Deschiderea 8 kA	Deschiderea 4 kA
Număr faze		2	2	2
Sursa/conexiuni		G2/Y	G2/Y	G2/Y
Transformator/raport		TR 5, 6, 7, 8, 9/12/12,86 kV		
Legare la pământ	Sursa [Ω]	600		
	Aparat	Legare fermă		
Reactor [$m\Omega$]		33	280	400
Factor de putere		< 0,15		
Circuit de sarcină	Reactor X [Ω]	-	-	-
	Rezistor R [Ω]	-	-	-
	Condensator [μF]	-	-	-
	Factor de putere	-	-	-
Reglaj TTR	Condensator [μF]	-	-	-
	Rezistor R [Ω]	-	-	-
M 5 – Tensiunea sursă – Transformator de tensiune 15000V/100V				
M 1 – Curent aparat – Șunt 20 kA/2 V				
M 2 – Tensiune aparat – Divizor capacitiv 400 pF/700 nF				

Măsurătorile au fost efectuate cu o precizie de $\pm 1,5\%$.

Tabelul 3.5 Tensiunea tranzitorie de restabilire(TTR)-prezumată

Mărimea	Simbol	U.M.	Valori		
			Secvența		
			Deschidere 12 kA	Deschidere 8 kA	Deschidere 4 kA
Tensiunea tranzitorie de restabilire	U_C	kV	134	141	132
Timp corespunzător lui U_C	t_3	μs	80	100	145
Viteza de creștere	U_C / t_3	kV/ μs	1,67	1,41	0,91
Frecvența proprie	f	kHz	-	-	-
Factorul de amplitudine	-	-	1,55	1,63	1,535
Tensiunea de restabilire la frecvența industrială U_f	U_f	kV	64	64	64
Factorul primului pol	-	-	1,5	1,5	1,5

În tabelele și oscilogramele rezultate în urma încercărilor și a măsurătorilor s-au utilizat următoarele notații:

U_a = tensiunea aplicată la borne

I_s = vârful curentului de închidere

I_{sc} = curentul de rupere

β = procentajul componentei aperiodice

U_f = tensiunea de restabilire

U_C = vârful tensiunii tranzitorii de restabilire

U_{arc} = tensiunea în arc

T_{st} = durata de stabilire a curentului

T_{pa} = durata de prearc

T_i = durata de închidere

T_d = durata de deschidere

T_a = durata arcului

T_{sc} = durata de rupere a curentului

T = scara de timp

i_{CI}/i_{CD} = curent de comandă închidere/deschidere

U_s = tensiunea sursei

s = cursa contactelor

p = presiunea în interiorul întreruptorului măsurată în timpul încercărilor

u_c = tensiunea de comandă

P = presiunea de comandă

MM' = momentul separării contactelor

Programul încercărilor a fost următorul:

1. S-au efectuat următoarele cicluri de încercări la scurtcircuit:
 - a) 14 deschideri la parametrii $U_r = 64 \text{ kV}$, $I_{sc} = 12 \text{ kA}$;
 - b) 40 deschideri la parametrii $U_r = 64 \text{ kV}$, $I_{sc} = 8 \text{ kA}$;
 - c) 100 deschideri la parametrii $U_r = 64 \text{ kV}$, $I_{sc} = 4 \text{ kA}$;
2. S-a determinat rezistența dinamică de contact astfel:
 - pentru pct.1a înaintea încercărilor și după 14D
 - pentru pct.1b înaintea încercărilor, după 20D și după 40D
 - pentru pct.1c înaintea încercărilor, după 25D,50D,75D și după 100D
3. S-a verificat rigiditatea dielectrică a polului prin metoda impulsurilor de tensiune (caracteristica dielectrică de gol) după fiecare ciclu de încercări de la punctul 1.
4. S-au executat încă 750 de manevre ID de duranță mecanică în continuarea celor 250 de la punctul 1 și a celor executate pentru determinarea caracteristicilor cinematice nominale și a metodelor de apreciere a stării tehnice a întreruptorului.

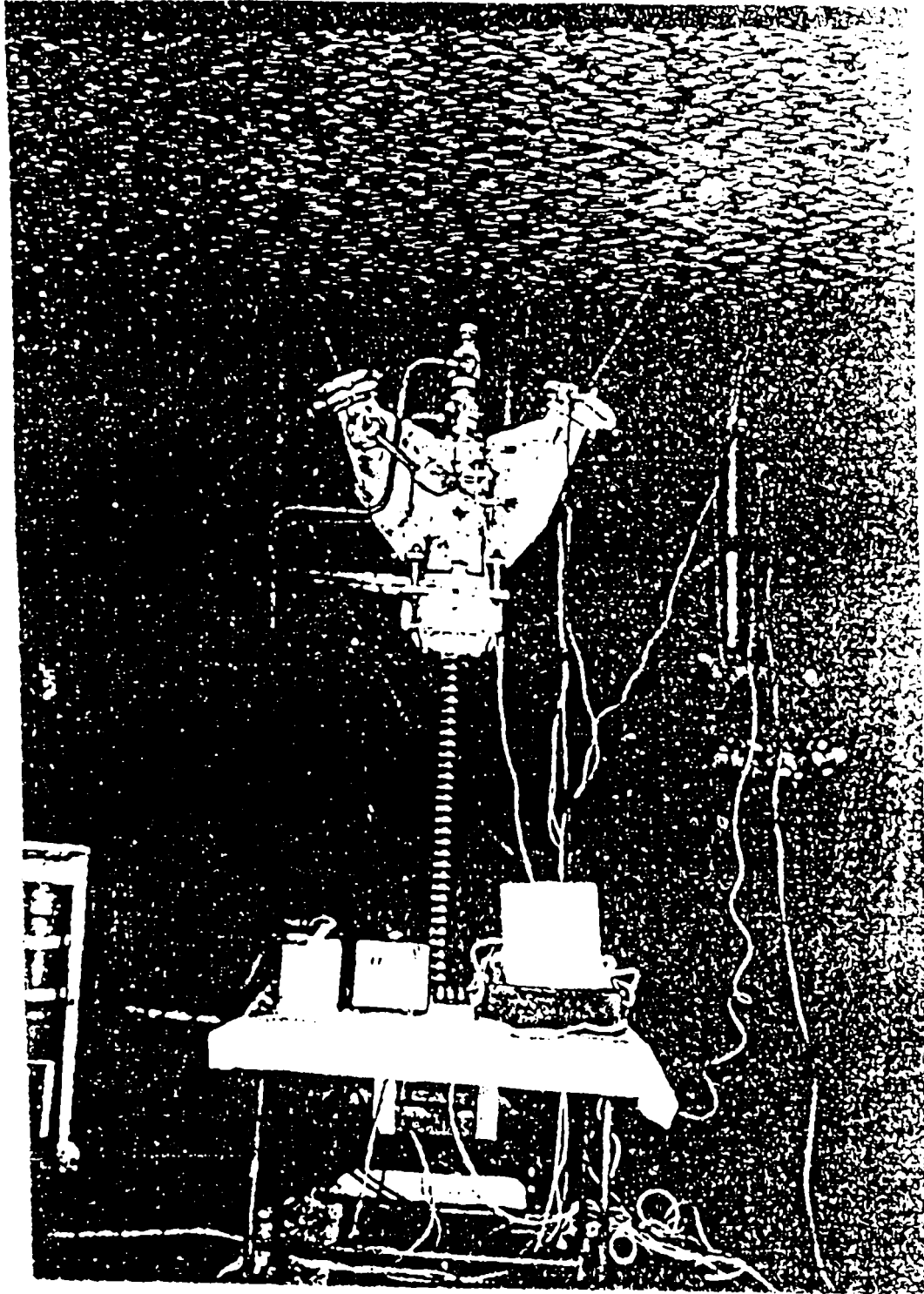
Polul de întreruptor pregătit pentru încercări arată ca în foto 1. Polul astfel realizat îndeplinește criteriile de echivalență necesare pentru ca încercările efectuate să fie extrapolate asupra întreruptorului tripolar complet cu comanda tripolară și monotripolară în conformitate cu normele CEI și STR[84, 85] referitoare la:

- încercări în monopolar ale întreruptoarelor tripolare;
- încercări pe elemente separate (pe o singură cameră);
- identitatea elementelor separate și anume cele legate de caracteristici cinematice și căderea de tensiune;
- repartiția tensiunii de restabilire pe elemente separate (camere de stingere).

Deasemenea au mai fost verificate alte condiții care definesc caracteristicile nominale ale întreruptorului tip IO, conform cărții tehnice [75]:

- uleiul de umplere din camera de stingere a cărei rigiditate dielectrică este sensibil apropiată de valoarea $E \geq 120 \text{ kV/cm}$ și anume $E_1 = 115 \text{ kV/cm}$ pe camera 1 pentru ciclul de încercări 1 și $E_2 = 220 \text{ kV/cm}$ pe camera 2 pentru ciclurile de încercări 2 și 3 conform buletinelor de încercări
- căderea de tensiune între borne a cărei valoare este ΔU sensibil apropiată de valoarea impusă de 6 mV , adică $\Delta U_1 = 5,65 \text{ mV}$ pe camera 1 și $\Delta U_2 = 6,75 \text{ mV}$ pe camera 2;
- caracteristicile cinematice (timpuri de acționare, viteze) care sunt în conformitate cu prescripțiile constructorului.

Foto 1. Polul de întreruptor pregătit pentru încercări



Aprecierea comportării întreruptorului la anduranță electrică

Rezultate

Rezultatele încercărilor sunt prezentate sub formă tabelară în anexele IA/1,2,3 iar în anexele IB/1-8 sub formă de oscilograme.

Încercările:

- 1-14 sunt încercări din ciclul 1 de program înregistrările efectuându-se pe fiecare încercare;
- 15-54 din ciclul 2 de program înregistrările efectuându-se pe fiecare încercare;
- 55-155 din ciclul 3 de program, înregistrările efectuându-se numai pentru încercările numerotate de la 55 până la 79 din cinci în cinci manevre.

În tabele sunt redată următoarele mărimi:

- număr încercare;
- număr oscilogramă;
- operația;
- curentul de rupere- I_{sc} [kA];
- procentajul componentei aperiodice- β [%];
- tensiunea de restabilire- U_r [kV];
- vârful tensiunii tranzitorii de restabilire- U_c [kV] (numai câte o valoare pe ciclu);
- durata de deschidere- T_d [ms];
- durata arcului- T_a [ms];
- durata de rupere a curentului- T_{sc} [ms].

În oscilograme sunt înregistrate următoarele mărimi:

- curentul de comandă la deschidere- i_{cd} ;
- curentul de rupere- I_{sc} ;
- cursa contactelor- s ;
- tensiunea de restabilire- U_r ;
- tensiunea sursei- U_s ;
- vârful tensiunii tranzitorii de restabilire- U_c [kV] (numai câte o oscilogramă pe ciclu).

S-au ales cele mai reprezentative oscilograme și anume cele de la începutul și sfârșitul fiecărui ciclu, respectiv cele care au înregistrat vârful tensiunii tranzitorii de restabilire, astfel

- Oscilograma IB/1 reprezintă primele două încercări din ciclul 1;
- Oscilograma IB/2 reprezintă încercarea numărul 4 din ciclul 1, cu înregistrarea vârfului tensiunii tranzitorii de restabilire- U_c ;
- Oscilograma IB/3 reprezintă ultima încercare din ciclul 1;
- Oscilograma IB/4 reprezintă primele două încercări din ciclul 2;
- Oscilograma IB/5 reprezintă a treia încercare din ciclul 2, cu înregistrarea vârfului tensiunii tranzitorii de restabilire- U_c ;
- Oscilograma IB/6 reprezintă ultima încercare din ciclul 2;
- Oscilograma IB/7 reprezintă prima încercare din ciclul 3, cu înregistrarea vârfului tensiunii tranzitorii de restabilire- U_c ;
- Oscilograma IB/8 reprezintă ultimele două înregistrări din ciclul 3.

Interpretând anexele se observă:

- duratele de deschidere au fost de 32÷44ms realizat față de 32÷45ms impus;
- duratele de arc au fost de max. 29ms realizat față de 31ms impus;
- manifestările întreruptorului au fost conforme cu recomandările CEI adică cu ușoară emisie de gaze.

În timpul încercărilor în cele 3 cicluri de încercări la scurtcircuit întreruptorul s-a comportat în conformitate cu prescripțiile din cartea tehnică [75] care stabilește valorile impuse pentru mărimile menționate.

Verificări preliminare

În conformitate cu practica și tendințele recomandărilor CEI tensiunea tranzitorie de restabilire (TTR) nu este normată pentru încercări de anduranță electrică. Totuși valorile prezumate în condițiile în care tensiunea de restabilire (TR) respectă valorile impuse din CEI și STR [84,85] sunt cele din tabelul 3.5. În anexele III/1,2,3. se prezintă oscilogrammele înfășurătorilor tensiunii tranzitorii de restabilire prezumate construite din două trepte cu doi parametri (U_c și t_3) pentru cele trei valori ale curentului de scurt-circuit (12,8 respectiv 4 kA). Comparând măsurătorile (anexele IA/1,2,3 și IB/2,5,7.) cu valorile prezumate, se constată că în ciclul I apare o diferență de 2 kV (136 kV față de 134 kV prezumată), în ciclul II o diferență de 9 kV (150 kV față de 141 kV prezumată), iar în ciclul III o diferență de 34 kV (166 kV față de 132 kV prezumată), deci se confirmă modul de stabilire al valorii prezumate.

Aspecte comune legate de încercările la anduranță electrică la scurtcircuit

Înainte efectuării încercărilor propriu-zise s-au înregistrat formele de undă ale tensiunii de străpungere a intervalului prin metoda impulsurilor multiple pentru determinarea caracteristicii dielectrice de gol și formele de undă corespunzătoare rezistenței dinamice de contact pentru a avea amprenta inițială a stării tehnice a întreruptorului.

Pentru determinarea *caracteristicii dielectrice de gol* s-a aplicat metoda impulsurilor multiple (metoda "dintelui de fierăstrău"). În cazul aplicării metodei impulsurilor multiple prin descărcarea energiei unui condensator pe contactele în curs de deschidere ale întreruptorului se procedează la determinarea tensiunilor de străpungere. Schema de principiu a circuitului de încercare prin această metodă este prezentată în figura. 3.11.[21]

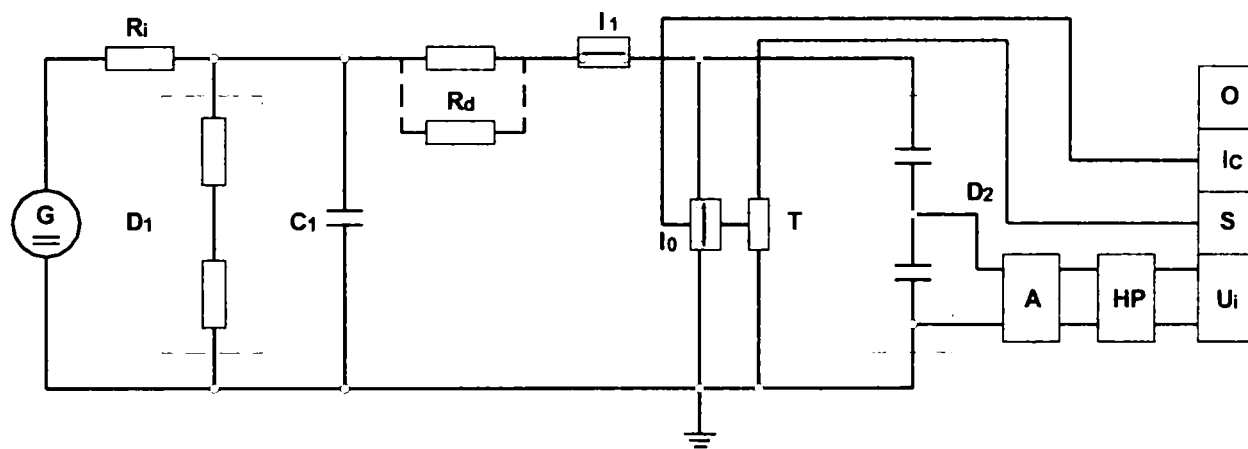


Fig. 3.11. Circuitul de încercare prin metoda impulsurilor multiple:

G-Generator cc; T-Traductor cursă; Ri-Rezistența încărcare; D_2 -Divizor capacitiv

D_1 -Divizor rezistiv; HP,A-Amplificatoare; C_1 -Baterie condensatoare; O-Oscilograf

R_d -Rezistența descărcare; I_{sc} -Curent comandă; I_1 -Întreruptor auxiliar; S-Cursa traductor

I_0 -Întreruptor de încercat; U_i -Tensiune străpungere

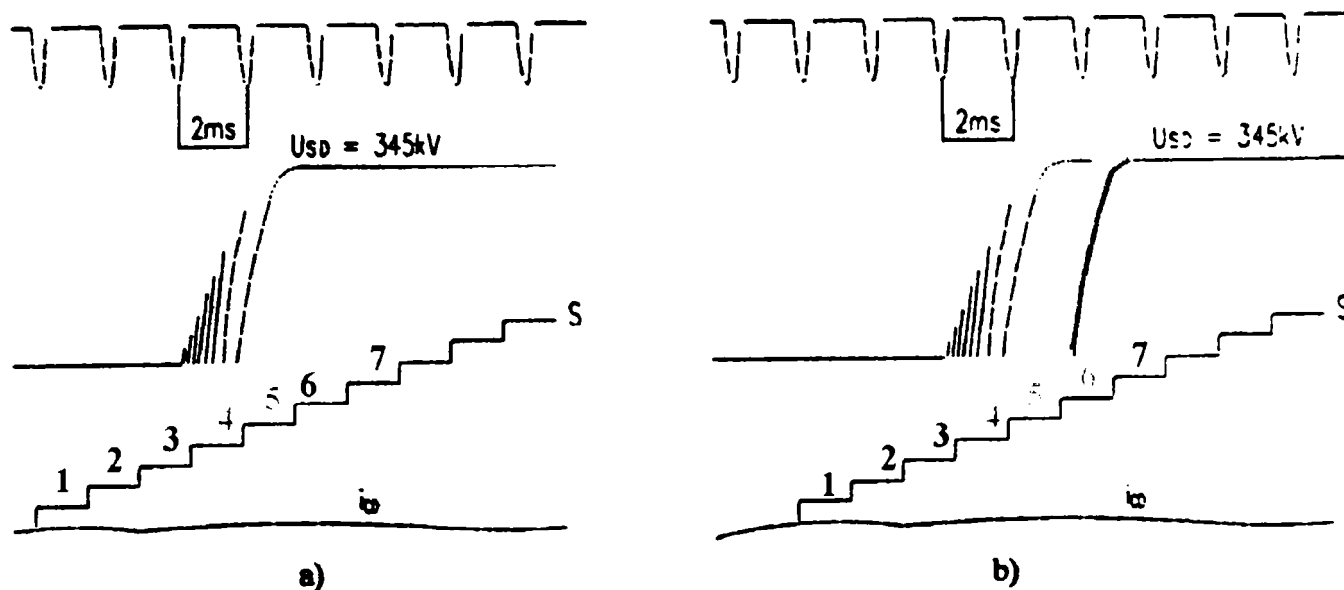


Fig.3.12. Oscilograma rezultată la încercări prin metoda impulsurilor multiple:
 U_{SD} -tensiunea de străpungere; S-cursa traductor; i_{CD} -curent comandă.

În figura 3.12.[49] se prezintă oscilograma rezultată în urma încercărilor. Încercările s-au făcut în două stări ale întreruptorului și anume:

- în starea inițială (figura 3.12.a)
- după un ciclu de încercări (figura 3.12.b)

Cu culoarea roșie s-au evidențiat pașii de incrementare ai traductorului la care are loc străpungerea intervalului disruptiv. Pașii de incrementare ai traductorului corespund deplasării contactului mobil în sensul creșterii distanței față de contactul fix deci în sensul măririi intervalului disruptiv. Analizând oscilograma b) se observă că străpungerile intervalului disruptiv au loc în cazul pașilor de incrementare 4, 5 și 6 ai traductorului, spre deosebire de oscilograma a) unde acestea au loc doar în cazul pașilor 4 și 5. Se observă că în cazul b) mai are loc o străpungere în cadrul pasului 6 al traductorului, străpungere evidențiată prin culoarea roșie. Rezultă deci că rigiditatea dielectrică a intervalului izolant din camera de stingere a scăzut, fapt confirmat și prin măsurătorile dielectrice ale uleiului (tabelul 3.7). Acest lucru confirmă faptul că rigiditatea dielectrică a uleiului scade datorită influenței arcului electric din procesele de comutație.

Metoda rezistenței dinamice de contact se bazează pe determinarea în regim dinamic a rezistenței electrice a căii de curent dintre bornele de racord la manevre simple ID sau cicluri ID, DI sau DID prin injectarea în echipament a unui curent electric de 400 Acc și măsurarea simultană a curentului injectat și a căderii de tensiune între bornele echipamentului. Simultan se înregistrează și cursa contactului mobil, aceasta servind la o localizare corectă a fenomenelor .

Caracteristica rezistenței de contact are o alură diferită în funcție de construcția camerei de stingere și de starea elementelor de contact. Trecerea dinspre zona de contact de arc către zona de contact permanent sau invers, se localizează pe caracteristică prin modificarea valorii rezistenței de contact. Corelând caracteristicile rezistenței de contact cu cursa contactului mobil se determină lungimea contactului de arc. Din analiza caracteristicii rezistenței de contact se poate evalua starea tehnică a echipamentului în funcție de următoarele elemente:

- lungimea discontinuităților electrice;
- rezistența electrică a căii principale de curent în regim de contact permanent;
- lungimea vârfului de contact.

Rezultatele măsurătorilor efectuate sunt prezentate în anexele II/1-3, iar datele principale sunt sintetizate în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Rezultatele măsurătorilor prin metoda rezistenței dinamice de contact

Anexa	Nr. încercare	Curentul/ ciclu [kA]	Rezistența ohmică stabilizată [$\mu\Omega$]	Lungimea discontinuității electrice [grade]	Unghi de separare galvanică [grade]
II/1a	0	12/1	74,4	5,83	93,22
II/1b	14	12/1	62,62	7,12	92,78
II/2a	0	8/2	67,39	2,54	87,08
II/2b	20	8/2	68,13	7,19	93,91
II/2c	40	8/2	65,47	10,59	90,59
II/3a	0	4/3	62,96	6,58	93,34
II/3b	25	4/3	60,12	8,11	95,25
II/3c	50	4/3	60,77	8	96,26
II/3d	75	4/3	57,98	10,8	92,47
II/3e	100	4/3	66,36	11,77	93,65

În anexele II/1-3, mărimile înregistrate s-au notat astfel:

- 1-cursa contactului mobil [grade];
- 2-curentul prin bobină-Ib [A];
- 3-rezistența ohmică a căii de curent-R [$\mu\Omega$];
- 4-viteza contactului mobil-V [grade/s];
- Rst-rezistența ohmică stabilizată [$\mu\Omega$].

Anexele II/1a, II/2a și II/3a reprezintă amprente inițiale ale stării tehnice a întreruptorului înaintea fiecărui ciclu de încercări. Comparând celelalte înregistrări, (redate în anexele II/1b, II/2b,c și II/3b,c,d,e), și coroborându-le cu datele din tabel rezultă următoarele concluzii:

- valoarea rezistenței ohmice stabilizate pe contactul permanent este în limitele prescrise de constructor prin căderea de tensiune $\Delta U = 6mV$ la $I = 100 A$.; modificarea valorii acesteia în sensul scăderii (până la 10%) în cadrul fiecărui ciclu de încercare se datorează utilizării contactelor noi neargintate. Pe parcursul manevrelor stratul de oxid a fost îndepărtat, iar rugozitățile din prelucrări mecanice s-au micșorat (fapt constatat prin vizualizarea stării contactelor înainte și după fiecare ciclu de încercări);
- modificările survenite în alura porțiunii din curba rezistenței contactelor de rupere scot în evidență uzura acestora prin:
 - modificarea unghiului de separare galvanică a contactelor
 - modificarea lungimii discontinuității electrice a contactelor de rupere
 Valorile măsurate ale acestor mărimi sunt prezentate în tabelul 3.7. din care rezultă că revizia contactelor trebuie efectuată când valoarea unghiului de separare este de 91 ± 2 grade față de unghiul de referință pe poziția închis de 113 grade, iar lungimea discontinuității electrice este de max. 10 grade Se observă că, pe parcursul creșterii numărului de încercări pentru fiecare ciclu, starea contactelor se depreciază.
- analizând curba cursei contactului mobil rezultă valorile vitezei, răspunsul amortizoarelor de închidere și deschidere, cursa totală a întreruptorului, care au fost reglate inițial la valorile impuse de constructor. Se poate constata că acestea (caracteristicile cinematice) s-au menținut în limitele prescrise pe toată durata ciclurilor de încercare și anduranță mecanică.

Aspecte legate de piesele de uzură la arc electric

Documentul care stabilește limitele de uzură ale pieselor datorită acțiunii arcului electric este cartea tehnică a întreruptorului [76]. Nomenclatorul pieselor de uzură este prezentat în figura 3.13. Starea contactelor după ciclurile 1, 2 și 3 este prezentată în foto 2, 3 și 4 (anexate). Pentru comentariile ce urmează s-au notat cu litere A, B, ... mărimile care definesc uzura pieselor supuse arcului electric.

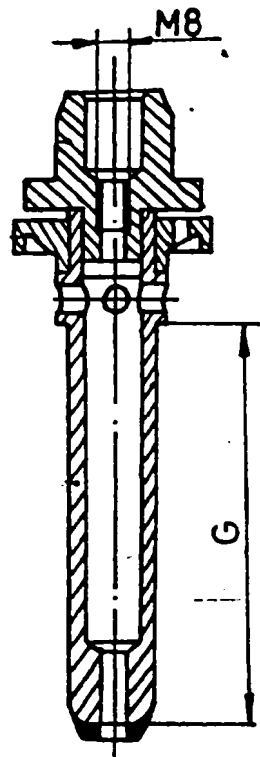
În acest paragraf se procedează la cuantificarea eroziunii acestor elemente rezultată în urma încercărilor efectuate în cele trei cicluri. Pe o cameră a întreruptorului s-a efectuat ciclul 1 de încercări, datele obținute după încercări fiind prezentate în tabelul 3.7.[49] și se compară cu valorile impuse. S-a notat cu A,B..., valorile măsurate după ciclul 1 de încercări, respectiv cu A_1, B_1, \dots , valorile maxime ale uzurii admise de producător înaintea înlocuirii uleiului. După înlocuirea uleiului din camera de stingere și a pieselor de uzură specificate în tabel (inel de protecție, vârf contact, deget contact) s-a efectuat ciclul 2 de încercări la care uzurile pieselor determinate prin măsurarea cotelor au valori sensibil apropiate de cele prezentate în tabel,

diferența fiind dată doar de raportul $\frac{N \cdot I}{N_1 \cdot I_1} = \frac{40 \cdot 8}{34 \cdot 8}$

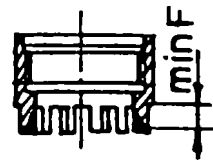
Ciclul 2 s-a efectuat pe camera 2 a întreruptorului pentru care valoarea solicitării care determină uzura este dată de raportul $\frac{N \cdot I}{N_1 \cdot I_1} = \frac{100 \cdot 4}{500 \cdot 1,6}$ iar măsurătorile pieselor date au scos în evidență aceleași valori ale mărimilor: $A_1, B_1, \dots D_1$.

Tabelul 3.7. Uzura elementelor întreruptorului încercat

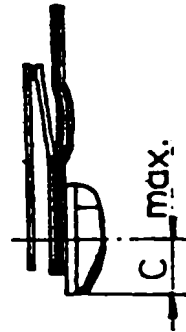
Denumirea Elementului	Curent întrerupt N·I [kA]	Limita de uzura
Inel de protecție	$\frac{N \cdot I}{N_1 \cdot I_1} = \frac{14 \cdot 12}{10 \cdot 16}$	A = 26mm
		$A_1 = 26\text{mm}$
Vârf de contact		B = 29mm
		$B_1 = 26\text{mm}$
Deget de contact		C = 13mm
		$C_1 = 15\text{mm}$
Camera de stingere		D = 26mm
		$D_1 = 27\text{mm}$
Injector		F = 128mm
		$F_1 = 124\text{mm}$
Piesa de ghidaj	G = 0	
	$G_1 = 7\text{mm}$	
Rigiditate ulei Tr30	E = 20-29,3kV/cm	
	$E_1 = 20 \text{ kV/cm}$	



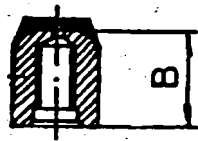
Injector



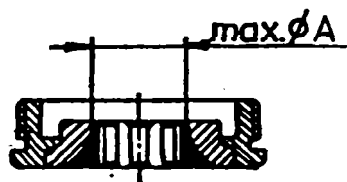
Piesă de ghidaj



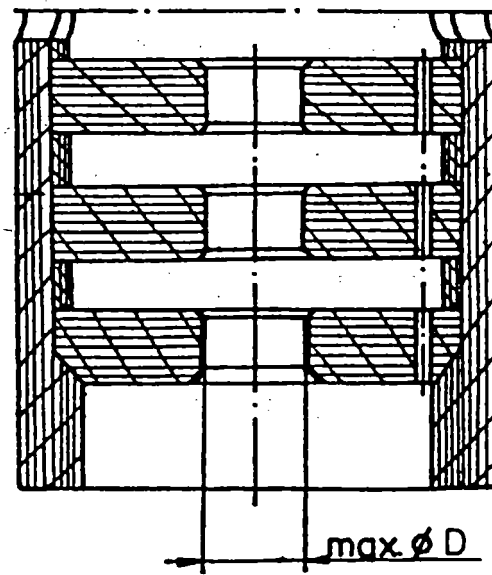
Deget contact



Vârf contact



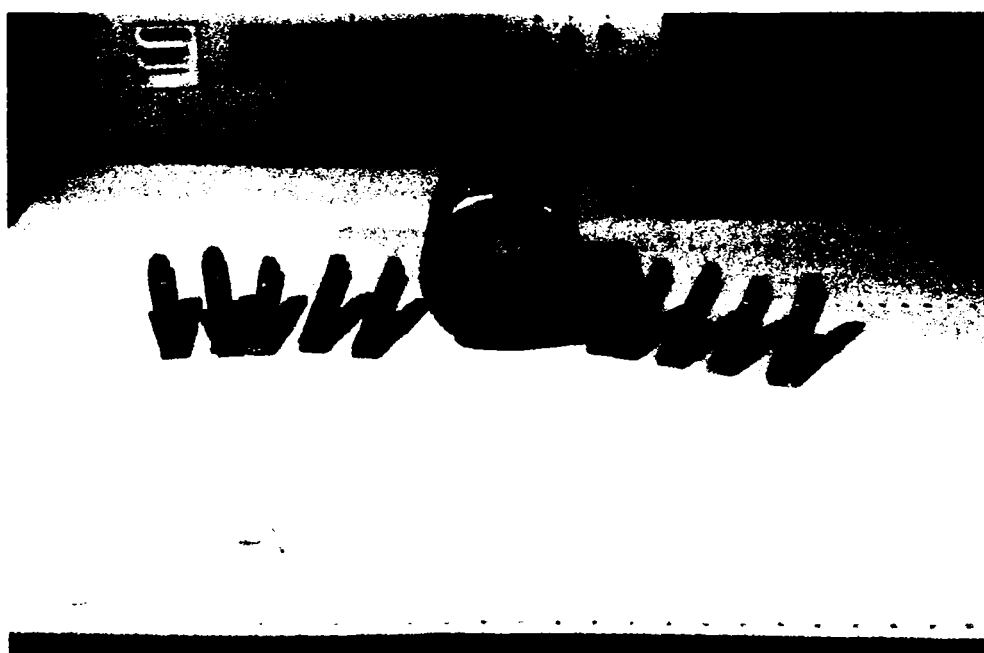
Inel de protecție



Cameră de stingere

Fig.3.13. Piese de uzură. Limite

FOTO 2,3,4
Aspectul contactelor de uzură după ciclurile 1,2 și 3



Aspecte legate de încercarea la anduranță mecanică

După reglarea caracteristicilor cinematice ale întreruptorului, cele 1000 cicluri ID s-au efectuat în conformitate cu prevederile standardului de produs [84], după cum urmează:

250 manevre ID la tensiunea de comandă minimă

250 manevre ID la tensiunea de comandă maximă

125 manevre D-0,3-ID-3-I la tensiunea de comandă nominală

250 manevre ID la tensiunea de comandă nominală

Acest ultim ciclu de încercări s-a efectuat în cadrul încercării de verificare a anduranței electrice propriu-zise, incluzând și manevrele adiționale efectuate pentru etalonarea circuitelor de măsură, măsurarea duratelor de închidere, verificarea caracteristicilor cinematice și manevrele de apreciere a stării tehnice.

Comportarea aparatului a fost satisfăcătoare, conform criteriilor de apreciere prevăzute în normele CEI [76], adică:

- nu s-au constatat refuzuri de manevre sau manevre intempestive;
- parametrii cinematici s-au menținut în limitele prevăzute de constructor după efectuarea celor 1000 cicluri;
- uzura unor piese (clapete, scaune de clapete etc) nu împiedică functionarea în continuare a aparatului și nici înlocuirea lor cu piese de schimb.

NOTA: La manevra 314 au apărut pierderi de ulei ET10 din circuitul de înaltă presiune al mecanismului MOP1, de la clapeta valvei intermediare de închidere. La demontare s-a constatat fixarea unui șpan de scaunul corpului de valvă. Pentru continuarea manevrelor a fost necesară înlocuirea valvei intermediare.

Aprecieri privind încercările

Aceste aprecieri rezultă pe baza încercărilor efectuate în cadrul [49] și ele se prezintă în continuare:

1. Pentru determinarea uzurii pieselor de arc ale unui pol de întreruptor tip IO 110kV s-a procedat la efectuarea experimentărilor la anduranță electrică la scurtcircuit în ciclurile specificate.

2. Aprecierea stării tehnice a întreruptorului s-a făcut prin aplicarea succesivă a două metode OFF-LINE:

- metoda determinării caracteristicilor dielectrice de gol cu referințe asupra rigidității dielectrice a camerei de stingere;
- metoda determinării rezistenței dinamice de contact cu referințe asupra uzurii contactelor și caracteristicilor cinematice ale întreruptorului (viteze, timpi de acționare).

3. După fiecare ciclu de încercări s-a determinat rigiditatea dielectrică a uleiului care s-a modificat considerabil până la valoarea $E = 20\text{kV/cm}$ □ $29,3\text{kV/cm}$, aspect confirmat și prin străpungerea intervalului prin metoda caracteristicilor dielectrice.

4. Încercările efectuate (**în premieră**) au arătat că întreruptoarele tip IO asigură cerințele impuse de constructor în cartea tehnică privind uzura pieselor de arc înainte de înlocuire.

5. Rezerva privind uzura este necesară din două considerente:

- combinații ale toleranțelor de fabricație cu deviații de la prescripțiile de revizii pot duce la scăderea anduranței între revizii a unui anumit exemplar de întreruptor;
- experiența arată că nu există o monitorizare precisă a curenților de scurtcircuit întrerupți (atât ca număr cât și ca valoare).

6. Considerăm că este necesară implementarea unui sistem de monitorizare a curenților de scurtcircuit și elaborarea unui program de revizii a întreruptorului în două etape:

- etapa 1 - revizia următoarelor elemente: inel de protecție, vârf de contact, degete de contact;
- etapa 2- revizia următoarelor elemente: camera de stingere, injector, piesa de ghidaj.

7. Ținând cont de faptul că pentru fiecare ciclu s-au efectuat mai multe probe decât cele admise în cartea tehnică respectiv în circulara [53], iar comportarea întreruptorului a fost satisfăcătoare, putem trage concluzia că este necesară implementarea unui sistem de

monitorizare al întreruptorului pentru a aplica o mentenanță optimă și a nu interveni asupra lui decât atunci când starea elementelor lui nu mai asigură buna funcționare a acestuia.

3.5. Contribuții personale și originale

Se face o prezentare succintă a IO și MOP cu caracteristicile lor tehnice (subcap. 3.1, 3.2).

Se analizează statistic defecțiunile apărute la ansamblul IO-MOP, respectiv IO și MOP, precum și frecvența cauzelor defecțiunilor. Analiza statistică s-a realizat pe o perioadă de 7 ani și pe un lot de 48 de întreruptoare IO-110 kV trifazice (144 de poli) și 85 de dispozitive MOP-1, toate aflate în gestiunea SC ELECTRICA SA Sibiu. Originalitatea analizei constă în faptul că s-au analizat toate componentele acestor echipamente care au cauzat defectele și modul lor de manifestare, precum și consecințele asupra funcționării lor (subcap. 3.3).

În acest capitol se prezintă încercările la anduranță, efectuate în premieră națională în cadrul laboratorului de mare putere al ICMET Craiova, pe baza temei întocmite de autor și a posibilităților de realizare existente în cadrul laboratorului. Încercările s-au comandat în vederea analizei modului de comportare a întreruptorului comparativ cu datele din literatură respectiv cartea tehnică a lui. În cadrul încercărilor s-au efectuat și analize de rigiditate dielectrică a uleiului după fiecare ciclu de încercări. De asemenea, autorul a contribuit și la interpretarea rezultatelor încercărilor și a măsurătorilor (subcap. 3.4).

Coroborând modul de comportare la defectare a întreruptorului prin înregistrări statistice precum și prin probe și măsurători putem face o serie de aprecieri pe care le voi descrie în continuare.

Se va avea în vedere în primul rând starea pieselor de contact (vârf de contact, degete de contact și inelul de protecție), datorită faptului că ele sunt supuse atât uzurii datorate cauzelor de natură electrică și anume a arcului electric, cât și uzurii datorate cauzelor de natură mecanică și anume mișcarea pieselor, fricțiunea, vibrația, precum și a proprietăților materialelor din care sunt confecționate. Urmează apoi o altă categorie de componente care necesită o supraveghere atentă și anume: camera de stingere, injectorul și piesa de ghidaj, care sunt supuse aceluiași cauze de defectare de natură electrică și de natură mecanică. Din măsurătorile efectuate, precum și din analiza statistică a rezultat că uleiul electroizolant își pierde calitățile dielectrice în cazul ruperii curenților de scurtcircuit fapt confirmat de măsurarea rigidității dielectrice, lucru care confirmă și datele din literatura de specialitate. O altă cauză majoră a defectărilor este calitatea materialului garniturilor de etanșare.

Putem concluziona că monitorizând parametrii ce caracterizează funcționarea componentelor întreruptorului, se poate adapta un proces de mentenanță optim pentru buna funcționare a lui.

Dacă ne referim la mecanismul MOP-1, putem concluziona că prezintă frecvența cea mai mare de defectare, precum și faptul că se poate monitoriza relativ ușor ceea ce conduce la aprecierea că acest lucru ar trebui să constituie o primă etapă în introducerea sistemelor de monitorizare.

Capitolul 4. SISTEME DE MONITORIZARE A ANSAMBLULUI IO-110 kV ȘI MOP-1

Monitorizarea întreruptoarelor de înaltă tensiune trebuie făcută urmărind trei *obiective* principale: [45]

- creșterea disponibilității echipamentului;
- optimizarea mentenanței (în special periodicitatea acesteia);
- ameliorarea cunoștințelor asupra funcționării ansamblului, prin explicitarea

solicitărilor reale la care sunt supuse piesele susceptibile producerii de defecte, în scopul evidențierii eforturilor ce apar și care ar putea produce incidente în exploatare.

De la bun început se remarcă faptul că supravegherea funcționării echipamentului nu-și are rostul dacă lipsesc piesele de schimb pentru asigurarea unei mentenanțe normale, sau dacă costul acesteia ar fi prea ridicat în comparație cu prețul unui echipament nou, ca și în cazul în care întreruptorul ajunge să fie neadaptat din punct de vedere tehnic, de exemplu datorită creșterii curenților de scurtcircuit peste valorile capacității de rupere garantate de furnizor, sau când acesta, ajungând la o durată de exploatare ce se apropie de durata de viață normală avută în vedere la concepție (20÷30 ani), ar prezenta o intensitate de defectare foarte mult crescută.

Acest ultim aspect semnalat, ar putea fi totuși în cazul întreruptoarelor IO-110 kV acționate cu mecanism MOP din care multe unități sunt în funcțiune de peste 20 de ani, motivul accelerării introducerii metodelor de supraveghere în exploatare a acestora, pentru ca tehnicile de diagnosticare să nu devină inoportune, fie din cauza creșterii exagerate a frecvenței de defectare, fie din cauza înlocuirii iminente a ansamblului, ce ar funcționa după alte principii și când ar fi necesari alți senzori sau alte tehnici de supraveghere.

4.1. Parametrii și tehnicile de diagnosticare

În procesul de supraveghere a întreruptorului IO-110 kV, de o mare importanță este alegerea semnalelor ce urmează a fi analizate pentru a se obține o informație cât mai exactă a stării echipamentului urmărit. De această alegere și de baza teoretică pe care se sprijină modelul realizat, depinde precizia anticipării momentului defecțiunii care ar urma să apară. Cu cât se reușește găsirea unui model cât mai bun, cu atât precizia în prevenirea defectelor crește, deci fiabilitatea sistemului va crește. Din acest punct de vedere, ideal ar fi urmărirea tuturor parametrilor indicați în cartea tehnică și care, printr-o analiză atentă, ar putea furniza toate elementele necesare urmăririi întreruptorului. Din păcate acest lucru este greu realizabil și în practică va trebui aleasă soluția cea mai economică și care oferă cât mai multe date pentru supravegherea evoluției sistemului.

În conformitate cu cele prezentate mai sus, parametrii care trebuie urmăriți în timpul supravegherii pot fi grupați, ținând cont de metodele adoptate urmăririi lor și de posibilitatea prelucrării informațiilor obținute. Analiza va trebui să țină seama de parametrii caracteristici și de performanțele fiecărui subansamblu, specificate de cartea tehnică

În tabelul 4.1. [44] se prezintă sintetic parametrii ce trebuie supravegheați la întreruptorul IO precum și posibile tehnici de supraveghere a acestor parametri.

Tabelul 4.1. Parametrii de supravegheat la IO-110 kV

Subsistemului întreruptorului	Parametru de supravegheat	Tehnici de supraveghere potențiale
CAMERA DE STINGERE	Durata arcului electric	Folosirea fibrelor optice instalate la construcția întreruptorului
	Uzura electrică	Detectarea momentului intrării în contact; calculul integralei Joule a fiecărei întreruperi; aflarea efectului curentului întrerupt asupra duranței ansamblului
	Momentul și simultaneitatea comutației	Oscilografiere, senzori
	Temperatura	Fibre optice + TV în infraroșu
	Nivel de ulei micșorat	Traductoare de nivel încorporate
	Rezistența de contact	Măsurare continuă sau periodică
SISTEMUL IZOLANT	Curentul de fugă	Măsurări prin cuplaje inductive, ultra sonice
	Descărcări parțiale	Cu traductoare Rogowski sau cu traductoare ultrasonice
	Prezența gazelor în ulei	Analiză cromatografică permanentă, cu senzori de umiditate, de rigiditate dielectrică, de $\tan \delta$
	Analiza pierderilor prin efect corona	Analizarea undelor de UIF (emisie acustică, analiză spectrală etc.)
SISTEMUL MECANIC ȘI DE CONDUȘIE ELECTRICĂ	Cursa, viteza și accelerația contactelor mobile	Traductoare de poziție asociate cu microprocesoare
	Spectrul de vibrații	Accelerometrul + analiză spectrală
	Duratele de comutare	Traductoare plasate la construcția întreruptoarelor
	Numărul de manevre și durata acestora	Contoare de diverse tipuri asociate cu numărătoarea
	Viteza de variație a presiunii uleiului	Traductoare asociate cu microprocesoare
SISTEMUL AUXILIAR	Continuitatea și izolația circuitelor de comandă	Prin injectarea unor curenți reduși de supraveghere și supravegherea rezistenței de izolație.
	Temperatura echipamentelor auxiliare	Traductoare specifice
	Poziția și starea contactelor auxiliare, starea resortului tumbler	Cu contacte auxiliare statice, autotestabile Tensometrie, senzori de forță

Tabelul 4.2. Parametrii de supravegheat la MOP-1

Parametrul de urmărit	Modul de prelucrare
Durata de funcționare a electropompei	Semnalizare dacă aceasta depășește 4 minute
Durata cumulată de funcționare a grupului electropompă	Memorarea duratelor de funcționare pe zi, pe lună și scăderea acestora din serviciul standard
Distincție dintre pornirile electropompei	Pornire normală la scăderea presiunii în afara acționării voite sau prin protecție a întreruptorului. Pornire ocazională a pompei la comanda întreruptorului.
Durata dintre două porniri consecutive normale	Semnalizare dacă aceasta depășește o oră
Numărul de porniri normale/oră a grupului electropompă	Semnalizare la depășire a 9-10 porniri / oră.
Numărul cumulată de porniri ale grupului	Contorizarea nr. de porniri pe oră, zi, lună și de la ultima acțiune de mentenanță.
Viteza de variație a presiunii în acumulator	Compararea parametrului cu unul de referință
Evoluția presiunii în diverse puncte ale circuitului de înaltă presiune în perioada de funcționare (nefuncționare) a comenzilor MOP	Corelarea valorii și evoluției parametrului cu derivata unei mărimi compuse, care să permită aprecierea cantitativă a tendințelor
Evoluția puterii (energiei) absorbite de motorul electric de antrenare al pompei	Interpretarea modificărilor survenite după un număr de acționări

În tabelul 4.2. se prezintă sintetic parametrii ce trebuie supravegheați la mecanismul MOP precum și modul de prelucrare a lor.

4.1.1. Parametrii urmăriți la IO-110 kV

O primă serie de semnale sunt cele referitoare la *deplasarea contactului mobil*. Dintre acestea, cele mai importante sunt [46]:

- timpul total de închidere;
- timpul total de deschidere;
- nesimultaneitatea acționării celor 3 faze;
- deplasarea contactului mobil;
- viteza de deplasare a contactului mobil;
- accelerația contactului mobil.

Determinarea acestor primii parametri se poate face folosind *traductoare de poziție*, *traductoare de viteză* sau *traductoare de accelerație*, soluția adoptată trebuind să țină cont de implicațiile constructive și economice pentru fiecare caz în parte.

Importanța acestor parametri pentru întreruptoarele de înaltă tensiune rezidă în importanța lungimii arcului și a diametrului acestuia, deci a conductanței arcului, în procesul de stingere al arcului electric. Plecând de la ecuația dinamică a arcului electric [45]:

$$\frac{1}{G} \cdot \frac{dG}{dt} = \frac{1}{i} \cdot \frac{di}{dt} - \frac{1}{u_a} \cdot \frac{du_a}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot \frac{u_a \cdot i - P}{P} \quad (4.1)$$

unde: **G** - conductanța arcului electric;
i - curentul prin arc;
u_a - tensiunea pe arc;
P - fluxul termic disipat;
τ - constanta de timp a arcului;

cu:
$$\tau = \frac{G}{P} \cdot \frac{dQ}{dG} \quad (4.2)$$

unde: **Q** - căldura înmagazinată.

Se observă că, cu cât lungimea arcului este mai mare, și cu cât răcirea arcului este mai puternică, cu atât această constantă este mai mică și temperatura se micșorează mai repede, iar tensiunea de ținere crește mai repede.

De asemenea, cunoașterea *vitezei contactului mobil* este foarte importantă în procesul de ardere al arcului electric, prin energia W_a [J] dezvoltată pe durata t_a [s] de ardere, calculată cu

relația [45]:
$$W_a = \int_0^{t_a} E \cdot v \cdot t \cdot i \cdot dt \quad (4.3)$$

unde: **E** - gradientul de potențial în spațiul arcului;
v - viteza de deplasare a contactului mobil.

Cea mai mică valoare a energiei dezvoltate de arcul electric se obține dacă tija efectuează cursa I într-o semiperioadă, rezultând un timp de ardere al arcului electric:

$$t_a = \frac{1}{v} + \Delta t = 2 \cdot \Delta t \quad (4.4)$$

unde:
$$\Delta t = \frac{1}{2 \cdot f} \quad (4.5)$$

f - frecvența industrială de 50 Hz.

O altă categorie de semnale se referă la *camera de stingere* și *contactele propriu-zise*.

Astfel, s-ar putea determina:

- presiunea în interiorul camerei de stingere;
- temperatura contactelor;
- rezistența de contact;
- cursa contactului mobil;
- curentul de rupere.

Metoda de măsurare directă a acestor mărimi ridică probleme deosebite din punct de vedere tehnic, rămânând ca soluție posibilă folosirea unor relații deduse, plecând de la modelele alese pentru arcul electric. Însă, determinarea cu o precizie suficient de ridicată a primilor doi parametrii supravegheați nu se poate realiza, datorită ipotezelor simplificatoare introduse în studierea fenomenului de ardere al arcului electric.

În concluzie, urmărirea evoluției fenomenelor prin intermediul parametrilor analizați se dovedește a fi de o mare importanță în posibilitatea anticipării momentului apariției defectelor la diferitele piese și subansambluri ale întreruptorului. Realizarea practică însă, ridică probleme numeroase, ținând cont de mediul în care ar trebui asamblate dispozitivele de urmărire (ulei, la presiuni ridicate), de nivelul tensiunii la care lucrează aceste echipamente (peste 110 kV) și, de asemenea, de alte fenomene care apar în timpul funcționării întreruptoarelor (vibrații, șocuri etc.).

4.1.2. Parametrii urmăriți la MOP-1

Mecanismul de acționare oleopneumatic are rolul de a acumula energie și de a o elibera în momentul primirii unei comenzi, energia fiind transmisă hidraulic, la mecanismul cu piston cu dublu efect, montat pe polul întreruptorului. Cele mai importante caracteristici tehnice ale mecanismului sunt cele legate de presiunea care trebuie asigurată în timpul funcționării normale a instalației.

Deci în procesul de urmărire al MOP-ului, trebuie asigurată o supraveghere continuă a valorii *presiunii din acumulatorul de înaltă presiune*.

Datorită fiabilității reduse a grupului motopompă care asigură nivelul corespunzător al presiunii, este necesară și o urmărire a funcționării acestui subansamblu.

Considerând că în timpul funcționării mecanismului, temperatura nu variază foarte mult, deci procesele sunt izoterme, putem scrie (conform legii generale a gazelor) :

$$pV = \nu \cdot R \cdot T = ct. \quad (4.6)$$

unde: **p** - presiunea în acumulatorul de înaltă presiune;

V - volumul azotului;

R - constantă;

ν - număr de kilomoli;

T - temperatura azotului

Pentru a putea găsi graficul de variație al presiunii vor trebui determinate modul de variație al volumului în care se găsește azotul și constanta νRT . Presupunând cunoscută valoarea temperaturii la un moment dat, singura problemă rămâne în determinarea variației volumului.

Cunoscând că acumulatorul este format din butelia de azot (presupusă de volum V_1) și cilindru în care este separat uleiul de acționare de azot printr-un piston liber, putem considera volumul în care se găsește azot ca fiind:

$$V = V_1 + x S \quad (4.7)$$

unde: **x** - lungimea părții din cilindru în care este azot;

S - aria pistonului cilindrului.

$$\text{Astfel putem scrie: } p = \frac{\text{ct.}}{V} = \frac{\text{ct.}}{V_1 + x \cdot S} \quad (4.8)$$

deci presiunea este funcție de variabila x , care poate fi determinată folosind un traductor de poziție sau pot fi folosite chiar microîntreruptoarele prezente pe tija pistonului care au rol în asigurarea unor interblocaje în timpul funcționării întreruptorului, putându-se adăuga și microcontacte suplimentare. Cea de-a doua soluție este mult mai avantajoasă din punct de vedere economic dar prezintă un grad scăzut de precizie. Măsurarea directă a presiunii azotului nu se dovedește în acest caz, a avea o valoare practică deosebită.

Pe lângă graficul de variație al presiunii mai este util de urmărit și *grupul motopompă*. Astfel o creștere peste valorile normale (de patru porniri pe oră) al numărului de conectări poate rezulta în urma unor scăpări de presiune la sistemul de etanșare al instalației hidraulice a MOP-ului sau printr-o defecțiune a sistemului de acumulare a energiei. De asemenea, o durată de funcționare mai mare de patru minute a motorului, sau o nefuncționare timp de mai mult de o oră, sunt cauze ale unor defecte apărute la sistemul de asigurare al presiunii sau al rețelei de energie. La realizarea practică, trebuie avute în vedere comenzile voite, care duc la un număr de 4-5 porniri ale grupului motopompă timp de aproximativ 2 min, pentru refacerea presiunii și asigurarea situației anterioare momentului comenzii.

Datorită calității nesatisfăcătoare a materialelor din care sunt realizate *garniturile de etanșare* și datorită numărului mare de defecțiuni survenit la grupul motopompă, se poate trage concluzia că o urmărire a *numărului de porniri pe oră* a acestui echipament poate evidenția tendința de funcționare necorespunzătoare a MOP, putându-se astfel optimiza mentenanța lui. De asemenea, supravegherea MOP-ului poate da informații și despre corectă funcționare a întreruptorului IO în ceea ce privește scăpări de presiune, neetanșeiți, funcționări incorecte ale pistonului cu dublu efect etc.

4.1.3. Aprecieri asupra supravegherii ansamblului IO-110 kV și MOP-1

În concluzie, monitorizarea MOP-ului se dovedește a fi mult mai ușor de realizat practic, datorită caracterului deschis al acestui mecanism, datorită mărimilor analizate la care putem avea acces în mod direct (unele funcționând cu 2 stări logice 0 și 1) și de asemenea prin posibilitatea anticipării cu destulă precizie a momentului apariției defectului.

Din cele prezentate în acest capitol, se poate trage concluzia că urmărirea evoluției funcționării întreruptoarelor IO-110 kV și a mecanismelor MOP-1 se dovedește a fi de mare importanță în întreținerea și exploatarea acestor tipuri de instalații.

Așa cum s-a arătat, o mare parte a cauzelor care duc la defecțiunile apărute la unele piese și subansamble ale acestor echipamente, țin de calitatea inferioară a materialelor folosite și de asemenea, într-o măsură destul de mare, de defectele ascunse, nesesizate la timp. Evitarea acestor situații are ca urmare reducerea semnificativă a numărului de evenimente de acest tip care apar în instalațiile electrice, deci o creștere a fiabilității întreruptoarelor acționate cu MOP.

Datorită caracterului deschis al mecanismului de acționare, acesta se dovedește a fi cel mai ușor de urmărit în timpul funcționării sale, prin accesul direct la informații. În cazul acestui echipament, informațiile pot fi preluate de la subansamble existente în structura lui, precum contacte auxiliare, microcontacte pentru supravegherea presiunii, circuite de anclanșare și declanșare sau de la echipamente și dispozitive care se pot adapta foarte ușor în schema dispozitivului, precum traductoare și dispozitive de supraveghere a integrității circuitelor.

O supraveghere atentă a MOP trebuie avută în vedere ținând cont că acest echipament are o fiabilitate scăzută, ceea ce atrage după sine o fiabilitate scăzută pentru întregul sistem format din mecanism și întreruptor.

Informațiile cel mai ușor de achiziționate și prelucrate sunt cele legate de grupul motopompă. Astfel, prin supravegherea funcționării acestuia, se pot obține informații legate de presiunea din acumulatorul de înaltă presiune și de asemenea se pot obține informații legate efectiv de grupul motopompă, care prelucrate atent, pot oferi numeroase indicii cu privire la momentul apariției defectelor în sistemul hidraulic. De asemenea, datorită caracterului informației, partea hard și soft a unui echipament care să poată realiza o astfel de supraveghere, se dovedește a fi relativ ușor de realizat.

La întreruptoarele IO-110 kV deși o urmărire a funcționării se dovedește a fi foarte importantă în anticiparea apariției defectului, totuși, soluția practică ridică probleme deosebite. Acestea se datorează caracterului închis al întreruptorului, nivelului tensiunii la care se lucrează, și nu în ultimul rând, de valoarea investiției care ar trebui realizată. Lipsa informațiilor care ar putea fi prelevate direct de la întreruptor, face ca această soluție să fie greu de realizat practic.

Trebuie avut în vedere și faptul că întreruptoarele tip IO-110 kV sunt depășite moral.

Cu toate acestea, datorită faptului că ele echipează în prezent majoritatea stațiilor de transformare, deci nu se poate pune problema re tehnologizării într-o perioadă relativ scurtă a acestor instalații, realizarea unor sisteme de supraveghere a funcționării lor este încă de actualitate.

O posibilă soluție ar fi aceea a monitorizării lor cu sisteme relativ simple care să prelucreze informațiile ce se pot prelua fără intervenții majore asupra construcției echipamentelor și care să prezinte un cost de investiție redus. Se pretează a se implementa sisteme de monitorizare bazate pe algoritmi care să prelucreze mărimile ce pot fi ușor de obținut. Un astfel de exemplu ar fi acela al sistemelor bazate pe prelucrarea valorii curentului întrerupt.

Referitor la modul de monitorizare (on-line/off-line), desigur că ar fi de preferat o monitorizare on-line a tuturor parametrilor, soluție care ar da cele mai precise informații asupra stării echipamentelor dar care presupune și cele mai ridicate costuri.

Monitorizarea off-line este mult mai simplă de realizat, însă prezintă dezavantajul că nu poate da informații asupra stării echipamentului la un moment dat, ceea ce nu poate duce la o mentenanță bazată pe condiții, ci tot la una periodică cu singurul avantaj că nu sunt necesare în mod obligatoriu intervenții ale personalului asupra echipamentului, intervenții ce ar impune demontări și remontări de subansamble chiar dacă nu ar fi necesare.

O soluție care ar trebui luată în calcul ar fi aceea a monitorizării combinate on-line și off-line. Această soluție ar prezenta avantajul că se pot realiza sisteme simple de monitorizare on-line preluând și prelucrând numai acei parametri care se pot prelua fără intervenție asupra construcției echipamentului, precum și o serie de mărimi analogice care, prelucrate teoretic ar putea furniza informații relativ destul de exacte asupra stării echipamentului la un moment dat, și asupra momentului posibilității apariției unor defecte. Un astfel de sistem poate fi realizat cu costuri relativ scăzute în comparație cu sistemele complexe de monitorizare completă on-line.

În cazul în care acest sistem transmite informații privind iminența posibilității apariției unor defecte, echipamentul se va scoate din funcțiune și se va trece la o prelucrare off-line a celorlalți parametri prin intermediul unor sisteme portabile, evitându-se astfel intervenția directă a personalului asupra echipamentului, chiar și în situațiile când nu este cazul. Abia după preluarea parametrilor off-line și prelucrarea acestora se va putea lua o decizie asupra necesității de a se interveni sau nu asupra subansamblelor echipamentului cu indicarea precisă a acestor subansamble.

4.2. Sisteme de monitorizare pretabile pentru ansamblul IO-110 kV și MOP-1

Schema bloc a unui sistem de monitorizare poate arăta ca cea din figura 4.1.

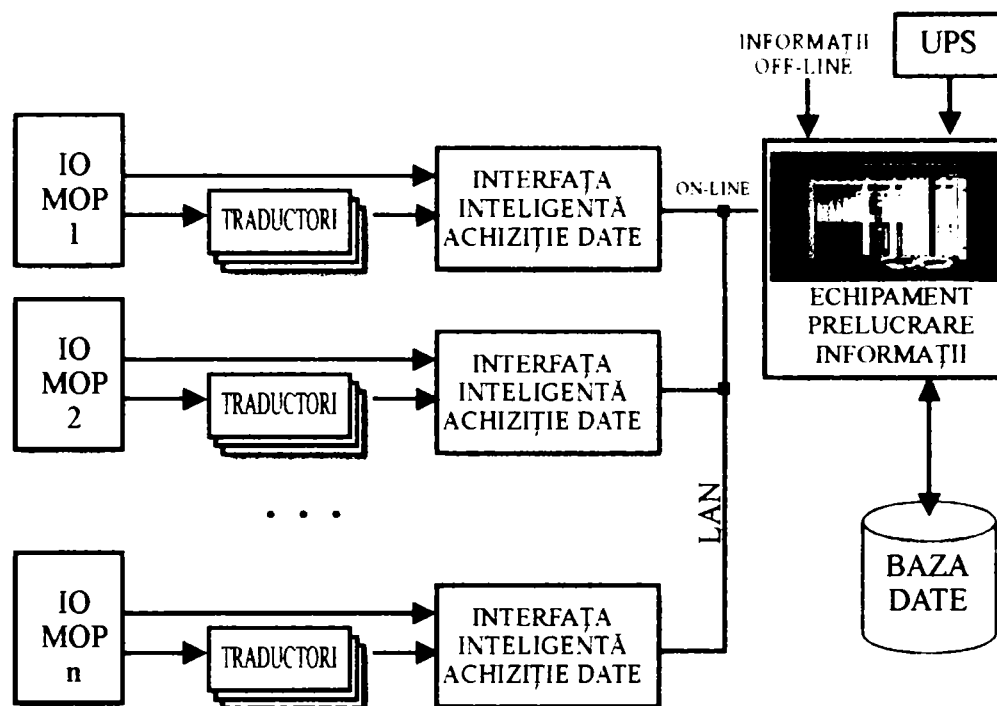


Fig. 4.1. Schema bloc a unui sistem de monitorizare a ansamblurilor IO-110 kV și MOP-1 dintr-o stație de transformare

Prezentăm în continuare câteva sisteme de monitorizare ale ansamblului IO-110 kV și MOP-1 care se pretează a fi utilizate în stațiile de transformare de 110 kV/m.t. din sistemul energetic al țării noastre.

4.2.1. Sistem de monitorizare a stării întreruptoarelor de ÎT din stații prin înregistrări acustice

În [46] se prezintă un sistem de monitorizare a stării întreruptoarelor de ÎT din stații utilizând metoda înregistrărilor acustice.

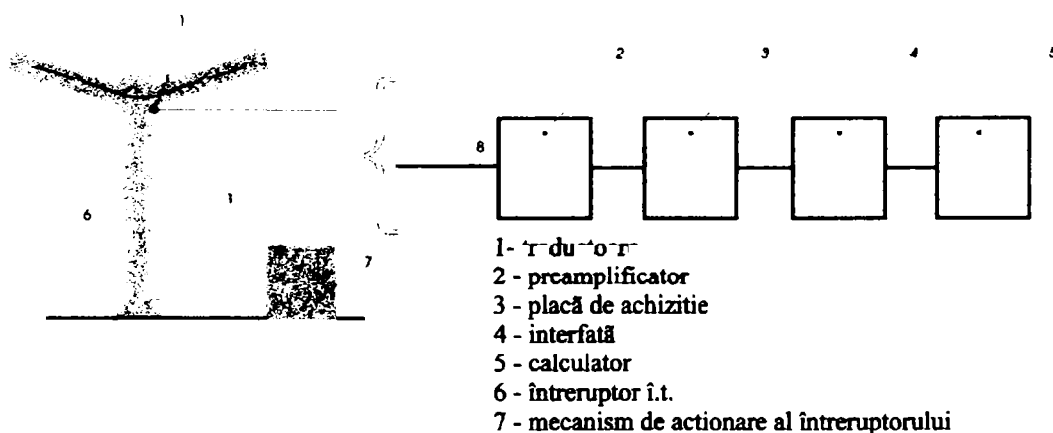


Fig. 4.2. Sistem de monitorizare a întreruptoarelor de ÎT utilizând metoda înregistrărilor acustice.

În lucrare se oferă concepția concretă a unui sistem de monitorizare cuprinzând traductoarele de vibrații (accelerometrele), preamplificatoarele pentru aceste traductoare și placa de achiziție (reperele 1, 2 și 3 din fig.4.2.), sistem care conectat prin intermediul unei interfețe adecvate la un calculator PC va constitui un mijloc experimental de culegere de date din analiza cărora se vor putea face aprecieri asupra stării unui întreruptor de ÎT urmărit.

Valorificarea în continuare a acestui sistem va cere realizarea practică (de către o firmă de specialitate) a lui și efectuarea unei serii largi de măsurători pe teren din partea beneficiarului (SC ELECTRICA Sibiu) în a cărui dotare se găsesc întreruptoare în exploatare. Având la dispoziție rezultatele acestor măsurători urmează să se parcurgă obligatoriu încă câteva etape de cercetare ca pași de aplicare ai sistemului conceput și care se preconizează a fi:

- 1) găsirea și testarea unor metode de diagnosticare care să descopere schimbări în semnătura acustică a întreruptoarelor;
- 2) găsirea corespondenței dintre schimbările din semnătura acustică și starea întreruptoarelor;
- 3) stabilirea timpului după care va interveni o schimbare majoră în starea întrerupătorului, pornind de la premisele acestei schimbări.

Cercetările efectuate în lume [45, 46] relevă posibilitatea aplicării unei corespondențe bine determinate între schimbările observate la semnătura acustică și apariția unor premise concludente de defectare ale diverselor părți componente ale unui întrerupător. Progresul realizărilor din tehnicile de achiziție de date, micro sisteme și programe, metode de procesare a semnalului, permit construirea unui sistem dedicat și rentabil în acest sens. Descrierea și caracteristicile elementelor componente vor fi tratate în continuare.

4.2.2. Sistem de monitorizare on-line a parametrilor ansamblului IO-110 kV și MOP-1

O posibilă schemă bloc pentru un sistem de monitorizare a parametrilor IO-MOP ar putea fi cea prezentată în figura 4.3. [44]:

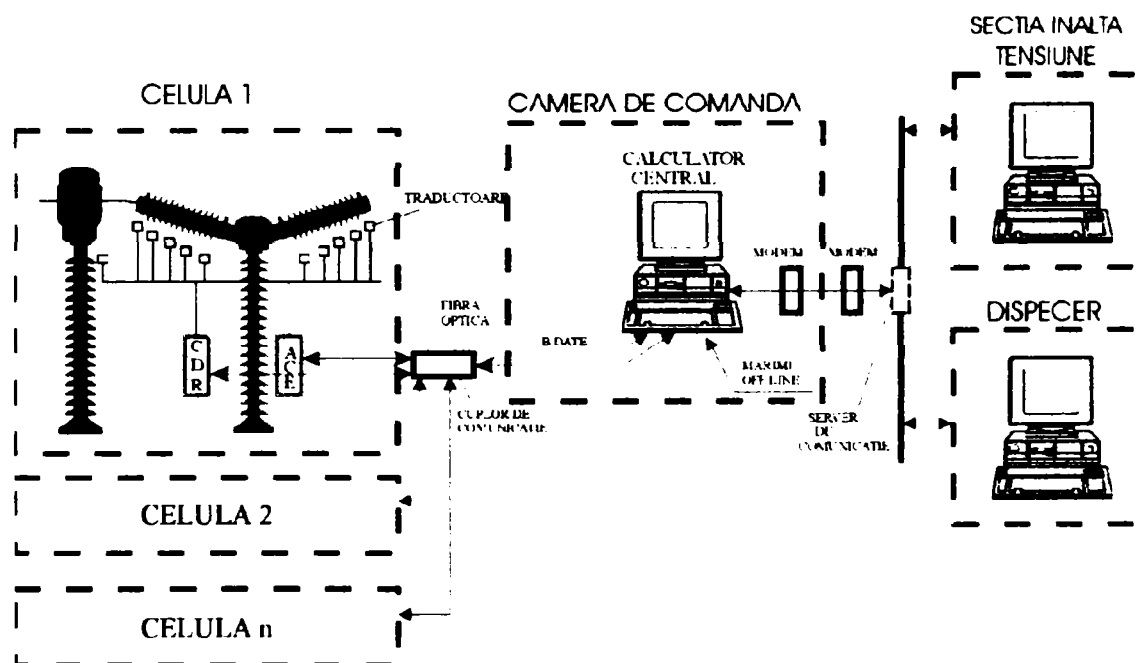


Fig. 4.3. Schemă bloc pentru un sistem de monitorizare a parametrilor IO-MOP

Parametrii funcționali sunt preluați din proces, respectiv IO-110 kV, prin intermediul traductoarelor specifice fiecărui parametru. Acestea au rol de a transforma mărimile preluate din proces în mărimi capabile a fi procesate cu modulele inteligente de interfațare: ACE-DSP respectiv CDR.

Dispozitivul ACE-DSP este un modul inteligent cu rolul de preluare a mărimilor de la traductoare, a le memora, procesa și a le transmite unui calculator central în camera de comandă a stației de transformare. Mărimile preluate se referă la regimul permanent de funcționare a rețelei electrice.

CDR-reprezintă un perturbograf digital cu rolul de detectare și înregistrare a mărimilor prescrise în regim tranzitoriu. Legătura între aceste echipamente, montate în celula exterioară, în proximitatea întreruptorului, și calculatorul central, se realizează cu fibră optică prin intermediul unui **cuplor de comunicație**, care are rolul de a facilita legătura dintre toate celulele stației de transformare și calculatorul central.

O detaliere a traseului mărimilor colectate din proces spre microcalculatorul local este redată în figura. 4.4.

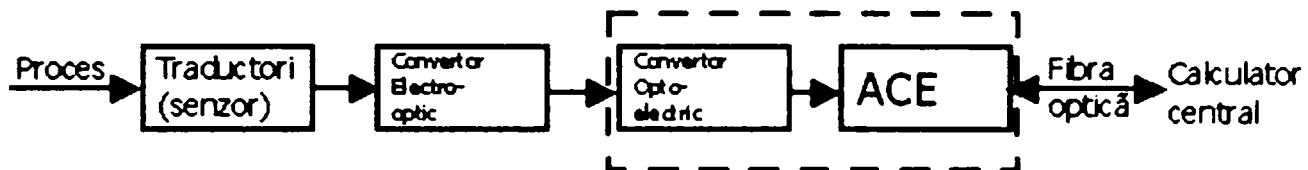


Fig. 4.4. Traseul datelor colectate din proces spre calculatorul local

La nivelul stației de transformare, datele din fiecare câmp de celulă, colectate sunt preluate de un calculator central cu rolul de gestionare a programelor specifice de monitorizare. La acest calculator ajung și date pentru prelucrare off-line. De asemenea este în legătură cu calculatorul care gestionează baza de date, transmițând și prelucrând informații din această bază.

Programele care rulează pe acest calculator central asigură:

- vizualizarea parametrilor colectați;
- memorarea evoluției parametrilor urmăriți;
- semnalizarea ieșirii din domeniul prescris al fiecărui parametru;
- ghid operator în cazuri de ieșire a parametrilor din domeniul impus.

Acest calculator la nivelul stației de transformare poate fi conectat prin intermediul unui modem cu sediul central al Sucursalei de Distribuție a SC ELECTRICA SA, permițând astfel accesul la informațiile deținute a unui număr de utilizatori interesați de aceste date.

Acest sistem prezintă dificultatea că poate fi implementat deosebit de greu datorită faptului că elementele componente prezintă un preț de cost relativ ridicat iar montarea traductoarelor prezintă probleme deosebite din punct de vedere al locului de montare; din punct de vedere al tensiunii la care lucrează precum și din punct de vedere al realizării comunicației cu interfețele de achiziție.

4.2.3. Sistem de monitorizare off-line a parametrilor IO-110 kV și MOP-1

O variantă pentru monitorizarea off-line a parametrilor IO și MOP este aceea prin metoda rezistenței de contact și prin metoda vibrațiilor [48], care s-a utilizat în cadrul unor măsurători experimentale efectuate de către FTDEE Sibiu în colaborare cu ICMET CRAIOVA în stația 110/20kV ORLAT. În figura 4.5. se prezintă schema bloc de măsură și montaj.

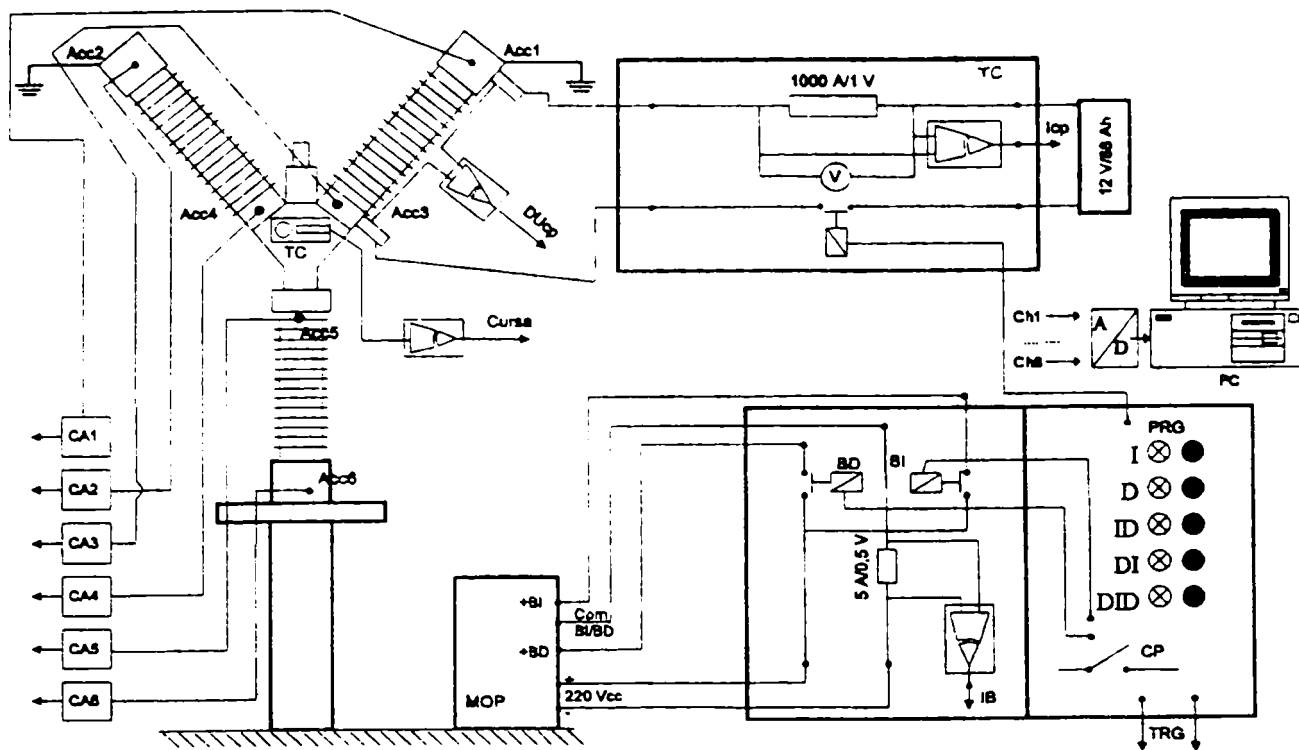


Fig. 4.5. Schema bloc de măsură și montaj:

Acc 1...6—accelerometre piezoelectric Bruel & Kjaer, clasa 1, frecvența de rezonanță 50kHz.; CA 1...6 amplificator de sarcină Kistler sau Bruel & Kjaer, clasa 0,1; Icp-curent circuit principal; Ib-curent bobină I/D; ΔU_{cp} —cădere de tensiune circuit principal; BD/BI-bobina de deschidere/închidere; CP-contact principal; TRG-tensiune comandă achiziție date; PRG-programator; TC-traductor rezistiv (inductiv) de cursă (liniarși de rotație) tip TWK(W50); A/D-interfață achiziție date tip DAScard 1003 ,140 kHz; PC-personal computer

Cu acest sistem se pot face măsurători pentru determinarea rezistenței de contact precum și măsurători de diagnosticare prin vibrații a valorilor accelerațiilor și a cursei contactului mobil.

Accelerometrele se montează în punctele care pot da informații cât mai precise asupra stării întreruptorului, astfel:

- Acc 1 și Acc2 se montează pe carterele superioare ale celor două camere de stingere;
- Acc 3 și Acc4 se montează pe carterele inferioare ale celor două camere de stingere;
- Acc5 se montează la partea superioară a coloanei;
- Acc6 se montează la partea inferioară a coloanei.

Se mai montează un traductor de cursă (TC), pe o cameră de stingere și un traductor pentru determinarea căderii de tensiune în circuitul principal (ΔU_{cp}).

Sistemul se pretează doar la monitorizare off-line și utilizarea lui implică multă manoperă și un timp relativ mare de execuție datorat efectuării montajului, instalării echipamentelor și dispozitivelor și a operațiilor aferente.

4.2.4. Sistem de monitorizare on-line a dispozitivului MOP

Un sistem posibil pentru monitorizarea MOP [45] se poate realiza conform figurii 4.6.

Așa cum s-a arătat până acum, primul pas în realizarea unui sistem de supraveghere pentru o stație electrică îl constituie supravegherea funcționării MOP-urilor care există în aceste stații. Prin supravegherea acestor mecanisme, se va putea urmări atât corecta funcționare a MOP-ului cât și a întreruptoarelor acționate de acesta. În prima fază de realizare a unui sistem de supraveghere, se va avea în vedere achiziționarea acelor semnale, disponibile la MOP, și

analizarea acestora pentru fiecare mecanism în parte, fără a se putea realiza o analiză de ansamblu privind funcționarea întregului sistem.

Dezvoltarea acestui mecanism de supraveghere, va trebui să conducă spre realizarea unei analize cât mai complexe, ținând cont și de semnalele primite de la alte echipamente, care împreună cu cele prelevate de la MOP să poată da o imagine cât mai exactă și complexă asupra funcționării stației respective.

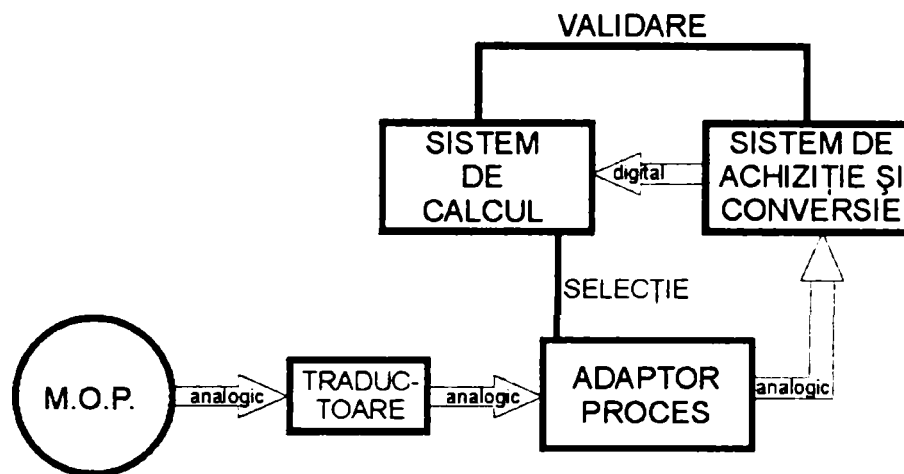


Fig. 4.6. Sistem pentru monitorizarea MOP

Sistemul cuprinde, pe lângă mecanismul oleopneumatic urmărit, alte patru mari blocuri:

- blocul traductoarelor;
- blocul adaptor de procese;
- blocul de achiziție și conversie;
- sistemul de calcul.

Acest sistem poate să răspundă principalelor cerințe ale aplicării tehnicilor de supraveghere la MOP-uri, prin precizia ridicată de înregistrare a mărimilor, inclusiv în regimuri tranzitorii, și deasemenea, prin posibilitatea prelucrării rapide a unui mare număr de date, fiind posibilă și o tratare statistică a lor.

Este de asemenea important de subliniat faptul că aceste tipuri de echipamente, bazate pe calculator compatibil PC, permit dezvoltarea ulterioară a sistemelor de supraveghere la nivelul întregii stații electrice, prin interconectarea acestora și subordonarea unui sistem general de supraveghere și control. În continuare, se trece la detalierea blocurilor schemei din figura 4.6.

Blocul traductoarelor conține dispozitivele prin care se preiau din proces mărimi analogice și numerice, care interesează în procesul de supraveghere al MOP-ului. Ca mărimi analogice, pot fi preluate presiunea din acumulatorul de înaltă presiune și curentul (puterea) absorbite de motorul de antrenare al pompei, iar ca mărimi numerice se vor avea în vedere semnalele primite de la microîntreruptoarele dispuse pe tija acumulatorului de înaltă presiune.

Blocul adaptor de proces realizează modificarea prin amplificarea sau divizarea după caz, respectiv izolarea galvanică în anumite situații, a mărimilor analogice, în așa fel încât ele să fie compatibile cu intrarea sistemului de calcul. De asemenea, blocul adaptor prin interacțiune cu sistemul de calcul, selecționează domeniile de divizare a mărimilor analogice în așa fel încât precizia de măsurare și prelucrare să se mențină mare, aceeași pe diversele domenii de măsură.

Blocul de achiziție și conversie convertește mărimile analogice preluate din proces, în mărimi numerice prelucrabile în sistemul de calcul cu programul specific aplicației respective.

Sistemul de calcul, bazat pe un microcalculator compatibil PC, permite stocarea și prelucrarea datelor, rezultatele putând fi prezentate sub formă tabelară și grafică, la consolă și la imprimantă.

Se poate observa că sistemul de supraveghere al unui MOP poate prelucra atât semnalele analogice cât și numerice, obținându-se astfel o creștere substanțială a performanțelor acestui

sistem. Este de semnalat însă, faptul că de performanțele traductoarelor alese depind performanțele întregului sistem de supraveghere. De aceea, va trebui acordată atenție deosebită utilizării de traductoare performante pentru a putea obține rezultate performante.

4.2.5. Microsistem de monitorizare on-line a dispozitivului MOP

Microsistemul de supraveghere [66] utilizează în fiecare stație, câte un microcalculator modular industrial MIND. El contribuie atât la supravegherea și diagnosticarea funcționării în timp real a dispozitivelor MOP, cât și la crearea unei baze de date tipizate.

Supravegherea parametrilor MOP din stațiile de 110 kV, se poate realiza la punctul de dispecer utilizând un sistem distribuit de microcalculatoare organizate în topologie radială pe două nivele informaționale. La primul nivel calculatoarele locale au rolul de a culege date, de a informa operatorul local din camera de comandă a stației și de a transmite selectiv sau la cerere informațiile la calculatorul central. La al doilea nivel, calculatorul central asigură printre altele achiziția și gestionarea informațiilor primite din rețea, crearea și exploatarea bazei de date, interfața cu operatorul uman.

Cele două nivele ierarhice ce realizează o rețea radială se interconectează în funcție de cerințele informaționale ale sistemului. Atributele avute în vedere la evaluarea și selectarea microsistemului au fost: costul inițial, costul pe durata de viață, capacitatea de a satisface cerințele suplimentare, disponibilitatea scontată, reputația și stabilitatea furnizorului.

În acest sens au fost analizate atât variante cu soluții hard pe 16 biți din import (PEP Modular Computers; PSCS 2000; AXIOM; Burr-Brown), cât și soluții hard indigene pe 8 biți (SPOT; ECAROM; MADS; MIND).

A fost aleasă soluția MIND întrucât acest microcalculator cu destinație specială și industrială se caracterizează prin: robustețe, fiabilitate ridicată, imunitate ridicată la zgomot (tehnologie CMOS), consum redus de energie, funcționare în domeniu extins de temperatură ($-40^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$), este modular și acoperă cerințele unui sistem industrial de achiziție de date logice și/sau analogice (flexibile), are două canale de comunicație serială pentru standardul RS232, prezintă posibilitatea implementării de către utilizator a unor module diverse, preț de cost scăzut comparativ cu oricare soluție pe 16 biți.

Schema bloc a microsistemului este dată în figura.4.7., în care sunt reprezentate: k module MIND-LISG de intrări numerice separate galvanic (16 linii fiecare), videoterminalul local VDT52S, modulul de interfață serială și numărătoare/temporizatoare programabile (MIND SIO/CTC), modulul de unitate centrală (MIND UC2) echipat cu microprocesorul MMN 80 CPU (Z80), memorie RAM statică și memorie EPROM.

Componentele microsistemului sunt de generație mai veche, deci se impune o analiză asupra oportunității înlocuirii lor.

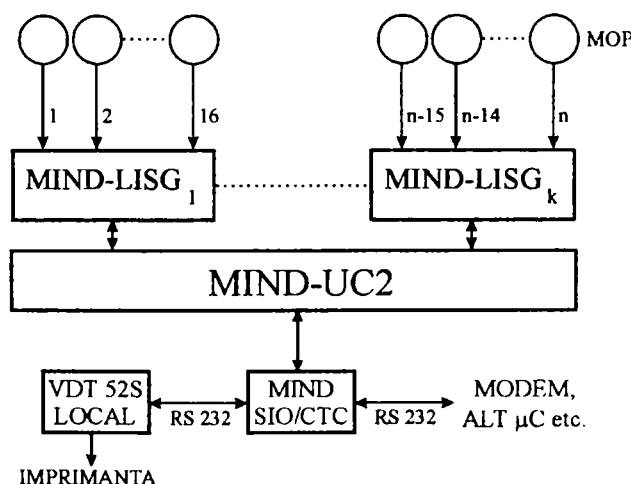


Fig. 4.7. Microsistem de monitorizare on-line a MOP-1

4.2.6. Sistem pentru determinarea on-line a stării de uzură a întreruptorului IO-110 kV

În cadrul SDEE Sibiu s-a experimentat o metodă de estimare a uzurii întreruptorului IO pe baza curentului efectiv întrerupt și a curbei de uzură de referință a acestuia, conform unui algoritm prezentat în [44]. La măsurătorile realizate în stația de transformare 110/20 kV MEDIAȘ pe întreruptorul IO-110 kV al LEA 110 kV Aurel Vlaicu, s-a utilizat schema de achiziție a datelor conform figurii 4.8.[44].

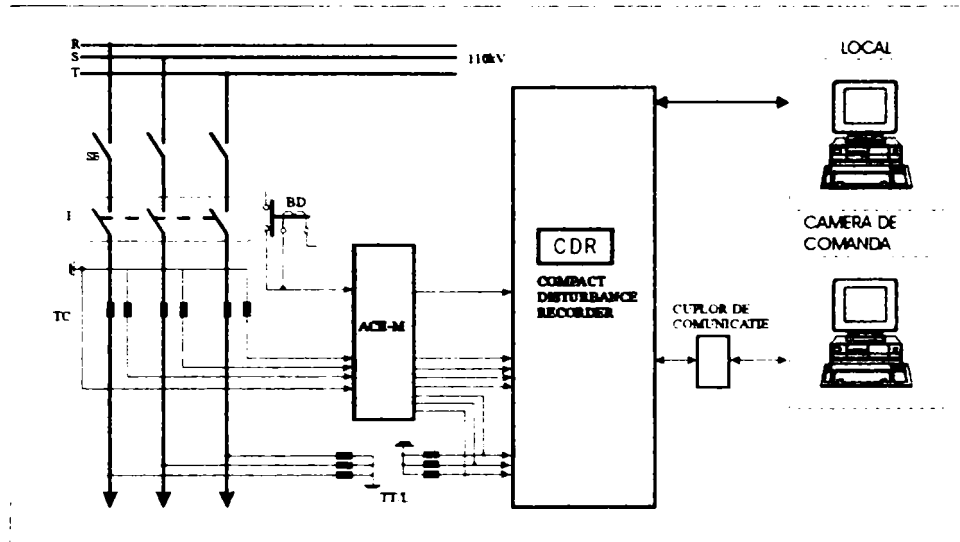


Fig. 4.8. Schema sistemului de achiziție date

Parametrii achiziționați din proces în vederea stabilirii gradului de uzură a întreruptorului IO-110 kV sunt:

- curentul de rupere;
- tensiunea liniei;
- timpul la care are loc declanșarea IO-110 kV.

Achiziția datelor se realizează prin intermediul interfeței inteligente ACE-DSP și a perturbografului digital CDR. Vizualizarea datelor preluate se poate face local prin intermediul unui calculator tip LAPTOP sau la distanță cu ajutorul cuplorului de comunicație și a unui calculator PC compatibil IBM.

Preluarea datelor se face on-line dar prelucrarea acestora se poate face și ulterior datorită faptului că rezultatul acestor prelucrări nu impune luarea unei decizii imediate. Datorită acestui fapt, preluarea datelor s-ar putea face cu echipamente mai simple și mai ieftine și care ar putea de asemenea estima prin calcule gradul de uzură, fără a putea face însă prelucrări grafice.

4.2.7. Sistem de monitorizare on-line a parametrilor MOP-1 și a gradului de uzură a IO-110 kV

În cele ce urmează se analizează un sistem cu o configurație mai simplă pentru monitorizarea on-line a parametrilor MOP și care poate, prin prelucrarea anumitor algoritmi, să facă și o estimare asupra stării de uzură a IO.

Sistemul este astfel conceput încât să preia on-line numai acele informații, din ansamblul IO-MOP, care nu necesită pentru preluare, intervenții asupra construcției echipamentului (sau necesită intervenții minore) și el poate rezolva următoarele probleme:

- monitorizarea practic completă a MOP;
- aprecierea stării IO prin interpretarea valorii curentului de scurt circuit efectiv întrerupt.

Soluția analizată se dorește a fi o metodă ieftină și ușor de realizat și adaptat la instalațiile existente.

Schema de principiu a unui astfel de sistem este redată în figura 4.9.

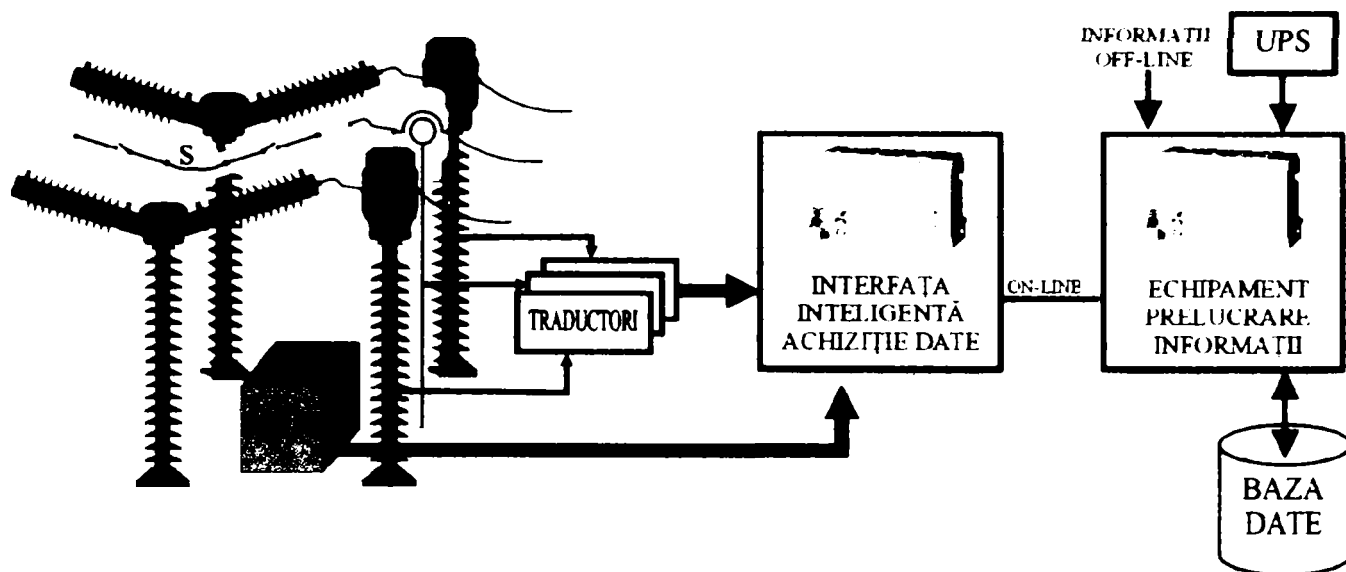


Fig. 4.9. Schema de principiu a sistemului de monitorizare on-line a parametrilor MOP-1 și a gradului de uzură a IO-110 kV

În figură este prezentat un sistem pentru un singur ansamblu IO-MOP, însă el poate fi extins pentru toate aceste ansamble dintr-o stație. El se compune din următoarele elemente:

- intrări numerice preluate din proces pentru dispozitivul MOP (sau prin intermediul unor rele de multiplicare);
- traductori de curent (module de măsură tip LEM) care se conectează în secundarul transformatoarelor de curent;
- modul (releu) de supraveghere a circuitelor motorului grupului motopompă;
- interfață inteligentă achiziție date PLC (automat programabil-SLAVE);
- echipament prelucrare informații-PLC (automat programabil-MASTER);

Noutatea prezentată de acest sistem este utilizarea automatelor programabile, echipamente care sunt ieftine în comparație cu celelalte interfețe utilizate la alte sisteme și care pot fi programate funcție de cerințe.

Modulul SLAVE este conceput a se monta în cutia de cleme a fiecărei celule iar modulul MASTER în incinta camerei de comandă. Pentru acesta se prevede cu o mufă la care se poate conecta un calculator portabil tip LAPTOP.

Modulul SLAVE realizează în întregime monitorizarea MOP și culege informațiile referitoare la curenți, pe care le transmite apoi modulului MASTER care face prelucrarea lor și le stochează în memorie și de asemenea el prelucrează și informațiile preluate de la ieșirile modulului SLAVE.

Sistemul poate fi utilizat atât în stațiile cu personal cât și în cele teleconduse. Pentru configurarea sistemului s-a stabilit necesarul de intrări numerice (IN), de intrări analogice (IA) și cel de ieșiri numerice (EN), pentru ce parametrii sunt necesare, de ce evenimente în funcționare sunt determinate precum și modul de preluare a lor de la ansamblu. Rezultatele analizei sunt regăsite în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3. Necesarul de intrări/ieșiri pentru monitorizare IO-110 kV și MOP-1 cu automate programabile (PLC)

Ansamblu Monitorizat	Parametrii monitorizați	Eveniment	Sursă Semnal	IN	IA	EN	Observații	
MOP-1	Nr. de porniri / oră; Durata fct. pompă < 4min; Durata de nefuncționare pompă < 1h	pornire pompă	contacte auxiliare contactor	1		1		
		oprire pompă	contacte auxiliare contactor	1				
	Porniri normale (comenzi de anclanșare, declanșare)	comanda anclanșare	impuls bobină anclanșare	1				Nu se înregistrează ca porniri
		comanda declanșare	impuls bobină declanșare	1				
	Pornire manuală	buton pornire	contact auxiliar	1			Nu numără pornirile timp de 2 min.	
	Curentul absorbit de motor	pornire motor	traductor de curent în semnal unificat		1	1		
	Presiunea azotului	presiune maximă	microcontact	1		1		
		presiune minimă	microcontact	1				
	Integritate circuit motor	supraveghere	de la dispozitivul special de supraveghere	1		1		
	Total MOP				8	1	4	
IO-110 kV	Timpi de comutație; Nesimultaneitate Nr. total declanșări	comanda anclanșare	impuls bobină anclanșare			1	Se utilizează aceleași intrari ca la MOP	
		comanda declanșare	impuls bobină declanșare					
		poziția anclanșat	contacte CSA	3				
		poziția declanșat	contacte CSA	3				
	Nr declanșări pe scc.	comanda declanșare prin protecții	contact auxiliar în schema de protecție	1				
Uzura	curent de scurtcircuit	traductor de curent în semnal unificat		3	3			
Total IO				7	3	4		
Total ansamblu				15	4	8		

În figura 4.10. se arată modul de legare în instalație al acestui sistem.

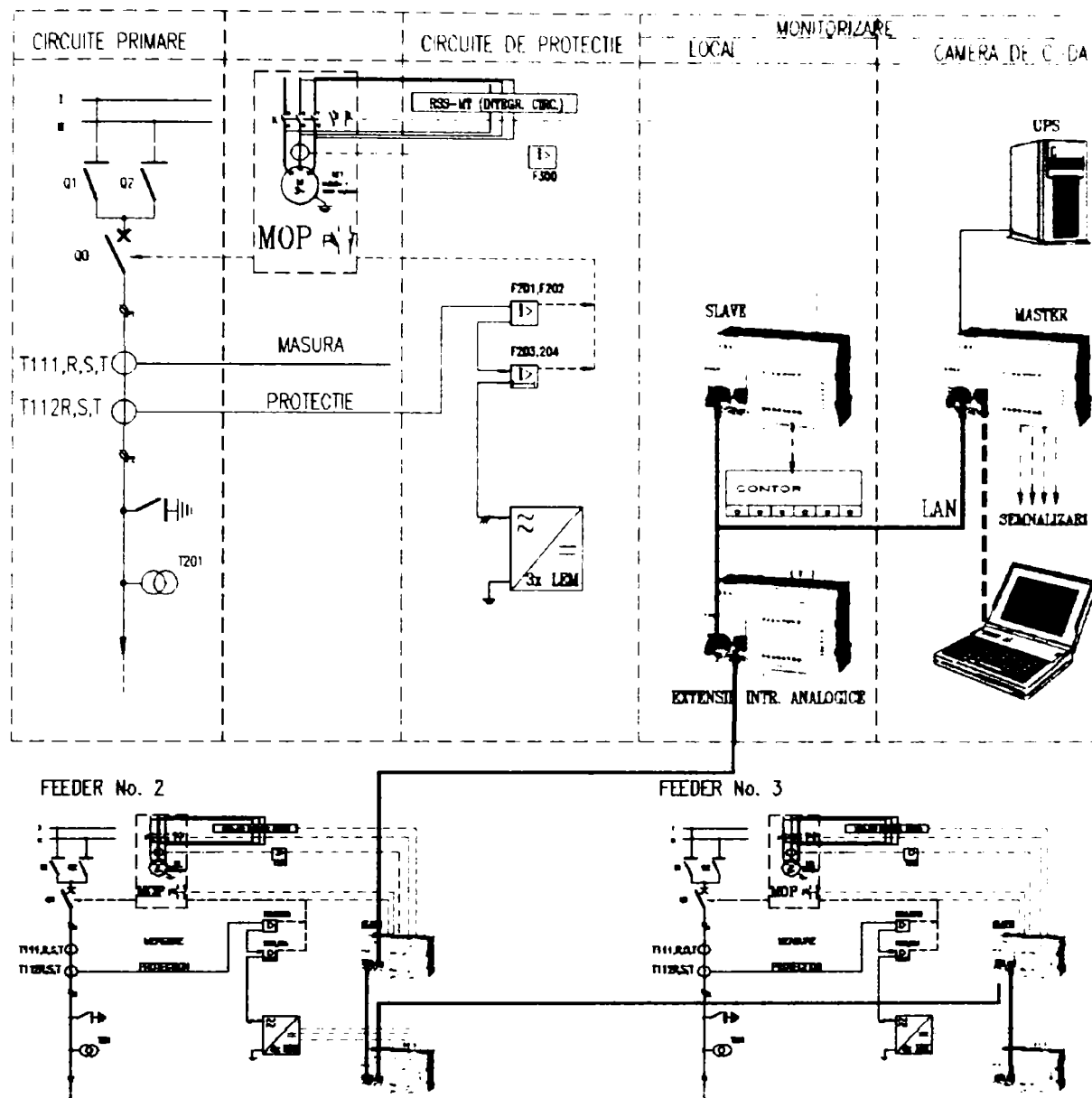


Fig. 4.10. Legarea în instalație a componentelor sistemului

În momentul în care se constată o situație anormală în funcționarea MOP respectiv se estimează o uzură avansată a IO, se atenționează personalul de exploatare din stație, pe baza unor semnale de avertizare, sau dispecerul, respectiv personalul de intervenție. Pe baza acestor semnale, personalul de intervenție sau exploatare poate afla date concrete asupra parametrului care nu se mai încadrează în caracteristici prin intermediul LED-urilor de semnalizare. Pentru a analiza în detaliu parametrul care a fost depășit se utilizează LAPTOP-ul. Datele pot fi arhivate și transferate într-o bază de date care permite urmărirea în exploatare a tuturor întreruptoarelor dotate cu acest sistem.

În cazul în care aceste situații anormale apar la întreruptor, estimarea mai exactă a stării acestuia se poate face prin diagnosticarea off-line cu o instalație mobilă de diagnosticare prin metoda rezistenței de contact și metoda vibrațiilor.

Avantajele sistemului constau în aceea că este foarte elastic atât din punct de vedere al configurației cât și al programării. Aceste avantaje rezidă din utilizarea PLC-urilor care sunt utilizate pe scară industrială, deci nu este nevoie de echipamente dedicate, și care pot fi configurate funcție de necesități, prin diferite module de extensie, și a căror programare este foarte ușoară.

De asemenea prin alinierea tuturor producătorilor de astfel de echipamente la softul standardizat IEC, sistemul nu mai depinde de un singur producător.

În cazul în care se dorește realizarea etapizată a sistemului de monitorizare propus, se poate aborda ca primă etapă monitorizarea MOP-1, cu același tip de echipamente, urmând ca în a doua etapă să se realizeze și monitorizarea IO-110 kV și eventual și celelalte echipamente din stație. Extinderea primei etape cu cea de a doua respectiv cu celelalte este deosebit de facilă datorită elasticității sistemului propus precum și a portabilității programelor implementate.

Propun ca pentru prima etapă să se realizeze un sistem ca cel prezentat în figura 4.11. Necesarul de intrări și ieșiri se preia din tabelul 4.3.

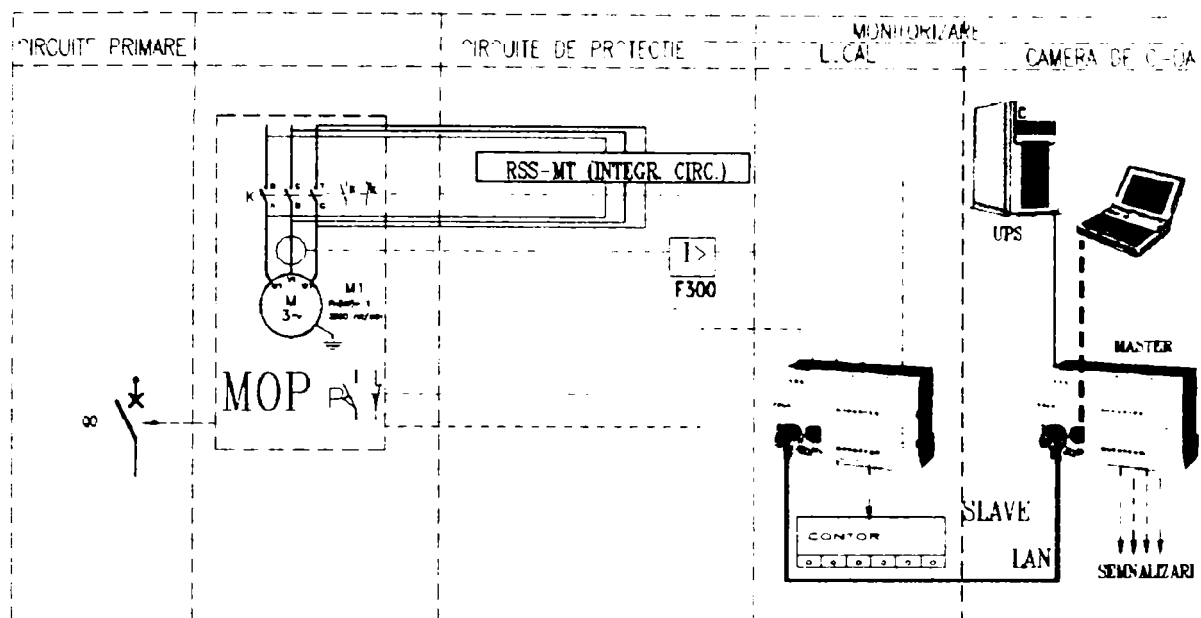


Fig. 4.11. Legarea în instalație a componentelor sistemului de monitorizare MOP-1

Sistemul este compus din următoarele elemente:

- Echipamentul de monitorizat MOP-1;
- Traductorul de curent în semnal unificat -F300;
- Releul de supraveghere al integrității circuitelor de alimentare ale motorului-RSS-MT;
- Modulul SLAVE;
- Modulul MASTER;
- Contorul de funcționări;
- Modulul UPS;
- Rețeaua LAN.

Prezentăm în continuare releul de supraveghere al integrității circuitelor de alimentare ale motorului- RSS-MT (figura 4.12).

Releul este de fabricație Pintel Intelligent Systems București, și este destinat supravegherii și semnalizării avariilor din circuitele de alimentare ale motoarelor asincrone trifazate de uz general.

Releul RSS - MT se conectează în circuitul de alimentare al motorului conform figurii 4.12. și este sensibil la avarii ce constau în:

- arderea uneia sau a două siguranțe din circuitul de alimentare al motorului;
- neînchiderea unuia sau a două contacte principale ale contactorului ce comandă motorul;
- întreruperea unui conductor sau a două conductoare de alimentare ale motorului de pe oricare din fazele R,S,T ale sistemului trifazat.

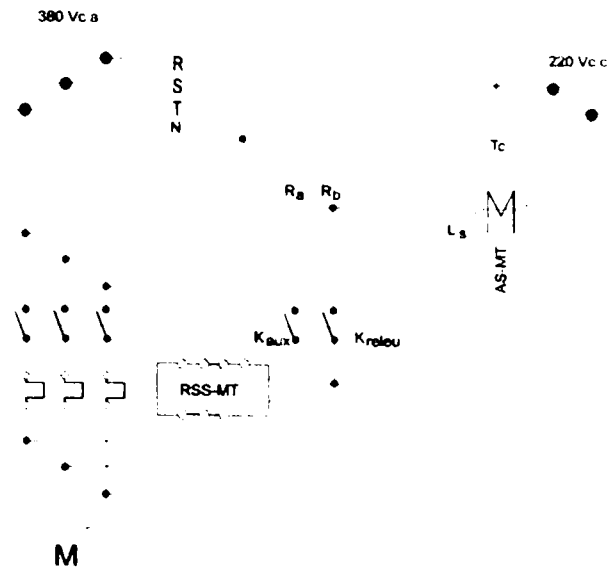


Fig. 4.12. Releu de supraveghere al integrității circuitelor de alimentare ale motorului

El poate asigura atât semnalizarea acustică cât și optică și se poate adapta pentru a fi conectat la intrările modului SLAVE, în vederea furnizării de informații sistemului de monitorizare.

Traductorul de curent în semnal unificat-F300 este utilizat pentru măsurarea curentului absorbit de motorul pompei. La depășirea curentului maxim admis, prin intermediul modului SLAVE și apoi al modului MASTER, se transmite semnalizare personalului de exploatare. Un asemenea traductor fabricație SCHRACK este prezentat în figura 4.13, iar intrările și ieșirile sale în figura 4.14.



Fig. 4.13 Traductor de curent în semnal unificat tip SCHRACK

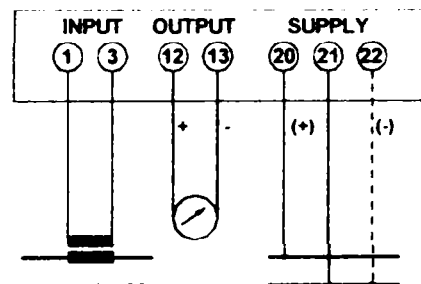


Fig. 4.14. Intrările și ieșirile traductorului

Caracteristicile tehnice ale traductorului sunt:

- clasa de precizie: max. 1;
- intrare: 5 A, 230-400 V;
- ieșire: 4-20 mA;
- timp de răspuns: < 300 ms;
- frecvență: 47-63 Hz;
- tensiune auxiliară: 230 V, 50-60 Hz.

Traductorul poate fi înlocuit cu un releu maximal de curent reglat să funcționeze la depășirea valorii de 3,105 A (curent limită în regim de durată), dar în acest caz valoarea curentului nu mai poate fi prelucrată și interpretată.

Restul elementelor sistemului vor fi prezentate în capitolul destinat traductoarelor și interfețelor de proces.

Sistemul este realizat la SDEE Sibiu și este în faza testelor de laborator, urmând apoi să se implementeze experimental în instalații.

4.2.8. Instalație pentru monitorizarea off-line a parametrilor IO-110 kV și MOP-1

O astfel de instalație, prezentată în [48], se va putea utiliza ca o instalație din dotarea echipelor de revizii din cadrul SC ELECTRICA S.A., în completare la sistemele de monitorizare on-line de genul celui prezentat anterior sau chiar și în lipsa unor astfel de sisteme în cadrul activității de mentenanță, pentru a evita intervenții, care nu sunt necesare, asupra echipamentelor. Schema unei astfel de instalații se prezintă în figura 4.15.

În continuare se prezintă componența principalelor module ale instalației:

- **12 V/88 Ah**-baterie auto;
- **Modul ICP** - modul pentru măsurarea parametrilor din circuitul de forță. Conține:
 - Sh1 - șunt 1000 A/1 V clasa 0,2, pentru măsurarea curentului prin circuitul de forță;
 - BB - amplificator cu izolație optică Burr-Brown, clasa 0,1, tensiunea maximă de lucru 10 V, tensiune maximă de izolație 1500 V;
 - R - redresor cu limitare de curent, pentru reîncărcarea bateriei de 12 Vcc din circuitul de forță;
 - V - voltmetru, 25 Vcc, pentru testarea stării bateriei de 12 Vcc;
 - A - ampermetru, 10 Acc, pentru diagnosticarea stării bateriei de 12 Vcc;
 - CT - contactor 24 Vcc/100 A, pentru închiderea/deschiderea circuitului de forță;
- **Modul Ibob** - modul pentru lansarea comenzilor la bobinele de închidere/deschidere și pentru măsurarea curentului prin circuitul acestor bobine. Conține:
 - RM5 - relee pentru închiderea/deschiderea circuitelor bobinelor de comandă BD/BI;
 - Sh2 - șunt 5 A/0,5 V, clasa 0,2, pentru măsurarea curentului prin circuitul bobinelor de comandă;
 - BB - amplificator cu izolare optică Burr-Brown, clasa 0,1, tensiune max.de lucru 10V, tensiune max.de izolație 1500 V;
- **Modul PRG** - modul programator, are următoarele atribuțiuni:
 - selectează (în poziția SELECT) tipul de manevră ce se va efectua: închidere (I), deschidere(D), închidere/deschidere(ID), deschidere/închidere(DI), deschidere/închidere/deschidere (DID);
 - în poziția PROBA, la activarea butonului de comandă ON/OFF dă semnal de tensiune;
 - pentru închiderea contactorului CT și cu o întârziere de 0,1 s dă semnale de tensiune pentru comanda bobinelor de închidere/deschidere și pentru declanșarea achiziției la interfața de achiziție după un interval de timp de 0,7 s dă semnal de tensiune pentru deschiderea contactorului CT.
- **Modul Ucp** - modul pentru măsurarea căderii de tensiune între bornele echipamentului. Conține:
 - BB - amplificator cu izolare optică Burr-Brown, clasa 0,1, tensiune maximă de lucru 10 V, tensiune maximă de izolație 1500 V;
- **Modul Acc Cursa** - modul pentru măsurători de accelerație și cursă contact mobil. Conține:
 - CA - amplificatoare de sarcină, Kistler sau Bruel & Kjaer, clasa 0,1;
 - Acceleration - accelerometre piezoelectrice Bruel & Kjaer, clasa 1, frecvența de rezonanță 50 kHz;
 - ACT- Actipot, modul pentru alimentarea traductoarelor rezistive de cursă, TWK, clasa 0.1;
 - TCL - traductor rezistiv de cursă liniară, TWK, rezistența 5 kΩ, cursă 200 mm, clasa 0,1;

- TCR - traductor rezistiv de cursă de rotație, TWK, rezistența 5 k Ω , cursa 0...355 grade;
- **Modul MB 01** - modul de condiționare echipat cu module de intrare tip MB 41 KEITHLEY, domeniul de frecvență 0...10 kHz, U_{max.} de lucru 10, 5, 1 V/+5 V, U de izolație 1500 V, clasa 0,05.
- **CB** - cablu conectare modul izolatori – interfața achiziție date – KEITHLEY
- **A/D** - interfața achiziție date pentru Notebook- DAScard 1003, KEITLEY, nr. canale 8 dif/16 SE, viteza de eșantionare 140 kHz, rezoluție 12 bits, 512 word FIFO;
- **Notebook** – calculator portabil;
Test Point – mediu software pentru controlul achiziției și dezvoltare de programe, KEITHLEY.

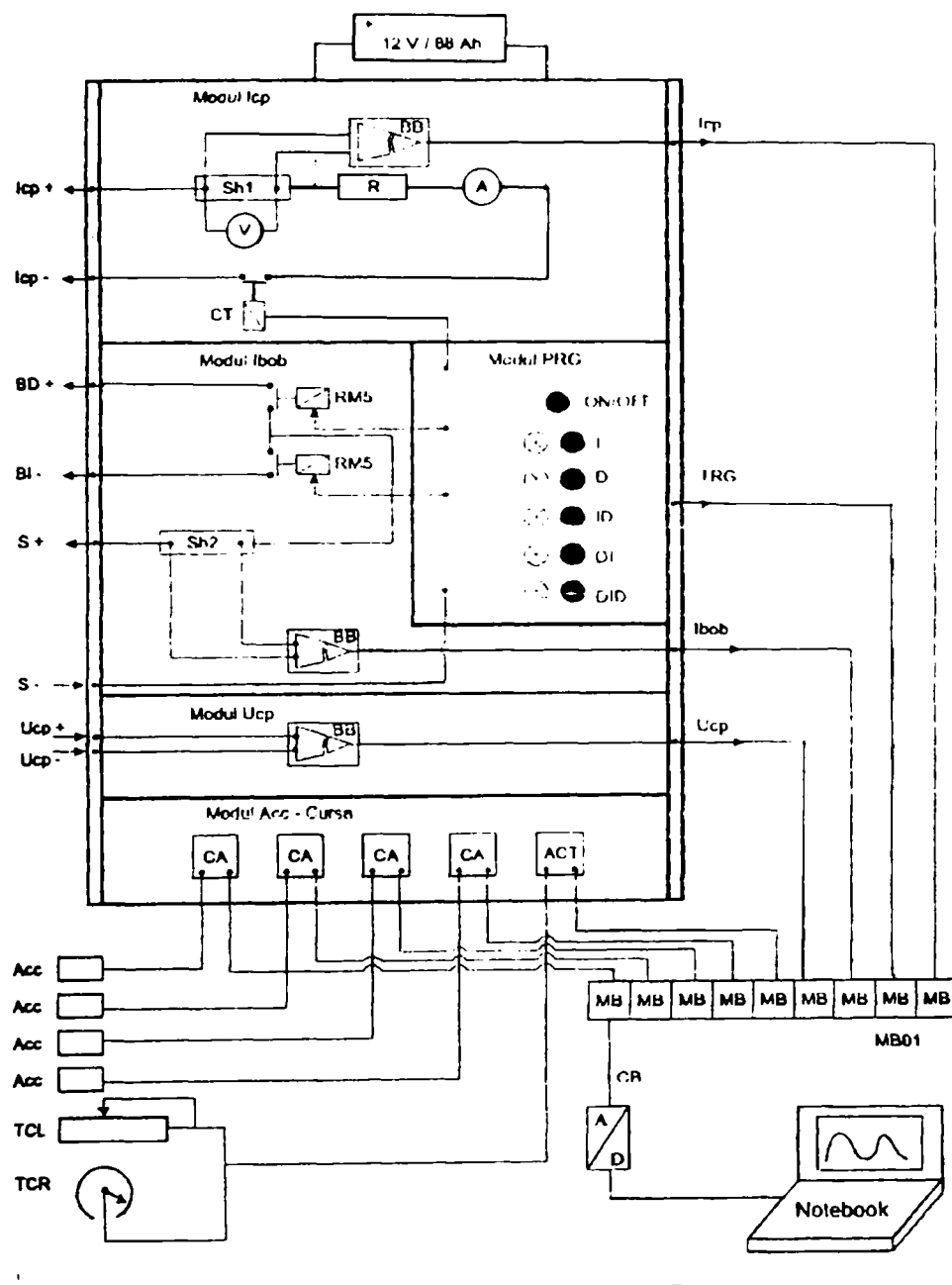


Fig. 4.15. Schema instalației de monitorizare:

12 V/88 Ah - baterie auto; ICP - modul pentru măsurarea parametrilor din circuitul de forță; PRG - modul programator; Ucp - modul pentru măsurarea căderii de tensiune între bornele echipamentului; Acc Cursa - modul pentru măsurători de accelerație și cursa contact mobil; MB 01 - modul de condiționare; CB - cablu conectare modul izolatori; A/D - interfața achiziție date; Notebook - calculator portabil;

Această instalație poate fi montată pe o autospecială și va putea deservi toate echipamentele din gestiunea unei sucursale (sau a mai multora).

4.3. Traductoare și interfețe specifice pentru monitorizare

4.3.1. Traductoare

Prin traductor se înțelege un dispozitiv care pe baza unei legi fizice realizează transformarea unei mărimi într-o altă mărime de care diferă calitativ sau cantitativ. Prin urmare, rolul traductoarelor este acela de a transforma o mărime într-o altă mărime de aceeași natură sau de natură diferită, prin care să fie facilitat procesul de măsurare; între mărimea de intrare și mărimea de ieșire trebuie să se realizeze o corespondență bijectivă.

Cerințele impuse traductoarelor sunt [16]:

- prelucrarea primară a informației;
- siguranță mare în exploatare;
- să furnizeze un semnal mare de ieșire, cu precizie ridicată și să nu perturbe măsurandul;
- să permită alegerea domeniului de măsurare și reglarea sensibilității;
- să admită suprasarcină de durată;
- să fie asigurată imunitatea la perturbații;
- să prezinte adaptabilitate la amplasare;
- să aibă o construcție rigidă, rezistență la șocuri și acțiunea mediului înconjurător, să fie de gabarit redus și masă mică;
- să fie proiectate în construcție modulară și să permită interschimbabilitatea;
- să aibă legături simple de intrare și ieșire;
- să asigure îndeplinirea normelor de protecția muncii;
- să necesite o reglare și o întreținere ușoară;
- să prezinte un preț de cost scăzut.

Dacă se consideră clasificarea energiei după natura producerii ei, se disting următoarele forme de energie: a) radiantă (optică, electromagnetică și nucleară), b) mecanică (inclusiv acustică), c) termică, d) electrică, e) magnetică, f) chimică.

Reprezentând aceste forme de energie într-o matrice cu 6 linii și 6 coloane, se pot prezenta principalele efecte fizice sau dispozitive care stau la baza funcționării și realizării traductoarelor (tabelul 4.4).

Tabelul 4.4. Efecte și dispozitive pentru funcționarea și realizarea traductoarelor [16]

ieșire intrare	radiantă	mecanică	termică	electrică	magnetică	chimică
radiantă	filtru de interferență	presiunea luminii	încălzire cu infraroșii	fotodiodă	saturare	fotografie
mecanică	fotoelasticitate	angrenaj cu roți dințate	frecare	efect piezorezistiv	magnetostricțiune	emulsie
termică	radiații infraroșii	dilatate termică	schimbător de căldură	efect termoelectric	efect Curie	sinteze
electrică	L.E.D.	piezoelectrice -tate (efect invers)	efect Peltier	tranzistor	solenoid	depunere galvanică
magnetică	efect Faraday	electromagnet	modificare histerezis	efect Hall	circuit magnetic	lichide magnetice
chimică	substanțe fotoemise	explozie	ardere	efect chimic-voltaic		reacție chimică

În procesul de măsurare, pe lanțul de transmitere a informației, traductoarele pot ocupa diferite poziții: traductorul care preia informația de la măsurand se numește traductor de intrare sau senzor; la ieșirea convertorului de măsurare se află traductorul de ieșire care realizează adaptarea sistemului de utilizare a informației de măsurare la lanțul de măsurare; pe lanțul de

măsurare pot exista și traductoare intermediare care au rolul de a realiza transformări ale energiei purtătoare de informație în mărimi ce pot fi prelucrate mai ușor, în condiții de precizie, viteză și imunitate la perturbații superioare.

În continuare se prezintă principiile de funcționare a diferitelor traductoare utilizate în monitorizarea IO-110 kV.

4.3.1.1. Șuntul

Șuntul este un rezistor care se conectează în paralel pe instrumentul dat [13]. El divide curentul de măsurat, astfel încât prin instrument să nu treacă un curent mai mare decât limita sa superioară de măsurare. Deoarece, în general șuntul are o rezistență mică, el se confecționează cu patru borne. Bornele *a*, prin care se conectează în circuit (figura 4.16.) [13] se numesc borne de curent, iar bornele *b*, la care se leagă instrumentul, se numesc de tensiune.

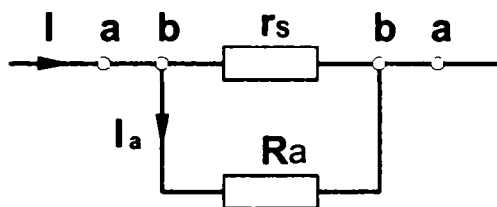


Fig. 4.16. Șuntul simplu

Valoarea r_s a rezistenței șuntului este definită între bornele de tensiune. La o astfel de construcție rezistențele de contact, la bornele *b*, apar serie cu R_a care este rezistența aparatului de măsură, care are o valoare mai ridicată, și nu în serie cu r_s , care este de valoare redusă. Din figura 4.16. rezultă imediat:

$$I_a \cdot R_a = (I - I_a) \cdot r_s \quad (4.9)$$

și deci:

$$I_a = I \frac{r_s}{r_s + R_a} \quad (4.10)$$

Cu alte cuvinte, șuntul stabilește următorul raport între mărimea sa de ieșire I_a , și cea de intrare I .

$$\frac{1}{n} = \frac{I_a}{I} = \frac{r_s}{r_s + R_a} \quad (4.11)$$

În funcție de raportul de șuntare, n , se poate calcula valoarea rezistenței șuntului

$$r_s = \frac{R_a}{n-1} \quad (4.12)$$

Se observă că cu cât raportul de șuntare este mai mare cu atât rezistența sa este mai mică în raport cu R_a .

Cu toate că șuntul este unul din cele mai simple traductoare, utilizarea sa corectă ridică probleme. În primul rând, el este influențat de temperatură. Pentru reducerea influenței temperaturii se folosesc scheme de compensare. Cea mai simplă constă în înscrierea cu instrumentul a unui rezistor de manganină R_a (figura 4.17.)

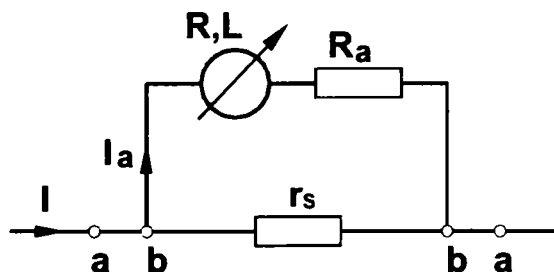


Fig. 4.17. Compensarea variației temperaturii

În acest caz:

$$n = \frac{I}{I_a} = \frac{r_s + R_a + R}{r_s} \quad (4.13)$$

Pentru instrumente de precizie, schema nu este corespunzătoare, eroarea rămânând prea mare. La astfel de instrumente se utilizează scheme mai complicate.

În general, toate schemele de compensare a influenței temperaturii conduc la creșterea consumului de putere și cu cât compensarea este mai perfectă, cu atât consumul este mai ridicat, fiind un multiplu al consumului instrumentului de bază. De aceea schemele de șuntare care necesită compensare, nu se utilizează decât la instrumente cu consum redus, practic numai la instrumente magnetoelectrice și la șuntarea bobinei mobile a instrumentelor electrodinamice.

O a doua mărime de influență asupra raportului de șuntare este frecvența. Când se șuntează în curent alternativ, la frecvențe joase, trebuie să se țină cont de inductanța bobinei instrumentului, iar la frecvențe înalte și de efectul pelicular în șunt. Pentru frecvențe joase, cu notațiile din figura 4.18. rezultă:

$$\frac{I_a}{I} = I \frac{r_s}{r_s + R + R_a + j\omega L} \quad (4.14)$$

și:

$$I_a = I \frac{\sqrt{(r_s + R + R_a)^2 + \omega^2 \cdot L^2}}{r_s} \quad (4.15)$$

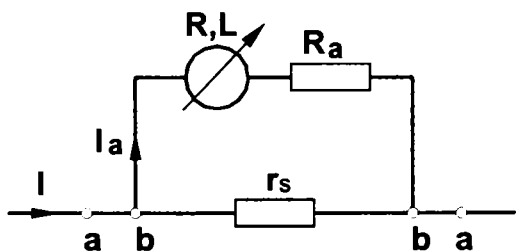


Fig. 4.18. Influența inductanței bobinei

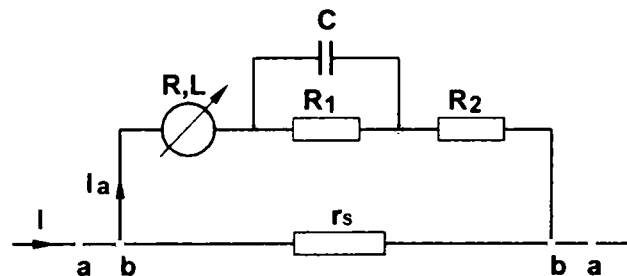


Fig. 4.19. Compensarea inductivității bobinei

deci raportul de șuntare este funcție de frecvență. Pentru compensarea influenței inductanței se introduce în schemă o capacitate C în paralel pe o porțiune din R_a (figura 4.19.), astfel încât reactanța echivalentă a ramurei instrumentului să fie nulă.

Impedanța ramurei este:

$$Z = R + R_2 + j\omega L + \frac{R_1 \frac{1}{j\omega C}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} = R + R_2 + j\omega L + \frac{R_1 - j\omega C R_1^2}{1 + R_1^2 \omega^2 C^2} \quad (4.16)$$

Condiția de reactanță nulă este:

$$L - \frac{C R_1^2}{1 + \omega^2 R_1^2 C^2} = 0 \quad (4.17)$$

Se observă că relația este funcție de frecvență. Dacă $\omega^2 R_1^2 C^2 \ll 1$, adică la frecvențe relativ joase, atunci condiția de compensare devine

$$C = \frac{L}{R_1^2} \quad (4.18)$$

și nu mai depinde de frecvență. În cazul unor fenomene rapide, cum sunt cele post-arc sau supratensiunile din sistemele energetice, frecvențele care intervin sunt mari, până la ordinul de 1 MHz. În acest caz, mai ales la curenți importanți, pentru care aria secțiunii transversale a șuntului este mare, intervine într-un mod important și efectul pelicular al șuntului.

Aparatul utilizat pentru măsurarea unor astfel de mărimi este, în mod obișnuit, osciloscopul catodic. El este caracterizat printr-o rezistență de intrare de ordin $1\text{M}\Omega$ și o capacitate în paralel de 50 pF . Pentru evitarea reflexiei undelor este nevoie de o adaptare a tuturor elementelor din lanțul de măsurare, care trebuie să prezinte aceeași impedanță de undă. Din această cauză, în paralel pe osciloscop se conectează o rezistență R_c egală cu impedanța de undă a cablului de legătură. Ca urmare, schema de măsurare se prezintă ca în figura 4.20. Datorită curentului mare care trece prin șunt ($i - i_a$) și care este variabil în raport cu timpul, în circuitul de măsurare se induce o tensiune, $u_e = -\frac{d\Phi}{dt}$, determinată de fluxul magnetic Φ care străbate bucla de măsurare.

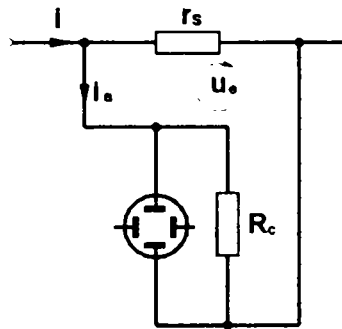


Fig. 4.20. Tensiunea indusă în bucla de măsurare

Ca urmare, din teorema lui Kirchhoff rezultă:

$$u_e = (i - i_a)r_s - i_a R_c \quad (4.19)$$

și deci

$$i_a = \frac{ir_s - u_e}{r_s + R_c} \quad (4.20)$$

Tensiunea indusă este cu atât mai mare cu cât bucla de măsurare are dimensiuni mai mari și cu cât curentul i este mai mare și are o variație mai rapidă. Construcția șuntului trebuie să asigure o tensiune indusă cât mai mică. Aceasta se realizează prin reducerea ariei buclei, șuntul înfășurându-se bifilar (figura 4.21.), sau prin așezarea buclei în zone în care câmpul magnetic produs de șunt este nul, ca la șuntul coaxial (fig 4.22.).

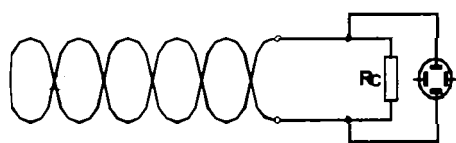


Fig. 4.21. Șunt bifilar

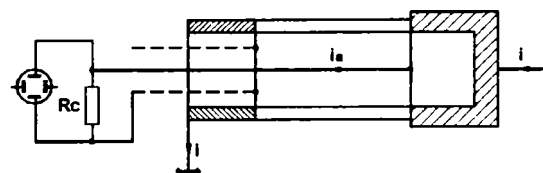


Fig. 4.22. Șunt coaxial

În aceste condiții $u_e = 0$ și

$$i_a = i \frac{r_s}{r_s + R_c} \quad (4.21)$$

adică se obține o relație ca și în curent continuu. În realitate însă, datorită variației rapide a curentului, are loc un pronunțat efect pelicular tranzitoriu și ca urmare r_s nu este o mărime constantă, ci variază în timp. Șuntul bifilar nu elimină complet efectul tensiunii induse în bucla de măsurare. De aceea, mai răspândit este șuntul coaxial (figura 4.22.). La acesta curentul de măsurat, i , care trece prin șunt nu produce în interiorul său un câmp magnetic. Ca urmare în bucla de măsurare nu se induce tensiuni. Și la șuntul coaxial trebuie să se țină cont de efectul pelicular tranzitoriu.

Și în cazul șuntului coaxial rămâne o *inductivitate mutuală necompensabilă constructiv* datorită efectului pelicular care nu permite trecerea curentului i în etapa tranzitorie prin întreaga grosime a peretelui tubului [9]. Această inductivitate raportată la lungimea șuntului, are expresia:

$$M_{ab} = \frac{\mu_0 \cdot d}{12 \cdot r} \quad (4.22)$$

unde d este grosimea peretelui tubului rezistiv, iar r este raza internă a aceluiași tub.

Răspunsul unui șunt coaxial la un semnal treaptă este prezentat în figura 4.23.

Se observă că în acest caz, pentru a avea un timp de răspuns scurt, este nevoie ca δ , grosimea peretelui, să fie mică.

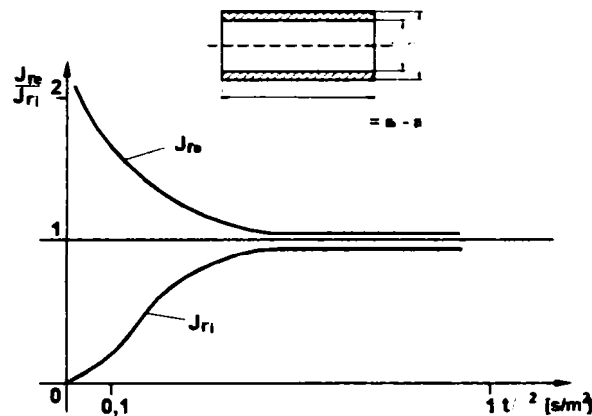


Fig. 4.23. Răspunsul unui șunt la semnal treaptă

O schemă echivalentă a șuntului, care să țină cont de efectul pelicular tranzitoriu, este arătat în figura 4.24.

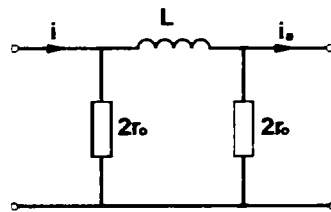


Fig. 4.24. Schema echivalentă a șuntului.

Aici r_0 este rezistența șuntului în curent continuu, iar L are valoarea:

$$L = \frac{2 \mu_0 \delta l}{3 \cdot 2 \pi r_i} \quad (4.23)$$

Plecând de la această schemă se poate imagina un circuit de compensare, care să aibă funcția de transfer inversă celei a șuntului. În acest fel se pot obține timpi de răspuns foarte scurți.

4.3.1.2 Traductoare (senzori) de curent

În acest subcapitol se tratează senzorii de curent tip LEM (LIAISON ELECTRONIQUES MECANIQUES) [42]. Rolul unui astfel de senzor este de a prelua de la transformatorii de curent de pe linia de înaltă tensiune, curenții de linie, a-i transforma în semnale proporționale cu aceștia și comparabile cu circuitele statice din echipamentul de prelucrare a datelor din proces.

Modulul LEM este un senzor de curent utilizând un generator HALL, care operează cu flux magnetic zero (sistem feedback) [45].

Proprietățile principale ale unui modul LEM:

- măsurarea oricărui tip de curent (c.c., c.a., pulsatoriu,...) într-o gamă largă a amplitudinilor și frecvențelor;
- măsurarea curentului în condiții de izolare galvanică.

Principiul de funcționare a unui modul LEM este prezentat în figura 4.25.

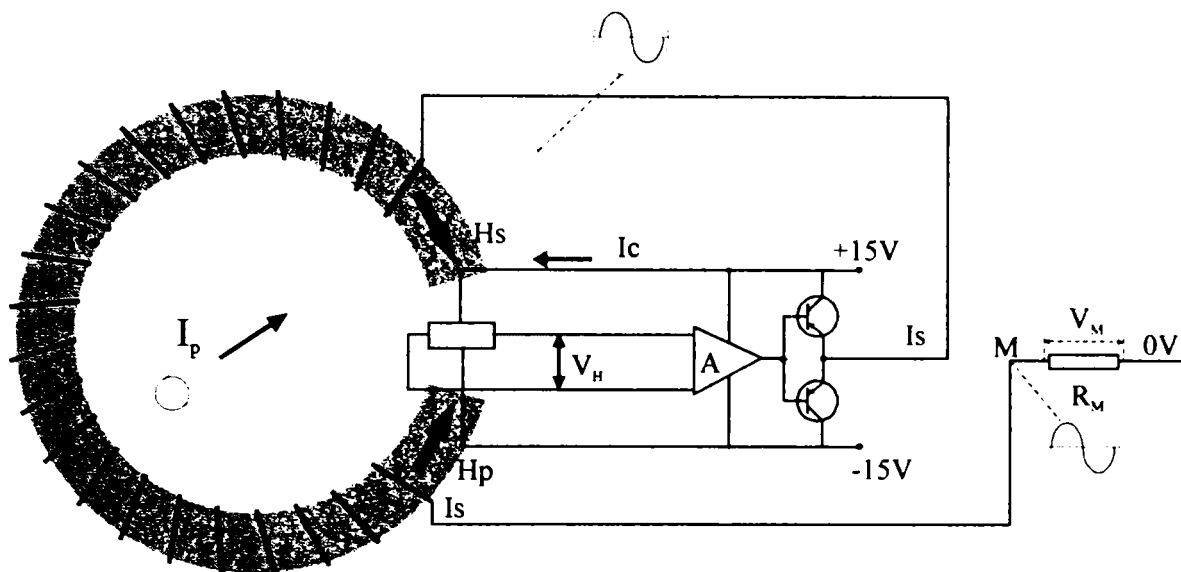


Fig. 4.25. Principiul de funcționare al LEM.

Fluxul magnetic creat de curentul de măsurat, este compensat de ansamblul senzor HALL plasat în intrefierul miezului de compensare, asociat cu un circuit electronic.

Curentul secundar (curentul de compensare) reprezintă imaginea duplicată a curentului primar (redușă de numărul de spire al miezului de compensare).

Ecuția care stă la baza principiului de funcționare al modului LEM este:

$$|N_p \cdot I_p| = |N_s \cdot I_s| \quad (4.24)$$

unde: N_p - număr spire primare ($N_p = 1$)

I_p - curent primar

N_s - număr spire secundare

I_s - curent secundar

Cu alte cuvinte, câmpul magnetic primar este compensat de câmpul magnetic secundar.

Principiul efectului HALL este ilustrat în figura 4.26, iar în tabelul 4.5 se prezintă principalele caracteristici tehnice ale modului LEM.

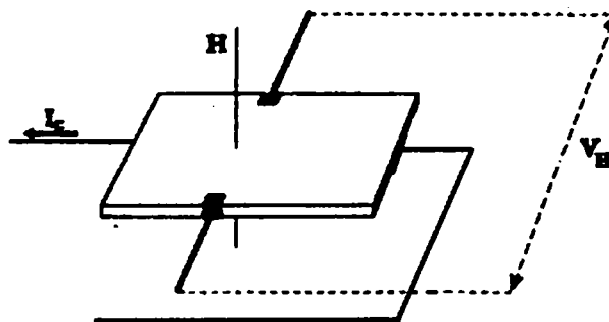


Fig. 4.26. Principiul efectului HALL:

H-câmpul magnetic creat de curentul de măsurat;

I_C -curentul de control; H-constanta Hall;

V_H -tensiunea de ieșire Hall.

Între mărimile din figură, conform principiului Hall, există relația:

$$\bar{V}_H = K \cdot |\bar{H} \cdot \bar{I}_C| \quad (4.25)$$

Tabelul 4.5. Principalele caracteristici tehnice ale modului LEM

Nr. crt.	Caracteristici tehnice	Valori ale caracteristicii tehnice
1	Curent nominal primar	50 A
2	Domeniu de măsură	$0 \div \pm 70$ A
3	Curent nominal analog de ieșire	50 mA
4	Tensiune de alimentare	± 15 V
5	Liniaritate	mai bună de 0,1 %
6	Timp de răspuns	sub 1 μ s
7	Consum	10 mA

Modulele LEM se conectează în circuit conform figurii 4.27

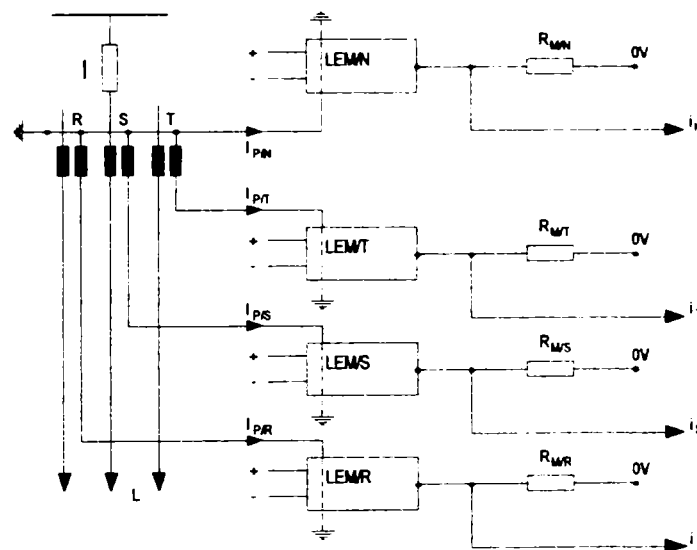


Fig. 4.27. Conectarea modulelor LEM în circuitele de măsură

4.3.1.3. Traductoare rezistive de deplasare

Traductoarele rezistive bobinate sau cu pistă conductoare pot fi folosite la măsurarea unor deplasări liniare de ordinul centimetrilor sau unghiulare în domeniul $0-240^{\circ}$ (360°), respectiv $n \cdot 360^{\circ}$ pentru traductoarele multitură, unde n reprezintă numărul de ture [16].

Forma constructivă a unui traductor rezistiv bobinat de deplasare este prezentată în figura 4.28. [16] Pe un suport izolator cu proprietăți constante în timp este dispusă o înfășurare din conductoare cu rezistivitate mare (Ni-Cr, Ni-Cu, Ni-Cr-Fe etc.), spiră lângă spiră; spirele sunt izolate între ele de obicei prin oxidare și au partea superioară polizată pentru a face contact cu un cursor ce se poate deplasa de-a lungul traductorului.

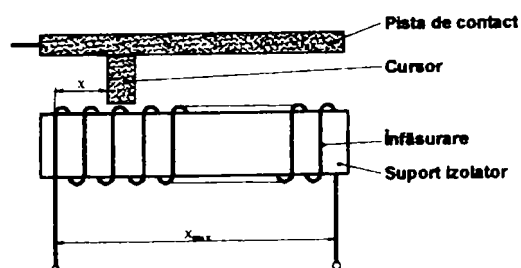


Fig. 4.28. Traductor rezistiv de deplasare.

Cursorul realizează legătura între înfășurare și o *pistă de contact*; el trebuie să prezinte o rezistență mică, să fie rezistent la uzură și acțiunea vibrațiilor și să nu aibă tensiune termoelectromotoare față de înfășurare sau pista de contact. Valoarea rezistenței cursorului depinde de starea suprafețelor materialului din care se confecționează (grafit, cupru grafitat, dar și din bronzuri elastice). Variația aleatoare a rezistenței de contact este o sursă de zgomot și afectează în special montajele reostatice de măsurare.

Traductoarele cu pistă conductoare au în locul înfășurării o pistă pe care se depune carbon sau granule metalice cu dimensiunea mai mică de $10^{-2}\mu\text{m}$.

Dependența rezistenței traductorului în funcție de poziția cursorului este de obicei liniară, însă poate fi și de altă natură (sinusoidală, logaritmică, exponențială etc), în funcție de forma suportului izolator, respectiv, caracteristicile depunerii.

Rezistența totală a traductoarelor rezistive de deplasare poate fi cuprinsă între $100\ \Omega$ și $100\ \text{k}\Omega$, cu toleranțe de ordinul $\pm 10\%$ și o liniaritate ce poate fi cuprinsă între $0,1$ și 1% ; neliniaritățile sunt de obicei mai mari la începutul și sfârșitul cursei traductorului. Rezoluția obținută cu aceste traductoare depinde de diametrul conductorului, respectiv, de dimensiunea granulelor; de exemplu, pentru traductoarele bobinate a căror variație a rezistenței în funcție de deplasare este prezentată în figura 4.29.[16] se întâlnesc două situații:

- cursorul face *contact cu o singură spiră*, rezultând n poziții distincte (n reprezintă numărul de spire ale traductorului);
- cursorul face contact cu 2 spire (în acest caz o spiră este scurtcircuitată), de unde rezultă $n-2$ poziții distincte.

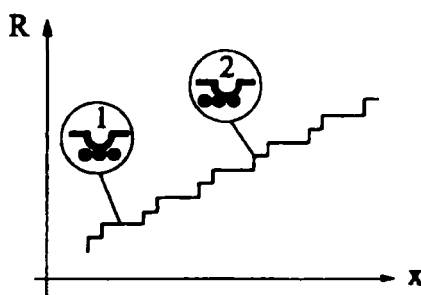


Fig. 4.29. Explicativă la rezoluția traductoarelor bobinate.

Dacă se consideră că diametrul conductorului este Φ , se obține rezoluția Δx a traductorului:

$$\Delta x = \frac{n\Phi}{2n-2} \quad (4.26)$$

Diametrul minim al conductorului nu depășește de obicei $0,05\ \text{mm}$, deoarece pentru conductoare mai subțiri uzura poate deveni foarte importantă.

Viteza maximă de deplasare a cursorului este indicată de fabricant și este de circa $1\ \text{m/s}$. Dintre avantajele traductoarelor rezistive de deplasare pot fi citate: *rezoluție și liniaritate* bune, *preț de cost redus și circuite de măsurare simple*. Ca dezavantaje se pot menționa: *forța de acționare mare, prezența frecărilor* care reprezintă o sursă de zgomot, și, respectiv, de uzură (care afectează și liniaritatea mai ales dacă funcționează pe porțiuni); traductorul este *influențat de umiditate, praf, vibrații și șocuri*. Numărul maxim de acționări pentru traductoarele bobinate este de ordinul 10^6 , dar pentru construcțiile speciale poate atinge și 10^8 .

Circuitele de măsurare pentru traductoarele rezistive de deplasare pot fi *reostatice* sau *potențiometrice*. Circuitele de măsurare reostatice sunt mai puțin folosite în practică din cauza neliniarității pronunțate a caracteristicii de transfer.

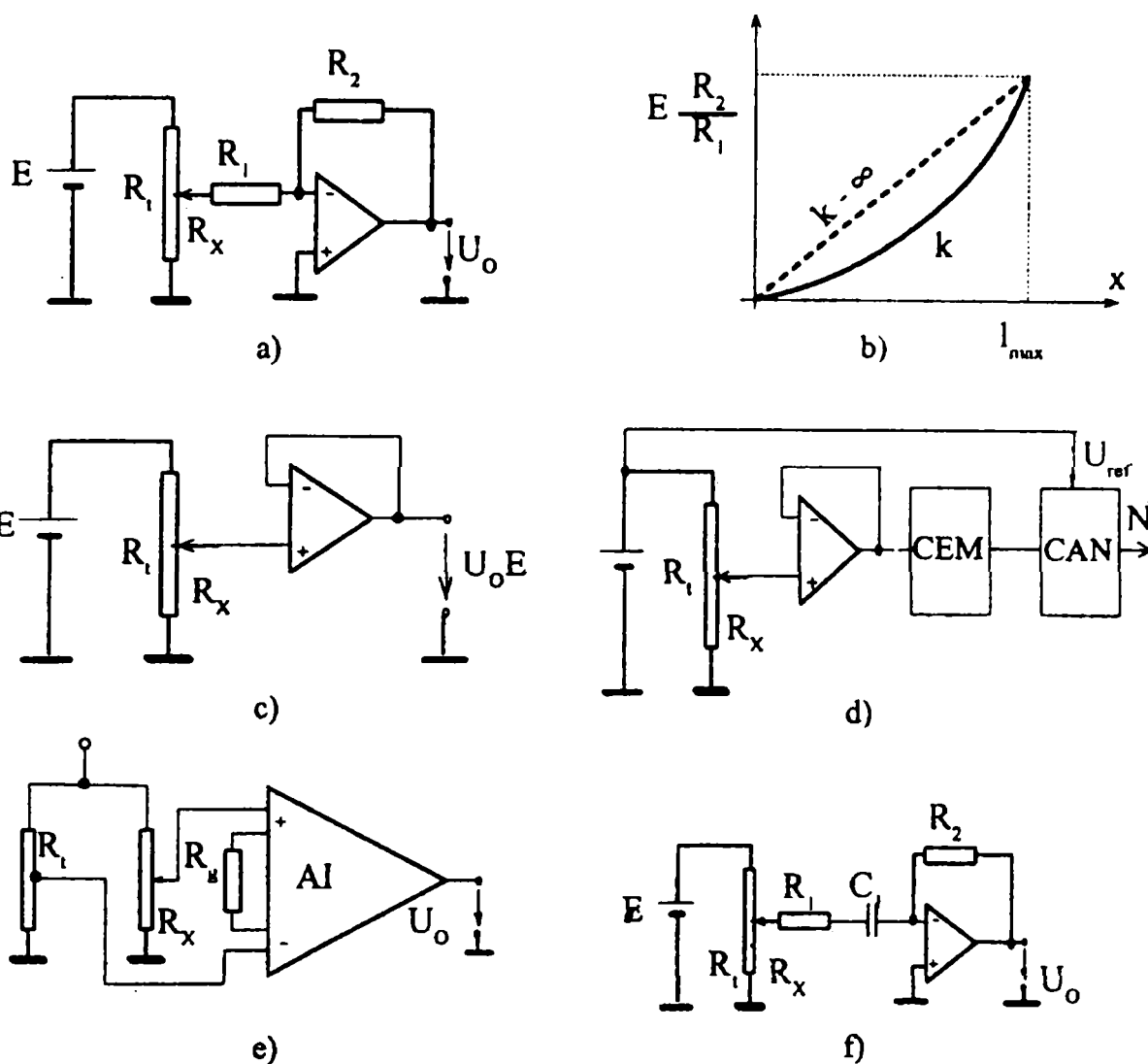


Fig. 4.30. Circuite de măsurare potențiomtrice:
 a-montaj inversor pentru amplificatorul operațional;
 b-reducerea neliniarității; c,d,e-circuite cu impedanță de intrare mare;
 f-circuit pentru variații rapide ale măsurandului.

Circuitele de măsurare potențiomtrice se pot prezenta în mai multe variante (figura 4.30.).

Pentru primul circuit de măsurare (figura 4.30.a.), amplificatorul operațional este folosit în montaj inversor, și deci, prezintă rezistența de intrare \$R_1\$; în acest caz tensiunea de ieșire va fi:

$$U_o = -E \frac{R_2}{R_1} \frac{R_x / R_t}{1 + \frac{R_x}{R_t} \left(\frac{R_t}{R_1} - \frac{R_x}{R_1} \right)} \quad (4.27)$$

Reducerea neliniarității este posibilă prin creșterea raportului \$(R_t/R_1)\$, adică, prin creșterea rezistenței de intrare (vezi și figura 4.30.b), însă prin aceasta scade amplificarea și crește zgomotul propriu al amplificatorului.

Utilizarea unor circuite cu impedanță mare de intrare, elimină dezavantajul impedanței de intrare finite a amplificatorului. Mai mult, deoarece la circuitele de măsurare potențiomtrice variația tensiunii de alimentare este transmisă integral în tensiunea de ieșire, la circuitul din figura 4.30.d, prin folosirea unui circuit de eșantionare și memorare CEM, urmat de un convertor analog-numeric CAN a cărui tensiune de referință este chiar tensiunea de alimentare a traductorului, se elimină eroarea datorată instabilității tensiunii de alimentare.

Schema din figura 4.30.e., care de fapt conține o punte, se folosește în cazul în care măsurandul are variații mici față de o valoare fixă.

Amplificatorul de instrumentație AI asigură o impedanță mare de intrare și o rejecție puternică a modului comun, amplificarea reglându-se cu ajutorul rezistenței R_g .

În cazul în care măsurandul are variații rapide, se poate folosi schema din figura 4.30.f, pentru care este necesar ca frecvența minimă a semnalului f_{min} să satisfacă relația:

$$f_{min} \gg \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (4.28)$$

În ultima perioadă au apărut traductoare rezistive de deplasare fără cursor mecanic, cuplajul realizându-se pe cale magnetică (magnetorezistoare) sau optică (fotorezistoare), însă utilizarea lor este încă limitată din cauza sensibilității termice ridicate.

4.3.1.4. Traductoare de deplasare inductive

Principiul de funcționare al traductoarelor inductive se bazează pe variația geometriei circuitului/ cuplajului magnetic în funcție de măsurand, care se traduce într-o variație de inductivitate proprie sau mutuală.

Inductivitatea proprie reprezintă raportul dintre fluxul magnetic pe conturul circuitului bobinei și curentul care îl produce; inductivitatea este proporțională cu pătratul numărului de spire proporțională cu suma reluctanțelor magnetice din circuit- R_m :

unde reluctanța $L = \frac{\Phi}{i} = \frac{N^2}{\sum R_m}$ magnetică este (4.29)

$$R_m = \int_{l_1}^{l_2} \frac{1}{\mu S} dl \quad (4.30)$$

l_1, l_2 – limitele conturului între care se definește R_m ;

μ - permeabilitatea magnetică a mediului dintre cele două limite;

S – secțiunea circuitului magnetic.

Traductorul inductiv cu miez mobil-varianta diferențială este prezentat în figura 4.31; pe un suport izolator sunt plasate două bobinaje identice, separate între ele printr-un inel magnetic cu rolul de reducere a inductivității de cuplaj mutual dintre cele două bobine. În interiorul celor două bobine se poate deplasa un miez magnetic și prin aceasta se pot modifica în sens contrar inductivitățile celor două bobine. Pentru reducerea perturbațiilor de natură electromagnetică, se ecranează magnetic întreaga construcție. Ținând seama de relația (4.30.) într-o primă aproximație se poate scrie pentru o inductivitate [16]:

$$L_1 = \frac{N^2}{\frac{l_{Fe}}{\mu S_{Fe}} + \mu_0 (S_a - S_{Fe})} + \frac{l_a}{\mu_0 S_a} \quad (4.31)$$

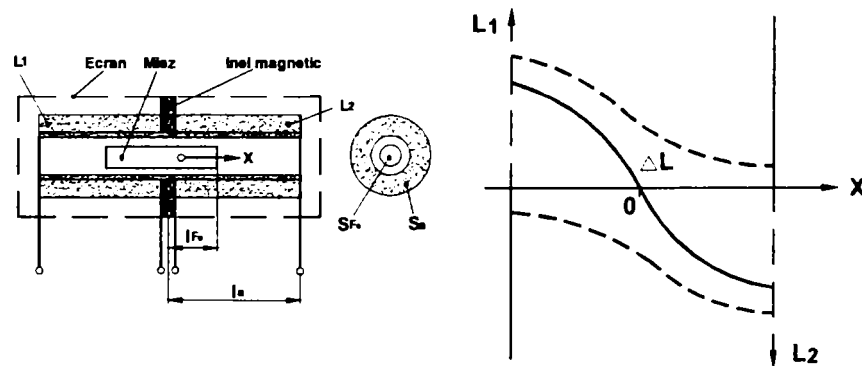


Fig. 4.31. Traductor inductiv.diferențial cu miez mobil.

Traductoarele inductive cu miez mobil prezintă o serie de avantaje, ca:

- domeniul de măsurare poate fi de ordinul centimetrilor;
- prezintă o rezoluție și reproductibilitate ridicată;
- au frecări reduse și sunt insensibile la deplasările radiale;
- există posibilitatea de protecție a traductorului la medii corozive, presiune și temperatură ridicate etc.

Curba de variație a inductivității funcție de deplasarea miezului mobil este redată în figura 4.31.

Schema de măsurare pentru traductorul inductiv diferențial se prezintă în figura 4.32.

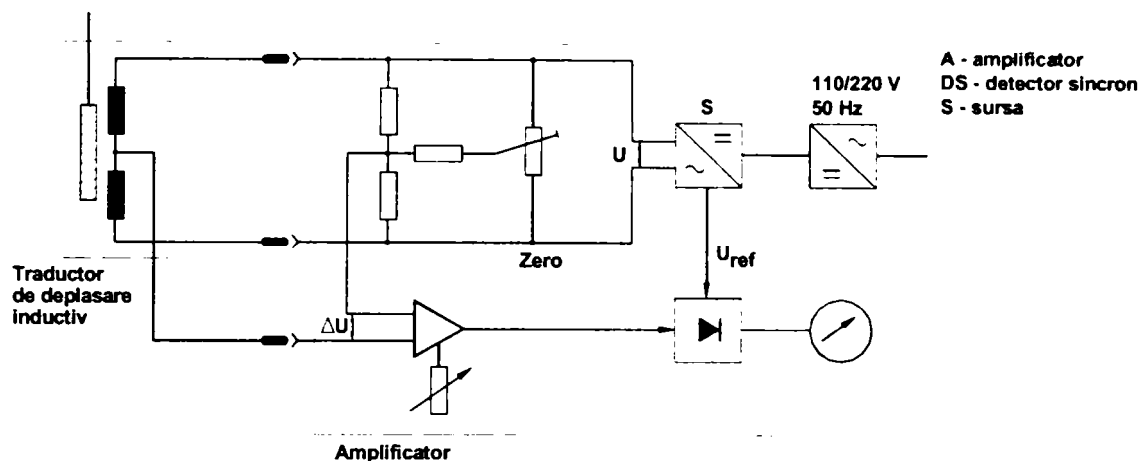


Fig. 4.32. Schema de măsurare pentru traductorul inductiv diferențial cu miez mobil.

Puntea este alimentată la tensiunea U de la sursa S ; tensiunea de dezechilibru ΔU amplificată de amplificatorul A se aplică detectorului sincron DS care primește și semnal de referință U_{ref} . Detectorul sincron asigură extragerea componentei ce are un anumit defazaj față de tensiunea de alimentare.

În tabelul 4.6. sunt prezentate caracteristicile tipice pentru traductoarele inductive de deplasare.

Tabelul 4.5. Caracteristicile traductoarelor inductive de deplasare

Caracteristica	Cu miez mobil
Domeniul de măsurare	1-100 mm
Rezoluția	1-10 μm
Abaterea de la liniaritate	1%
Sensibilitatea	<1mV/V.mm
Frecvența tensiunii de alimentare	<20 kHz
Viteza maximă	m/min
Forța de acționare	mN
Masa mobilă	0,5 – 10 g
Temperatura	-250 ÷ 600 $^{\circ}\text{C}$

4.3.1.5. Traductoare de vibrații (accelerometre)

Funcționarea traductoarelor piezoelectrice se bazează pe fenomenul piezoelectric descoperit de frații Curie la sfârșitul secolului trecut [16]. Fenomenul piezoelectric direct constă în proprietatea unor cristale fără centru de simetrie, ca atunci când sunt supuse unor solicitări de întindere sau compresie după o anumită direcție, pe unele din fețele acestora să apară sarcini electrice. Cantitatea de sarcină electrică Q este proporțională cu mărimea forței F ce produce deformația rețelei cristaline. Fenomenul piezoelectric este reversibil, adică, aplicând un câmp electric asupra cristalului se produce o deformare a acestuia care este proporțională și depinde de sensul câmpului electric.

Inițial, fenomenul a fost observat la cristalele de cuarț (SiO_2) care are forma unei prisme hexagonale terminată prin două piramide: axa ce unește vârfurile piramidei se numește axa optică (z, z'), axele ce unesc vârfurile opuse ale secțiunii hexagonale sunt axe electrice (x, x'), iar axele perpendiculare pe laturile secțiunii hexagonale sunt axe mecanice (y, y'). Pentru schematizare, se poate reprezenta proiecția pe un plan perpendicular pe axa optică Oz a trei molecule de SiO_2 , care constituie o structură elementară, de formă hexagonală, specifică acestui sistem cristalin, figura 4.33. [16].

În absența unor forțe exterioare, centrul de greutate al sarcinilor pozitive coincide cu centrul de greutate al sarcinilor negative, rezultând un moment bipolar nul.

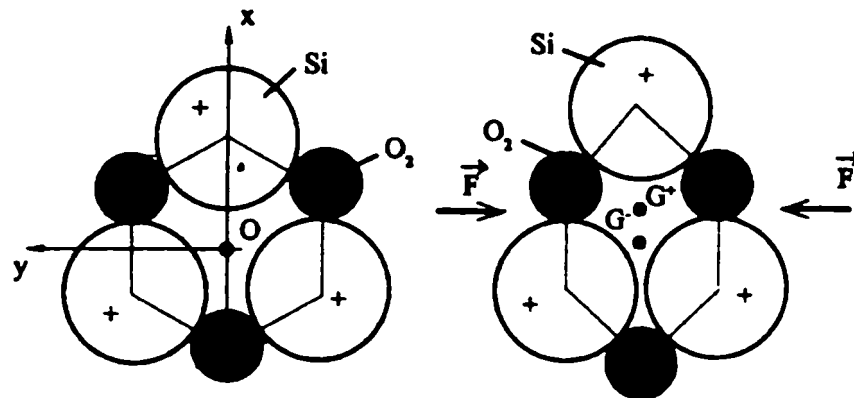


Fig. 4.33. Explicativă la fenomenul piezoelectric

Dacă apar forțe exterioare, de exemplu după Oy , în urma deformării structurii, cele două centre de greutate ale sarcinilor electrice se distanțează, conducând la apariția unui moment electric dipolar și deci, a unor sarcini electrice superficiale.

Dacă dintr-un cristal de cuarț se taie plăci dreptunghiulare sau cilindrice astfel încât fețele mari ale acestora să fie orientate perpendicular pe axele electrice (tăietura Curie sau X), iar pe aceste fețe se depun electrozi metalici, se obține un traductor ce este sensibil la acțiunea presiunii sau care poate produce unde longitudinale. (figura 4.34 [16]).

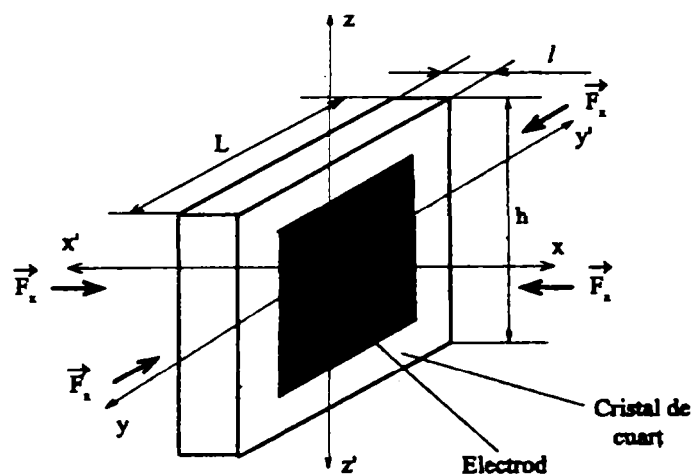


Fig. 4.34. Traductor piezoelectric.

Acționând cu forța F_x după direcția xx' asupra traductorului se constată apariția unei sarcini electrice Q pe electrozi:

$$Q = d \cdot F_x \quad (4.32)$$

unde d este modulul piezoelectric longitudinal. În cazul în care se acționează după direcția yy' cu forța F_y , cantitatea de sarcină obținută este:

$$Q = d \frac{l}{h} F_y \quad (4.33)$$

rezultând o dependență ce ține seama și de dimensiunile geometrice ale traductorului.

Undele recepționate sau produse de traductoarele electrice pot fi longitudinale, transversale, de încovoiere, de forfecare, de suprafață etc. în fiecare caz folosindu-se pentru traductor o construcție optimă care să-i asigure o sensibilitate maximă.

Temperatura modifică proprietățile piezoelectrice ale materialelor (efect piezoelectric), aceste proprietăți putând dispărea peste o anumită temperatură numită temperatura Curie.

În afara cuarțului, proprietăți piezoelectrice mai au și alte cristale, ca: turmalina, oxidul de zinc, niobatul de litiu etc. dar și unele substanțe amorfe ca: titanul de bariu, titanatul de plumb și zirconiu (PZT), poliflourura de vinil etc.

Schema electrică echivalentă a unui traductor piezoelectric se prezintă ca în figura 4.35. [16] unde r , L , C sunt rezistența, inductanța și capacitatea echivalente pentru partea mecanică.

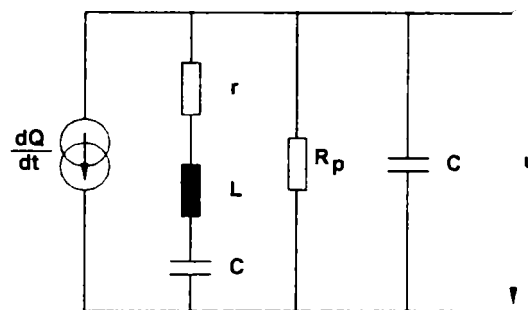


Fig. 4.35. Schema electrică echivalentă a unui traductor piezoelectric

Schema de măsurare pentru traductorul piezoelectric este indicată în figura 4.36. [16].

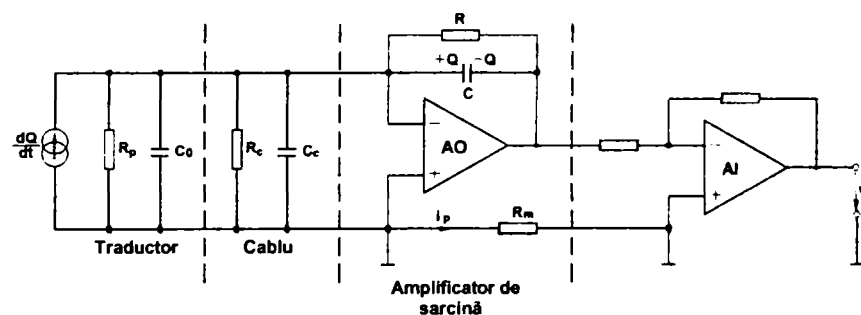


Fig. 4.36. Schema de măsurare cu amplificator de sarcină

Răspunsul circuitului de măsurare la aplicarea forței F , se indică în figura 4.37. [16].

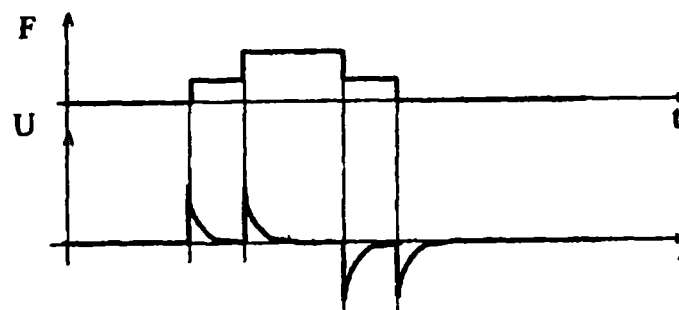


Fig. 4.37. Răspunsul circuitului de măsurare

Dintre variantele constructive ale accelerometrelor piezoelectrice exemplificăm pe cel de compresie (figura 4.38 [16]). Acestea sunt compuse dintr-o placă de bază prevăzută cu o mufă, care se plasează direct pe piesa a cărei vibrație se măsoară; pe placa de bază sunt plasate două pastile piezoelectrice asupra cărora acționează masa seismică m_s . Resortul spiral are rolul de a pretensiona întregul sistem mecanic. Aceste traductoare, care răspund la undele longitudinale, au o frecvență de rezonanță ridicată și o mare robustețe; ele prezintă însă și o sensibilitate transversală de ordinul procentelor din sensibilitatea longitudinală, sensibilitatea totală variind între o valoare minimă și maximă în funcție de unghiul de orientare. Pentru ca influența sensibilității transversale să fie cât mai redusă, pe traductor se marchează direcția pentru care această sensibilitate este minimă; la montare, traductorul se orientează cu marcajul în direcția în care oscilațiile transversale sunt maxime.

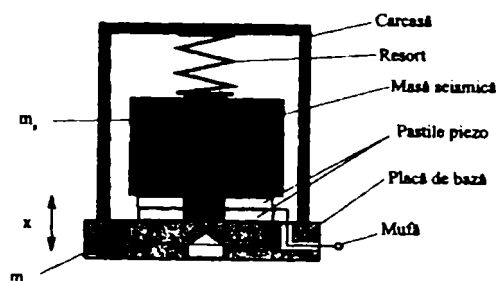


Fig. 4.38. Accelerometru de compresie

În continuare sunt prezentate câteva noțiuni ce caracterizează traductoarele de vibrații, utilizate în datele de catalog [46].

Sensibilitate

Sensibilitatea unui accelerometru este raportul dintre semnalul de ieșire și accelerația care generează acest semnal. Deoarece un accelerometru piezoelectric poate fi considerat ca o sursă de sarcini electrice sau ca o sursă de tensiune electrică, sensibilitatea este aproximată în pC/g respectiv în mV/g (aici $g [m \cdot s^{-2}]$ este accelerația gravitațională). În general la un material piezoelectric dat sensibilitatea este o funcție directă de masa de încărcare; deci o sensibilitate mărită este asociată dimensiunilor fizice mai mari. Aplicația concretă la care se utilizează accelerometrul va determina în mod hotărâtor ce dimensiuni și ce sensibilitate sunt cele mai potrivite.

Uni – Gain

Precizarea Uni – Gain arată că sensibilitatea a fost prin fabricație redusă, cu o precizie de 2 %, la o valoare convenabilă, de exemplu $10 pC/(m \cdot s^{-2})$. Utilizarea accelerometrelor având această precizie se face cu preamplificatoare cu câștig fixat, rezultând un reglaj deosebit de simplu pentru sensibilitatea sistemului de măsurare. În plus aceste accelerometre pot fi schimbate între ele fără recalibrarea sistemului de măsurare.

Sensibilitate transversală

Datorită neregularităților mici ale structurii, alinierii și polarizării discurilor piezoelectrice, se manifestă la ele și o sensibilitate la accelerațiile din planul normal la axa traductorului, sensibilitate ce va genera erori. Accelerometrele sunt măsurate și testate individual pentru determinarea direcției pe care sensibilitatea transversală este minimă. Această direcție este marcată pe corpul traductorului cu un punct roșu.

Temperatura

Accelerometrele manifestă și o anumită sensibilitate la fluctuații ale temperaturii (tranziții de temperatură). Acest efect nu este de importanță mare în domeniul măsurării frecvențelor și accelerațiilor joase.

Banda de frecvență

Limita superioară de frecvență se calculează astfel:

- $f_s = 1/3$ din frecvența de rezonanță, pentru erori mai mici decât 1 dB (12 %);
- $f_s = 1/5$ din frecvența de rezonanță, pentru erori mai mici decât 0,5 dB (6 %).

Se presupune că accelerometrul este fixat corespunzător. Montarea defectuoasă are un efect important asupra limitei superioare de frecvență și deci când se fac măsurători la frecvențe mai mari decât 2 – 3 kHz se va proceda cu atenție deosebită la montarea accelerometrului.

Metode de conectare

Limita inferioară de frecvență a accelerometrului este dependentă practic de preamplificatorul folosit după el. Când se utilizează preamplificatorul de tensiune, limita inferioară de frecvență este funcție de rezistența de intrare a preamplificatorului și de capacitatea rezultată a sistemului format din accelerator, cablu și capacitatea de intrare a preamplificatorului. Limita inferioară de frecvență (-3 dB) folosind un preamplificator de tensiune poate fi calculată cu relația:

$$f_j = 1 / 2 \pi R C \quad (4.34)$$

în care R este rezistența de intrare a preamplificatorului de tensiune;

C - capacitatea echivalentă a circuitului de intrare:

$$C = (C_a + C_1) C_c / C_a + C_1 + C_c \quad (4.35)$$

C_a - capacitatea accelerometrului;

C_1 - capacitatea cablului;

C_c - capacitatea de intrare serie a preamplificatorului.

Când un accelerometru este urmat de un preamplificator de sarcină atunci limita inferioară de frecvență a sistemului este determinată doar de limita inferioară de frecvență a preamplificatorului.

Gama dinamică

Gama dinamică a unui accelerometru este domeniul în care semnalul electric de ieșire este direct proporțional cu accelerația. Limita dinamică inferioară în măsurarea vibrațiilor este dependentă de zgomotul introdus în sistem. În mod normal cea mai mare parte a acestui zgomot provine de la circuitul preamplificatorului, dar și amplificatorul și cablul de legătură pot genera astfel de zgomote. Surse posibile de zgomot sunt vibrațiile presiunii ambiante (sunete), câmpuri termice, electrostatice și magnetice. Printr-o proiectare atentă, influența acestor factori s-a redus la un minim. Limita dinamică superioară a unui accelerometru este determinată de preîncărcarea sistemului masă-element piezoelectric. În general cu cât accelerometrul este mai mic, cu atât este mai mare nivelul de vibrații la care se poate folosi.

4.3.2. Interfețe de proces

În acest subcapitol vom trata interfețele de proces (achiziție date) utilizate în sistemele de monitorizare prezentate în subcapitolul 4.2.

4.3.2.1 Preamplificatoare pentru traductoare de vibrații

Un preamplificator este introdus în circuitul de măsurare din două motive [46]:

- să convertească impedanța de ieșire mare a accelerometrului la o valoare mai coborâtă;
- să amplifice semnalul de ieșire relativ slab al accelerometrului dacă instrumentele care urmează după el nu sunt suficient de sensibile.

Există două alternative principial diferite de preamplificatoare:

- amplificatoarele de tensiune, sunt realizate pentru a prezenta accelerometrului cea mai mare valoare posibilă a rezistenței și în același timp o capacitate de intrare joasă, evitând pierderea sensibilității. Se plasează de obicei lângă accelerometru cu un cablu scurt de conexiune. Aceste amplificatoare sunt în primul rând convertitoare de impedanță având o impedanță de ieșire scăzută care permite încărcarea cu un cablu foarte lung;
- amplificatoare de sarcină, sunt realizate pentru a prezenta accelerometrului o capacitate și o rezistență de intrare foarte mare. La aceste dispozitive variația

semnalului de intrare datorită variației sarcinii capacitive a accelerometrului se compensează printr-o puternică reacție capacitivă. Un avantaj mare al acestor amplificatoare este posibilitatea utilizării unui cablu foarte lung între el și accelerometru, fără a se schimba sensibilitatea sistemului de măsurare.

Caracteristicile generale ale preamplificatoarelor

Preamplificatoarele de tensiune se bazează pe micșorarea capacității totale a circuitului obținându-se astfel tensiuni maxime. În acest caz accelerometru este folosit ca o sursă de tensiune.

Circuitul echivalent al unui accelerometru conectat la un preamplificator de tensiune este dat în figura 4.39.

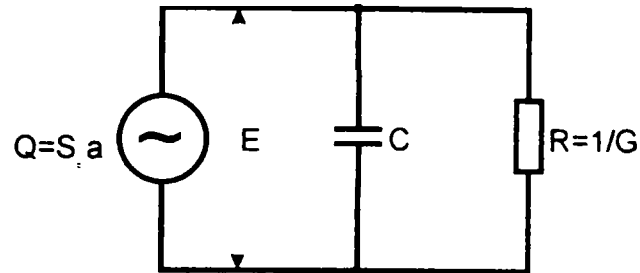


Fig. 4.39. Circuitul echivalent al unui accelerometru conectat la un preamplificator de tensiune

Dacă: Q este sarcina generată în elementul capacitiv al accelerometrului;

S_q – sensibilitatea accelerometrului [C/g];

a – accelerația la care este supus accelerometru [g];

C – capacitatea totală a circuitului [F] incluzând accelerometru, cablul și preamplificatorul;

$R = 1/G$ [Ω] unde G este conductanța totală a circuitului incluzând accelerometru, cablul și preamplificatorul [Ω^{-1}], atunci presupunând o accelerație sinusoidală cu frecvența unghiulară ω , curentul în circuit are următoarea expresie:

$$I = j Q \omega \quad (4.36)$$

iar tensiunea va fi:

$$E = I/G + j C \omega = j C \omega/G + j C \omega \quad (4.37)$$

unde $j = \sqrt{-1}$.

Această expresie arată că atunci când $G \ll C \omega$, astfel spus când rezistența de șuntare a circuitului este foarte mare sau la frecvențe de lucru mari, tensiunea la ieșire depinde numai de încărcarea capacitivă:

$$E = j C \omega / j Q \omega = C/Q \quad (4.38)$$

De asemenea, se vede că tensiunea de ieșire este proporțională cu C . Acest lucru trebuie luat în considerare când se folosesc cabluri lungi de legătură cu accelerometru.

Preamplificatoarele de sarcină se bazează pe încărcarea accelerometrului cu o capacitate șunt mare astfel încât sistemul devine independent de micile variații de capacitate datorate capacității cablului (și care sunt dependente de lungimea cablului) etc. Fiind eliminat efectul capacitate-șunt din circuitul de intrare în acest caz pot fi folosite cabluri de lungimi diferite, singura mărime ce determină amplificarea preamplificatorului fiind sensibilitatea accelerometrului.

Circuitul echivalent pentru accelerometru, cablul și preamplificator de sarcină este dat în figura 4.40

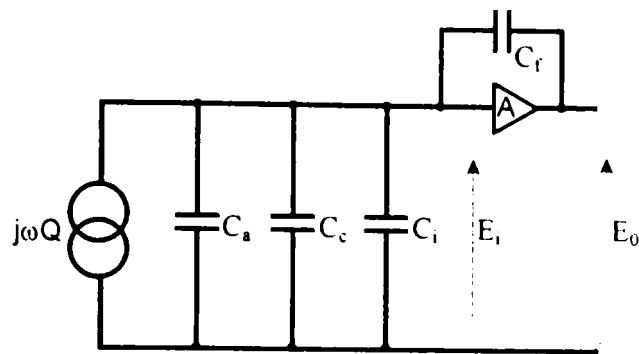


Fig. 4.40. Circuitul echivalent pentru accelerometrul, cablul și preamplificator de sarcină

Tensiunea de ieșire este dată de relația:

$$E_0 = Q \cdot A / C_a + C_c + C_i - C_f(A - 1) \quad (4.39)$$

ceea ce înseamnă că atât timp cât

$$C_f(A - 1) > C_a + C_c + C_i \quad (4.40)$$

tensiunea de ieșire este:

$$E_0 = Q \cdot A / C_f(A - 1) \quad (4.41)$$

independentă de capacitatea cablului.

4.3.2.2 Interfață bazată pe microcontroler Intel 8051

Interfața dintre traductoarele acustice și un calculator PC ce va comanda achiziția de date și apoi va efectua prelucrarea acestora conform unui criteriu de monitorizare ales, preia semnalele de la preamplificator prin intermediul plăcii de achiziție și le transmite calculatorului printr-o interfață serială standard [46]. Ca și interfață serială se va folosi unitatea RS-232C, deci în continuare se va trata doar placa de achiziție.

Interfața este destinată să îndeplinească următoarele trei funcții:

- să recepționeze date furnizate de la un calculator master tip IBM-PC parametrii și comenzile ce îi definesc funcționarea;
- să achiziționeze date furnizate de convertorul A/D, în modul programat cu ajutorul calculatorului master și să le memoreze în memoria externă de date de tip SRAM;
- să transmită rezultatele, respectiv conținutul memoriei de date calculatorului master.

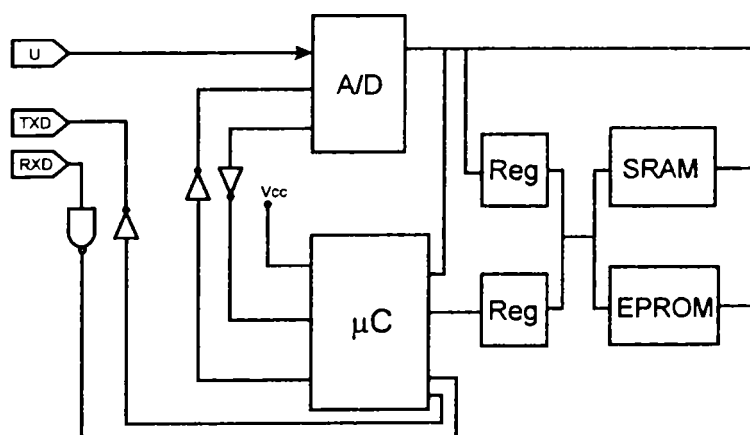


Fig. 4.41. Schema bloc pentru placa de achiziție

În [46] este prezentată o placă de achiziție destinată unui sistem de monitorizare prin înregistrări acustice (figura 4.41.). Placa constă din microcontrolerul *Intel 8051*, memoria de program *EPROM 2764* cu o capacitate de 8 kbyte, memoria de date (de achiziție) de tip *SRAM*

(RAM static) NEC D 43256 cu o capacitate de 32 kbyte, convertorul analog-digital cu multiplexare pe 8 canale pe 8 biți tip SDA 0808.

Microcontrolerul Intel 8051

Microcontrolerul tip 8051 produs de firma Intel face parte din familia de microcontrolere numite generic MCS-51.

MCS-51 are următoarele facilități:

- unitate centrală pe 8 biți;
- oscilator și circuit de clock încorporate;
- 32 de linii programabile intrare/ieșire;
- 64 kbytes spațiu de adrese pentru memorie externă de date;
- 64 kbytes spațiu de adrese pentru memorie externă de program;
- 2 numărătoare/timer pe 16 biți;
- structură de întreruperi cu 5 surse organizată pe două nivele de prioritate;
- port serial full-duplex;
- procesor boolean.

Convertorul A/D SDA 0808

Circuitul SDA 0808 produs de firma Siemens este un convertor monolitic pe 8 biți cu un multiplexor analogic pe 8 canale, alimentat de la o singură sursă de tensiune de 5 Vcc. El mai conține o logică de control compatibilă-microprocesor și un bus de date pe 8 biți. SDA 0808 folosește metoda aproximațiilor succesive cu ajutorul unei rețele de condensatoare ca un mod de conversie. Convertoarele mai conțin un comparator termostatat, un multiplexor analog pe 8 canale pentru 8 intrări analogice și un circuit de eșantionare și memorare (sample & hold). Circuitul nu are nevoie de offset extern sau reglaj al amplificării. Interfațarea ușoară cu microprocesorul este facilitată de registrul de adresare pe 3 biți al multiplexorului, de registrele de ieșire și de busul de date 3-state. Gama de temperatură a circuitului este de la -40°C la 85°C .

Convertorul constă din trei părți mari: o rețea de condensatoare (aprox. 50 pF) ca circuit de memorare și eșantionare, un registru de aproximări succesive și un comparator.

Comparatorul este resetat automat, are o rezoluție mare și un curent de drift mic. Astfel convertorul A / D este insensibil la erorile de temperatură.

Timingul convertorului A/D.

După ce o conversie a început, tensiunea analogică de pe canalul de intrare selectat este eșantionată în 10 semnale de tact extern și valoarea ei este memorată la nivelul eșantionat pentru tot timpul conversiei. Sursa analogică de tensiune trebuie să fie capabilă să furnizeze curentul de încărcare necesar circuitului de eșantionare-memorare a cărui capacitate este de aprox. 50 pF pe toată perioada de eșantionare (10 impulsuri de tact).

Conversia tensiunii analogice memorate are loc între al 11-lea și al 19-lea impuls de tact după ce eșantionarea a luat sfârșit. În cel de-al 19-lea tact rezultatul conversiei este înscris în registrul de ieșire.

Multiplexorul

Convertorul are 8 intrări analogice multiplexate. Intrările analogice sunt selectate de 3 linii de adresă (AD2, AD1, AD0). Frecvența maximă a tactului exterior este de 1500 kHz, ceea ce face ca conversia să dureze 15 μs .

4.3.2.3. Interfața inteligentă ACE-28s-DSP

ACE-28s-DSP este un calculator de proces (RTU-Remote Terminal Unit) utilizat în conducerea de la distanță a stațiilor electrice de transformare [81]. Principiile care au stat la baza concepției acestui RTU au fost următoarele:

- dimensionarea numărului și tipurilor interfețelor de proces să fie corespunzătoare interfațării cu instalațiile electroenergetice ale unei celule din stația de transformare;
- încadrarea RTU într-o arhitectură deschisă, distribuită de comandă și control al proceselor;
- construcție robustă, fiabilă care să răspundă la exigențele tehnice și solicitările specifice din stațiile electrice de transformare;
- maximă flexibilitate prin reconfigurare și setare software, fără a fi nevoie de reconfigurare și setare hardware;

Structura hardware a ACE-28s-DSP

Schema bloc a ACE-28s-DSP poate fi urmărită în figura 4.42 și se compune din:

- blocul interfețelor de proces - conține traductoarele de curent și tensiune de tip LEM, adaptoarele pentru intrări numerice și ieșiri numerice;
- blocul procesor de semnal construit în jurul unui DSP. Conține multiplexorul analogic dual, memoria RAM și ROM, ceasul de timp real și circuitul watch-dog;
- blocul de interfață om-mașină, construit în jurul unui microcontroler de 8 biți. Are rolul de a gestiona tastatura și afișajul de pe panoul frontal al echipamentului, precum și comunicația serială cu un calculator local;
- blocul de comunicație - echipat cu un controller de comunicație specializat, pentru interfațarea cu magistrala de comunicație pe fibră optică a stației;
- blocul de alimentare.

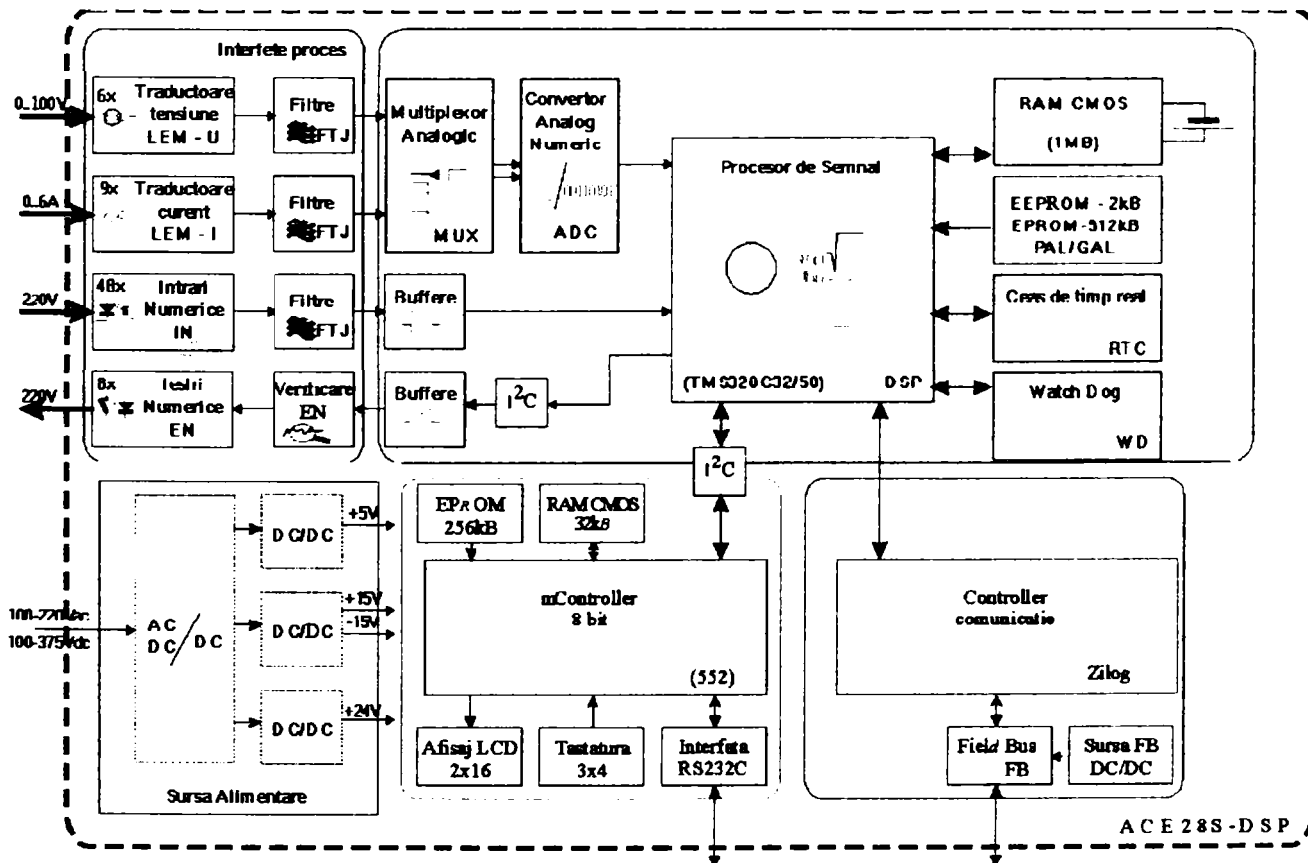


Fig. 4.42. Schema bloc a interfeței ACE-28S-DSP

În cele ce urmează sunt descrise mai detaliat câteva din interfețele echipamentului.

Intrările numerice: sunt destinate preluării semnalelor provenite de la contacte libere de potențial, sau de la contori cu generatoare de impulsuri. Toate intrările sunt separate galvanic prin optocuplor și pot fi configurate de la distanță după cum urmează (figura 4.43.):

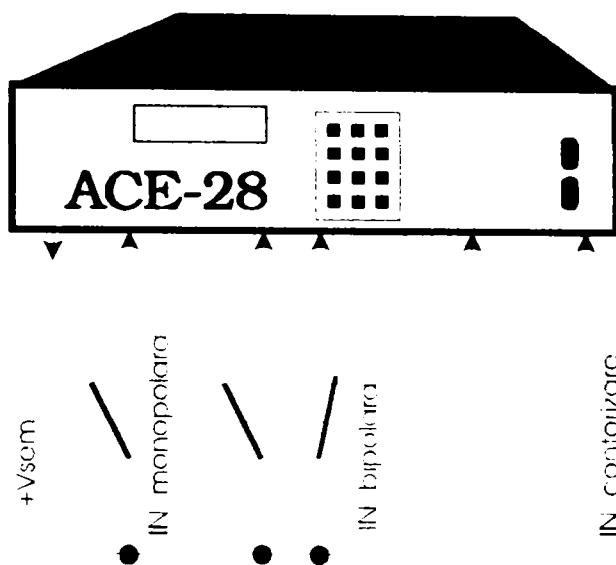


Fig. 4.43. Tipuri de intrări numerice

- intrări numerice monopolare - pentru semnalele din proces a căror stare poate fi citită pe un singur bit;
- intrări numerice bipolare - pentru semnale din proces a căror stare trebuie citită pe doi biți (ex. întreruptor) pentru mai multă siguranță;
- intrări de contorizare - care acceptă impulsuri de la contori cu generatoare de impulsuri. Pentru fiecare intrare de contorizare se întreține intern un index, care poate fi citit de la distanță.

Sunt asigurate funcțiuni de verificare și validare a intrărilor numerice după cum urmează:

- filtrare numerică a intrării, în scopul eliminării efectelor vibrațiilor contactelor;
- verificarea automată sau la cerere a continuității firelor de legătură până la bornele contactului supravegheat;
- invalidarea automată a intrării dacă contactul supravegheat oscilează cu o frecvență mai mare decât o frecvență precizată;
- invalidarea la cerere a intrării în cazul când, temporar, starea contactului supravegheat nu mai are importanță (ex. la revizii ale instalației supravegheate).

Intrările analogice. ACE-28 asigură, în varianta standard, un număr de 6 canale de intrare de tensiune și 6 canale de intrare de curent. Acestea pot avea ca sursă secundarele transformatoarelor de măsură de tensiune, respectiv curent, fără a fi nevoie de traductoare intermediare (figura 4.44.).

ACE-28 eșantionează, convertește din analogic în numeric și calculează:

- 6 valori efective ale tensiunilor;
- 6 valori efective ale curenților;
- 6 puteri active (provenite din perechi U,I);
- 6 puteri reactive (idem).

Așa cum rezultă de mai sus, ACE-28 include, virtual, un număr de 24 instrumente de măsură. Informațiile privind aceste mărimi pot fi obținute pe două căi:

- se pot transmite, la cerere, valorile la un moment dat (toate 24 în aceeași telegramă);
- se generează automat evenimente la modificarea cu mai mult de 6% a valorii unei mărimi, față de ultima valoare transmisă. Preluarea acestor valori se face extrăgând evenimentele analogice din bufferul ACE-28, în același mod ca și la evenimentele numerice.

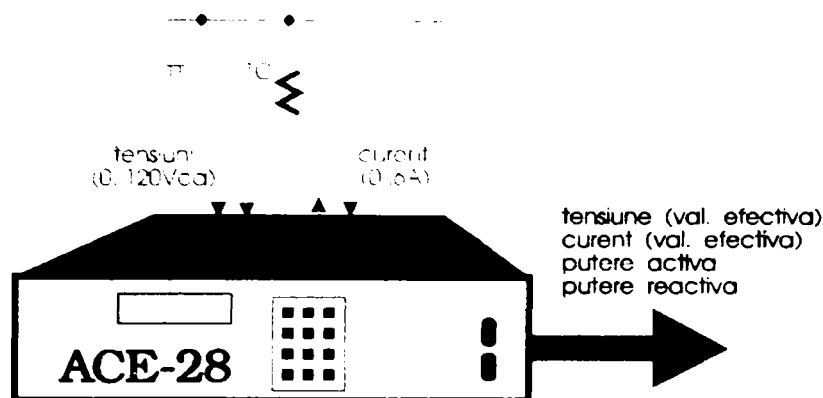


Fig. 4.44. Cuplarea mărimilor analogice la ACE-28

Fiecare din cele 24 intrări analogice are asociate în memoria ACE-28:

- o constantă de afișare locală, care poate fi modificată după dorință. Astfel, se poate alege comod semnificația valorii afișate (de exemplu putem citi valoarea calculată a curentului din primarul reductorului de curent);
- limite de alarmare (superioară și inferioară) la a căror depășire se dorește atenționarea supervisorului;
- limite tehnologice (superioară și inferioară) la a căror depășire se consideră că lanțul de măsură asociat acelei mărimi este defect. La depășirea acestor limite (respectiv la revenirea în limite) ACE-28 generează evenimente corespunzătoare.

Ieșirile numerice. Sunt destinate comenzilor dinspre echipamentul ACE-28 către procesul tehnologic. Există două tipuri de ieșiri numerice:

- ieșiri de comandă în impuls, cu durata impulsului programabilă;
- ieșiri de comandă cu automenținere, utilizate la comanda punerii/scoaterii din funcție a automatizărilor.

Sunt asigurate 5 nivele de verificare-validare a comenzilor pentru evitarea comenzilor intempestive datorate defectelor interne, anularea comenzilor duble, evitarea defectării circuitelor interne la scurtcircuite pe bornele de comenzi etc.

Tastatură și afișaj local. ACE28 dispune de o tastatură cu 12 taste și un afișaj LCD cu 2 x 16 caractere. Cu ajutorul tastaturii se poate selecta ce se dorește a fi citit pe afișaj, astfel:

- stări intrări numerice;
- index contori;
- stări și valori intrări analogice. În funcție de constanta de afișare setată, pentru fiecare intrare analogică în parte, se poate citi, de exemplu, valoarea secundară sau valoarea primară a mărimii analogice corespunzătoare.

Permanent, este afișat timpul propriu al ACE.

Comunicație serială. Sunt asigurate două canale de comunicație serială după cum urmează:

- canal serial în standardul RS232C pentru conectarea la un calculator local, pentru parametrizare sau verificări;
- canal serial pentru conectarea la o magistrală locală pe fibră optică la nivelul stației.

4.3.2.4 Perturbograf digital CDR (Compact Disturbance Recorder)

Perturbograf digital CDR [82] este destinat să supravegheze, să detecteze și să înregistreze perturbațiile care pot apare în centralele electrice, rețelele de transport și distribuție a energiei electrice, sau în instalațiile electrice ale marilor consumatori. Caracteristicile tehnice ale CDR sunt prezentate în tabelul 4.7.

CDR asigură supravegherea continuă a tuturor intrărilor numerice și analogice și înregistrarea lor în memoria de predeclanșare. Utilizatorul are posibilitatea să configureze demararea înregistrării pe orice canal logic sau analogic. Datele care conțin preavaria, avaria și

postavaria sunt înregistrate în memoria principală, de unde, prin intermediul interfeței seriale sau a rețelei field bus sunt transmise la punctul de dispecer pentru a fi stocate sau analizate.

Tabelul 4.7. Caracteristicile tehnice ale CDR

1.	<p>INTRĂRI ANALOG CE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Număr canale: • Rezoluție: • Precizie globală de achiziție: • Frecvența eșantionare: • Valori nominale: <ul style="list-style-type: none"> - curent - tensiune • Valori maxime: <ul style="list-style-type: none"> - curent - tensiune 	<p>max 16 I/U configurat la cerere (8,12,16) 12 biți (4096 nivele) 2 % la capăt de scală (25°C) 1000 Hz, 500 Hz, ... programabilă până la 4 Hz</p> <p>1 A sau 5 A, 57,7 V sau 100 V;</p> <p>7·I_n, 12·I_n, 18·I_n, 25·I_n, 36·I_n pentru I_n=1A 7·I_n, 10·I_n, 20·I_n, 40·I_n pentru I_n=5A 1,2·U_n</p>
2.	<p>INTRĂRI NUMERICE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Număr canale: • Rezoluție eveniment: • Acuratețe înregistrare: • Tensiune de intrare: • Rigiditate dielectrică: 	<p>32 1 ms, 2 ms, ... 256 ms impuls de minim 1 ms 24, 48 sau 220 V cc. 2,5 kV între intrări și carcasă</p>
3.	<p>DECLANȘARE ÎNREGISTRARE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intrări numerice: • Intrări analogice: • Extern manual: • Declanșare de la distanță (teletrigger): 	<p>programabil, pentru orice canal, 0 → 1, 1 → 0, sau 0 ⇔ 1 programabil, pentru orice canal, la nivel minim sau maxim, în trepte de 3,125% din valoarea de vârf (2,6% din valoarea efectivă maximă) la cererea operatorului, prin acționarea unui buton aflat pe panoul frontal prin intermediul PC-AT și software de comunicație CDR LINK</p>
4.	<p>VARIANTE DE ECHIPARE MEMORIE RAM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard VS: • Varianta V1: • Varianta V2: 	<p>256 kB SRAM (cu back-up pe baterie internă) 1 MB SRAM (cu back-up pe baterie internă) 2 MB SRAM (cu back-up pe baterie internă)</p>
5.	<p>TIMPI ÎNREGISTRARE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Timpi pre-avarie: • Timpi postavarie: <ul style="list-style-type: none"> - minim: - maxim: • Timpi totali înregistrare (pentru f=1000 Hz → rezoluție 1 ms): <ul style="list-style-type: none"> - 8 ANA / 2 MB RAM = - 12 ANA / 2 MB RAM = - 16 ANA / 2 MB RAM = - 16 ANA / 1 MB RAM = Număr avarii consecutive înregistrate (fără suprascriere buffer): 	<p>50...400 ms. Programabil în pași de 50 ms. (pentru f=1000 Hz)</p> <p>150 ms (f=1000 Hz) funcție de capacitatea de memorie, numărul de canale analogice</p> <p>150 sec. 112 sec. 75 sec. 37,5 sec.</p> <p>minim 1, maxim 64</p>

6.	<p>IEȘIRI DE AVERTIZARE</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED-uri de avertizare plasate pe panoul frontal al echipamentului: • Patru ieșiri tip contact de releu (200 mA / 250 V) pentru comandarea unor casete de pe panoul de semnalizări centrale. 	<p>Unitate centrală în funcțiune (READY); CDR în înregistrare (RECORD); Eveniment înregistrat (AVAIL); Memorie 75% ocupată (75%); Memorie plină (OVER); Eroare unitate centrală (ERROR).</p>
7.	<p>INTERFAȚA UTILIZATOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tastatura • Afișor local • Interfața serială • Rețea field bus (bucla de curent) • Opțional: 	<p>cu 12 taste LCD 2 - 16 caractere RS 232C (CCITT V24) cu software TELECOMM de comunicație cu PC-AT (CDR_LINK): 1200 – 9600 baud multipunct cu software TELECOMM de comunicație cu PC-AT (CDR_LINK): 1200, opțional 9600 baud rețea fibră optică 1,2 sau 4 Mbaud (cu procesor de comunicație înglobat în CDR) integrare în sistemul de teleconducere HELIOS.</p>
8.	<p>MODURI DE LUCRU Prin intermediul tastaturii locale (și al afișorului) se pot configura următoarele elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frecvența de eșantionare: • Durata preavariei: • Durata înregistrării: <p>a) înregistrare cu lungime fixă:</p> <p>b) înregistrare cu lungime variabilă</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modul de pornire înregistrare: <ul style="list-style-type: none"> a) la semnalul extern de trigger; b) la detecția schimbării stării oricărei intrări numerice, pe baza unei condiții prestabilite, programată local c) la detecția de minim sau maxim de intrări analogice. • Modul de sincronizare externă: 	<p>50 ... 400 eșantioane 1, 2, ... 256 ms.</p> <p>lungimea totală a înregistrării (avarie + postavarie) poate fi (în funcție de memoria disponibilă) de 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 8000, 12000, 18000, 25000, 40000, 60000 ms. (f=1000 Hz)</p> <p>Se poate programa rata de sincronizare externă la 5,15,60 minute, 6 sau 24 de ore.</p>
9.	<p>ALIMENTARE ECHIPAMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard: • Putere consumată: 	<p>220 V cc/220 V ca, opțional: 48 V cc, 24 V cc 30 W</p>
10.	<p>CONDIȚII CLIMATICE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de stocare: • Temperatura de funcționare: • Umiditate: 	<p>-25 ... +25°C. -5 ... +55°C. maxim 90% fără condens.</p>

4.3.2.5. Interfață inteligentă de achiziție și prelucrare date bazată pe automate programabile (PLC)

Datorită posibilităților oferite de circuitele logice, schemele electrice clasice pot fi reprezentate sub forma unor scheme logice [10].

Funcțiile logice ce intră în componența acestor scheme logice, pot fi reprezentate prin expresii algebrice. De aici posibilitatea de a exprima schemele electrice prin expresii algebrice, astfel încât să se obțină o implementare mai avantajoasă a funcțiilor unui circuit de comandă. Dintre funcțiile unui sistem de comandă și protecție (măsurarea, prelucrarea logică/aritmetică și execuția), funcția de prelucrare a beneficiat în modul cel mai spectaculos de posibilitățile oferite de tehnicile electronice moderne.

Expresiile algebrice ale schemelor logice se pot constitui într-un *program* care trebuie executat de circuitul de comandă. Acest program poate fi păstrat într-o memorie electronică de unde este apelat și executat folosind posibilitățile oferite de microprocesoare și circuitele lor anexe. Având în vedere faptul că funcțiile pe care le execută echipamentul sunt stabilite prin programarea și la nevoie reprogramarea (chiar repetată) a memoriei electronice, aceste echipamente de comandă sunt denumite *echipamente electrice cu logică programată*.

Structura acestor echipamente cu logică programată diferă esențial de cea a echipamentelor cu logică cablată, reprezentând un adevărat salt în realizarea unor echipamente noi și moderne.

Structura unui echipament cu logică programată

Părțile principale ale unui echipament cu logică programată sunt: interfețele de intrare/ieșire; unitatea centrală conținând memoria, microprocesorul, circuitele de tact, sursa, echipamentul de programare, blocuri de temporizare, reprezentate în figura 4.45.

Programul, care este expresia algebrică a schemei logice, este implementat în memorie prin intermediul echipamentului de programare. Semnalele de intrare acced în unitatea centrală prin intermediul interfeței de intrare, iar semnalele de ieșire spre proces sunt transmise printr-o interfață de ieșire.

Din punct de vedere constructiv echipamentele cu logică programată (ELP) se construiesc fie pentru un număr fix de intrări-ieșiri (uzual între 8 și 32), în special cele mici și ieftine, fie modular, numărul de intrări-ieșiri putând fi crescut în trepte până la 128, 112 sau chiar 4096 la cele mai mari.

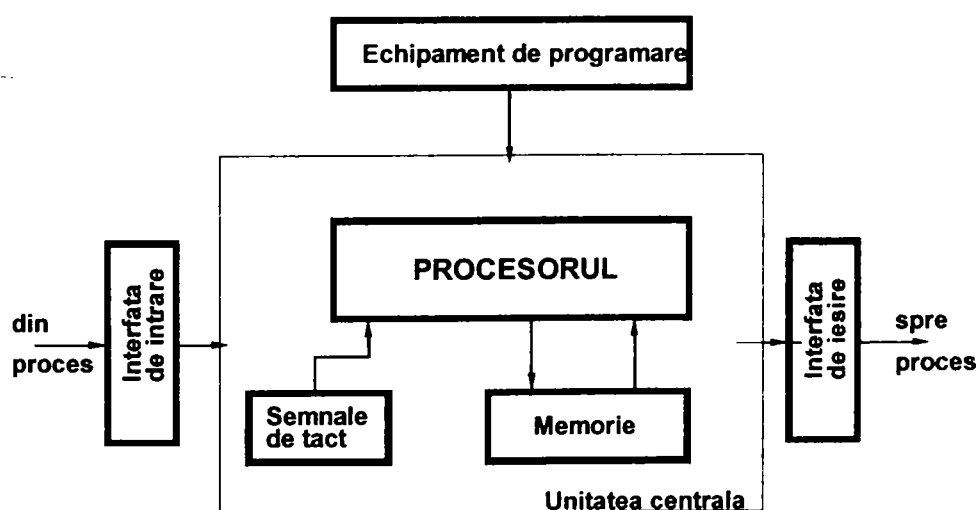


Fig. 4.45. Structura ELP.

În ceea ce privește modul de lucru, programul din memorie este executat *secvențial* (serial), microprocesorul putând prelucra la un moment dat o singură instrucție. Datorită vitezei

mari de prelucrare utilizatorul are senzația modului de lucru cu prelucrarea în paralel a informației, specific sistemelor cu logica cablată la care semnalele sosesc și sunt prelucrate practic în paralel (simultan).

Procesorul este elementul care determină posibilitățile instalației. Acesta este uzual de 1 sau 8 biți, dar poate fi și de 4 sau 16 biți, acest număr precizând numărul de poziții binare care pot fi prelucrate simultan. La instalațiile unde pentru comandă nu sunt necesare calcule aritmetice, prelucrări de text etc. se folosesc procesoare pe un bit. Datorită răspândirii mari și a prețului scăzut sunt folosite tot mai des microprocesoarele uzuale de 8 bit și mai nou de 16 bit.

Microprocesorul poate fi de 4, 8 sau 16 biți, memoria program este de tip "citește numai" (*ROM, EPROM*), iar memoria de date de tip "citește/scrie" (*RAM*). Blocurile de intrare și ieșire sunt similare funcțional și constructiv cu cele de la echipamentele pe 1 bit. Suplimentar se remarcă existența unui *bloc de întreruperi*. La apariția unui semnal de avarie se întrerupe execuția ciclică a programului după execuția instrucției în curs de efectuat, după care sare la o adresă specificată în memoria program unde se află o rutină de tratare a întreruperii, adică de executare a comenzilor corespunzătoare regimului de avarie.

În cazul utilizării unor sisteme cu microprocesor structura lor se grupează în jurul bus-urilor de date, adrese și comenzi, așa cum se prezintă în figura 4.46.

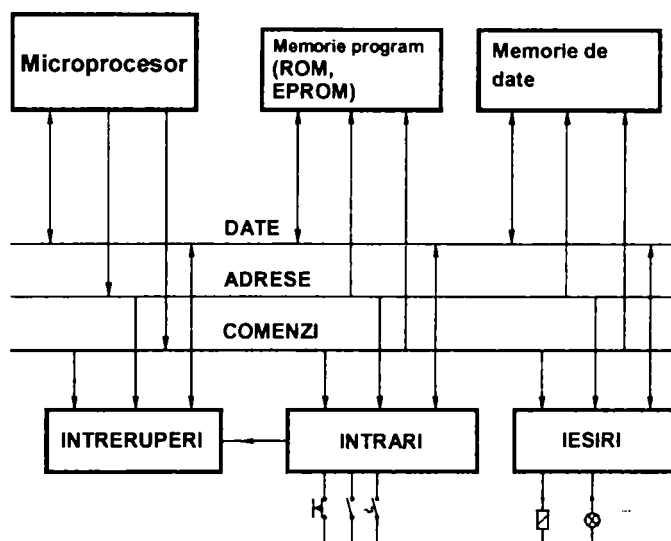


Fig. 4.46. Structura internă a unui ELP cu microprocesor.

a) Principiile constructive ale automatelor programabile

Un *automat programabil, PLC* (Programmable Logic Controller) este de fapt un minicalculator industrial specializat pentru tratarea problemelor de logică secvențială și combinațională. Într-o formă generală el poate fi considerat ca un echipament care permite legături logice între un număr mare de intrări și ieșiri (figura 4.47) [10].

Funcțional, acest echipament simulează structuri logice cu relee sau porți integrate, substituind configurația cablată printr-o structură elastică modificabilă prin programare.

Intrările de la proces sunt date de diverse elemente de comandă și detecție incluse într-o instalație automatizată: butoane, limitatoare de cursă, detectoare de poziție și nivel, traductoare.

Ieșirile automatelor dirijează acționarea elementelor de execuție de tipul contactoarelor, electrovalvelor, elementelor de afișare, imprimantelor etc.

Circuitele de *interfață intrare/ieșire* au rolul de a converti semnalele de intrare de diverse forme în semnale logice adaptate unității de comandă respectiv de a transforma semnalele logice ale unității de comandă în semnale de ieșire corespunzătoare unor acționări de proces izolând (separând) nivelele de tensiune specifice de la intrare sau ieșire de cele din unitatea de comandă.

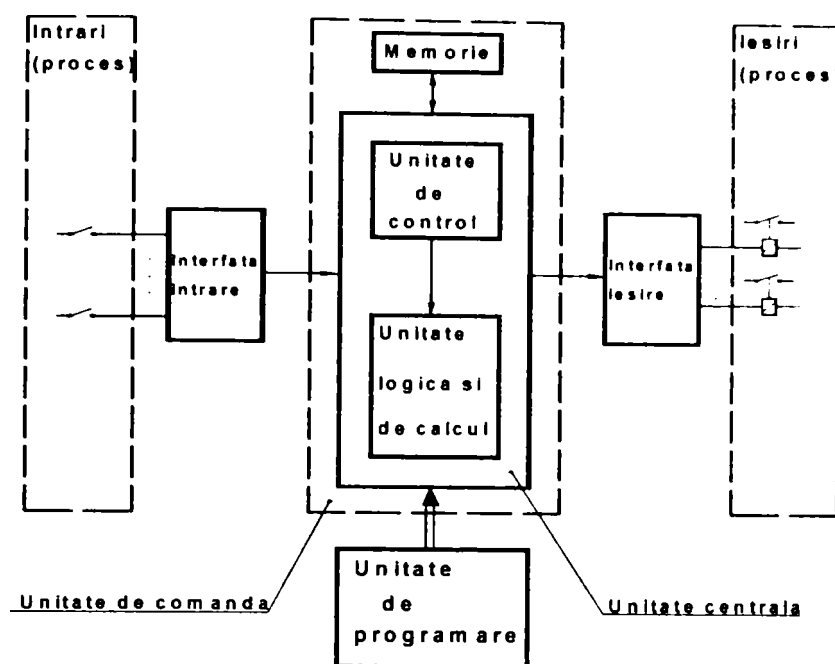


Fig. 4.47. Schema bloc a unui automat programabil

Unitatea de comandă coordonează toate transferurile de date, efectuează operațiile logice asupra datelor recepționate și asigură alocarea corespunzătoare a rezultatelor la ieșirile programate. De asemenea poate efectua și o prelucrare de informație numerică de la proces, rezultatul condiționând starea operatorilor logici ai *unității de calcul*.

Unitatea de programare permite introducerea și definitivarea programului. Soluțiile constructive se concretizează prin două versiuni:

1. unitate autonomă cu memorie proprie;
2. unitate care operează împreună cu automatul utilizând memoria acestuia. Prima versiune oferă avantajul unei programări comode, în birou. După definitivarea programului, acesta este introdus în memoria (E)PROM.

Numărul de *instrucțiuni* al unui automat este mult mai mic decât al unui calculator. Instrucțiunile sunt în principal de *evaluare a expresiilor booleene* cu păstrarea rezultatului la o variabilă din memorie sau la ieșire, de *numărare* și *temporizare*, iar la automatele mai evoluate pot exista și instrucțiuni aritmetice (adunare, scădere), și instrucțiuni de *comparație*, *salt condiționat*, *subrutine*.

Executarea instrucțiunilor este ciclică, simplificând considerabil structura logică internă și evitând introducerea unui sistem de întreruperi prioritare. Funcționarea este ciclică în sensul că el în mod periodic execută următorii trei pași:

- citește intrările de la modulele de intrare;
- rezolvă logica de comandă preprogramată;
- generează ieșiri pentru modulele de ieșire pe baza soluțiilor logicii de comandă.

Frecvența de baleiaj este foarte mare în raport cu constantele de timp ale procesului ceea ce permite luarea în considerare a evenimentelor imediat după ce au loc. Durata ciclului este de circa 3...50 ms.

Memoria automatelor programabile stocază programe și date și este de dimensiune mică 1...16 kbyte de obicei la 8 sau 16 bit. Memoria este segmentată în zone, una rezervată *variabilelor de intrare-ieșire*, alta *variabilelor de stare internă* (intermediare) și ultima este destinată programului care urmează să fie executat. Această memorie este de tip (E)PROM, cu zona de date de tip RAM.

O diferență esențială între un automat programabil și un calculator o constituie *limbajul de programare*, extrem de simplu a primului. Programarea constă în scrierea unei secvențe de instrucțiuni plecând de la o diagramă de fază, un graf de stare, ecuații booleene etc.

Unele automate permit utilizarea limbajelor grafice, vizualizând pe un monitor circuitul implementat. Conform prescripțiilor *IEC 1131 – 3* sunt recunoscute următoarele limbaje standardizate:

- *IL* (Instruction List);
- *ST* (Structured Text), limbaj de nivel înalt bazat pe *PASCAL*;
- *LD* (Ladder Diagram), limbaj al simbolurilor bine-cunoscute din electrotehnică;
- *FBL* (Function Block Language), limbaj bazat pe elemente logice;
- *SFC* (Sequential Function Chart), pentru programarea de pași de secvență.

Primele două sunt *limbaje text*, celelalte sunt *limbaje grafice*.

Diferitele circuite combinaționale și secvențiale din structura automatelor programabile se realizează din ce în ce mai mult cu ajutorul unor circuite deosebit de performante care formează *structuri logice programabile*.

Unele modele de automate programabile au integrate microprocesoare în unitățile de comandă, respectiv sunt compatibile cu calculatoarele *PC*, determinând creșterea considerabilă a domeniului de aplicare.

b) Conexiunea la procesul tehnologic

Semnalele prelucrate de un automat programabil aparțin următoarelor categorii:

- semnalizări de poziție (întreruptoare, separatoare, automatizări, poziții extreme);
- semnalizări preventive;
- semnalizări de incident (avarie);
- comenzi;
- măsuri (tensiuni, curenți, puteri, frecvențe);
- contorizări (energie activă, energie reactivă).

Aceste semnale, din punctul de vedere al tipului și formei pot fi:

- *semnale numerice*, reflectând stările discrete ale elementelor de la care provin. Majoritatea lor provin de la contacte electrice, care au cele două stări posibile: *deschis, închis* (on-off);
- *semnale analogice* (tensiuni și curenți alternativi și continui);
- *impulsuri* de la contorizări.

Predominante la un automat programabil sunt semnalele numerice și deci precizările efectuate în continuare se vor referi la acestea.

Intrări

Un prin aspect este asigurarea imunității semnalelor de intrare la perturbații. În acest scop pe de o parte se impune *separarea lor galvanică* de automat iar pe de altă parte schemele de preluare a stării contactelor vor funcționa la *nivele minime* ale curenților prin firele de legătură, nivele la care sunt recunoscute încă stările logice on/off ale contactelor. De asemenea, trebuie efectuată o *filtrare* “trece jos” a acestui curent.

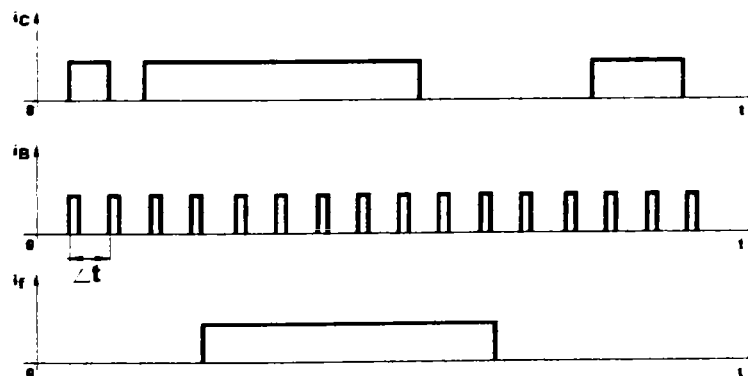


Fig. 4.48. Filtrarea software a semnalelor numerice:

i_c - semnalul intrat; e - citiri; i_f - semnal recunoscut.

Pentru eliminarea informațiilor eronate legate de vibrația contactelor la închidere, se efectuează o *filtrare software* (figura 4.48). Modificarea stării contactului supravegheat va fi luată în considerare numai dacă la n citiri consecutive efectuate la intervale Δt , este găsită aceeași stare.

Numărul n și perioada de eșantionare Δt , trebuie corelate cu durata comutării contactelor. Din încercări a rezultat un optim la $n = 2$ și $\Delta t = 1$ ms, asigurându-se și precizia în timp a recunoașterii unui semnal, în sensul că întârzierea care se produce între apariția propriu-zisă și momentul recunoașterii noii stări este cu aproximativ un ordin de mărime mai mică decât durata regimului tranzitoriu de comutație al releelor intermediare. Dacă o stare supravegheată este de importanță deosebită atunci pentru eliminarea citirilor incorecte starea va fi supravegheată nu printr-un singur contact (*intrare numerică simplă*), ci simultan prin două (*intrare numerică dublată*) (figura 4.49)

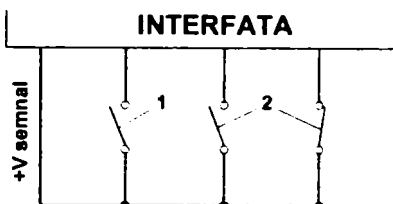


Fig. 4.49. Citire semnale numerice: 1- intrare simplă; 2- intrare dublată.

Și în această situație pot apare ambiguități (tabel 4.8 a căror rezolvare trebuie prevăzută în softul de achiziție.

Tabelul 4.8 Corelarea stării supravegheate cu contactele A,B dublate

A	B	Stare
0	0	ambiguitate
0	1	deschis
1	0	închis
1	1	ambiguitate

O cerință importantă este cunoașterea *integrității firelor* lanțului de achiziție. Verificarea se poate efectua cu o schemă ca în figura 4.50.

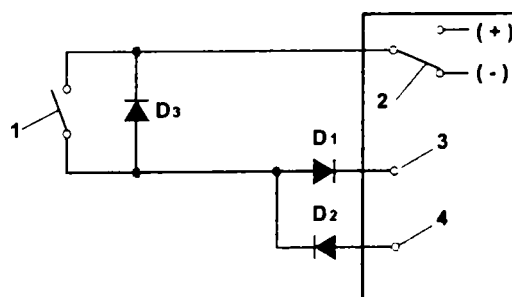


Fig. 4.50. Verificarea integrității firelor de legătură :
1 - contact supravegheat; 2 - alimentare cu polaritate comutabilă;
3 - intrare stare; 4 - intrare verificare.

Astfel dacă firele sunt întregi, la o polaritate corectă a alimentării, curentul de verificare se închide prin D_2, D_3 . Curentul contactului supravegheat trece numai prin D_1 .

Existența unui contact electric *instabil* printre cele urmărite, trebuie de asemenea depistată. În acest scop se vor implementa algoritmi care *invalidază* automat achiziția semnalelor provenite de la acele intrări numerice care prezintă schimbări de stare mai dese decât o anumită limită. La depășirea acestei limite intrarea respectivă este blocată, iar evenimentul respectiv este comunicat pentru a lua măsuri de remediere.

Ieșiri

Semnalele transmise de la automat către procesul tehnologic comandat pot fi:

- semnale *impuls*, destinate echipamentelor de comutație. Durata impulsului trebuie să poată fi reglabilă funcție de echipamentul comandat;
- semnale *permanente*, care trebuie să se mențină un timp nedeterminat, destinate punerii/scoaterii din funcțiune, semnalizării etc.

În general echipamentele comandate sunt concepute să accepte comenzi de tip contact electric. Interfațarea va asigura ieșiri de acest tip prin contacte lipsite de potențial, separate galvanic de proces.

Pentru a evita lansarea comenzilor nedorite va fi necesară luarea următoarelor măsuri:

- identificarea indubitabilă a comenzii ce trebuie lansată prin *verificarea codului acesteia*;
- eliminarea riscului comenzilor intempestive datorate defectării tranzistoarelor interne de comandă prin utilizarea unor *scheme de comandă cu validare* (figura 4.49);
- supravegherea încadrării în anumite limite a curentului prin circuitele de comandă (figura 4.51);
- testarea periodică a stării de funcționare a circuitelor de comandă.

Tranzistoarele (porturilor) de ieșire, dar și de intrare, fac parte din *optocuploare*, fiind comandate de fotodiode.

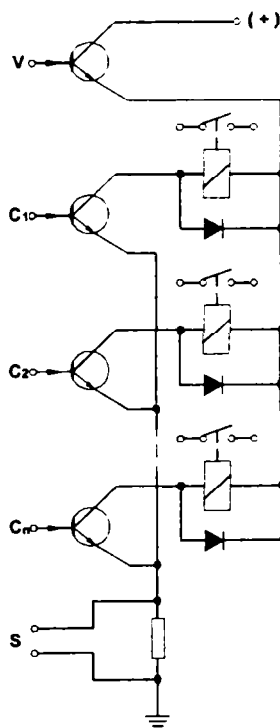


Fig. 4.51. Schemă de principiu pentru ieșiri:

V - validare; C1...Cn - comenzi;
S - supraveghere curent de comandă.

c) Automate programabile Klockner-Moeller

Firma Klockner-Moeller [83] este o firmă cu tradiție în fabricarea automatelor programabile. Ea oferă o gamă largă de produse care pot fi utilizate pe scară industrială care sunt realizate modular și de aceea se pot realiza configurații multiple, funcție de necesități, pentru diverse sisteme.

Pentru sistemul de monitorizare prezentat în acest capitol, subcapitolul 4.2.7, am conceput o schemă realizată cu PLC, Klockner-Moeller, de tip PS4.

Sistemele realizate cu module tip PS-4 prezintă următoarele avantaje:

- ocupă spațiu restrâns;
- sistemul "plug" face simplă legarea între ele a modulelor

- fiecare controller are echipament de extensie de bază;
- toate PLC-urile au integrată o conexiune standard "field-bus", tip SUCONET K. Rețeaua SUCONET K face posibilă programarea și diagnosticarea întregii rețele de la un punct central. La rețea se pot lega și alte tipuri de PLC-uri , nu numai de fabricație Klockner-Moeller;
- permit intervenția în proces prin intermediul a două potențiometre fără utilizarea unității de programare;
- sunt prevăzute cu ceas de timp real;
- sunt prevăzute cu o intrare de alarmă care reacționează imediat și independent de timpul de ciclu;
- un contor de intrare de 3kHz detectează rapid semnalele pulsatorii;
- intrările și ieșirile sunt disponibile pentru procesarea semnalelor numerice/analogice și interfața serială poate fi utilizată pentru comunicație transparentă(interfețe seriale RS232 și RS485). Pe această cale pot fi conectate imprimante, cititor de cod de bare sau dispozitive similare;
- limbajul de programare SUCOSOFT S40 este conform cu standardul IEC 1131-3 și poate rula și pe alte controlere, fără limitare, în acest fel nu mai contează hardul utilizat;
- Cu acest limbaj pot fi disponibile cinci limbaje de programare: IL, ST, LD, FBL, SFC.

Prezentăm, în continuare principalele caracteristici ale modulelor utilizate în cadrul sistemului analizat, respectiv automatul programabil "PS4-201", (figura 4.52); modulul de extensie descentralizată "EM 4-102-AA-1", (figura 4.53) și modulul de extensie locală "LE-4", (figura 4.54).

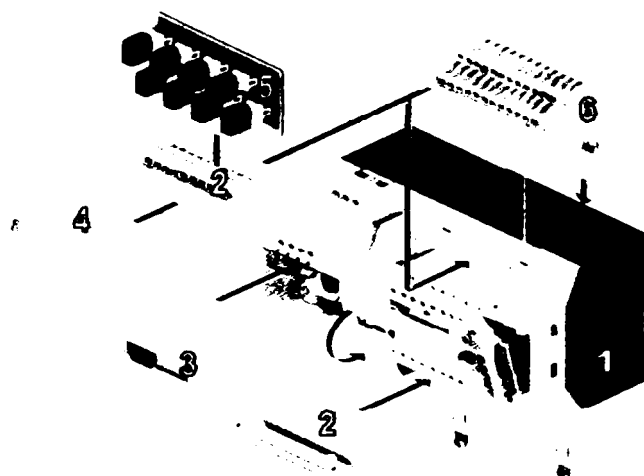


Fig. 4.52.Automat programabil tip PS4-201:
1-unitate centrală; 2-fișa amovibilă pentru intrări și ieșiri;
3-modul de memorie; 4-capac pentru etichetare; 5-simulator de intrări digitale;
6-bloc terminal pentru conectare pe două nivele

Caracteristici:

- | | |
|----------------------------------------------|------------------------|
| • Intrări numerice: | 8 |
| • Ieșiri numerice: | 6 |
| • Intrări analogice: | 2 |
| • Ieșiri analogice: | 1 |
| • Memorie internă: | 32 KByte RAM |
| • Extensie memorie internă: | 32 KByte RAM |
| • Memorie pentru salvare și prescriere date: | 128 KByte Flash memory |
| • Timpul de ciclu pentru 1K de instrucțiuni: | 5 ms |

Funcții:

- 1 contor hard;
 - 1 ceas de timp real;
 - procesarea întreruperilor;
 - 2 potențiometre integrate pentru prescriere din exterior.
- Capacitatea rețelei Suconet: max. 8 module SLAVE

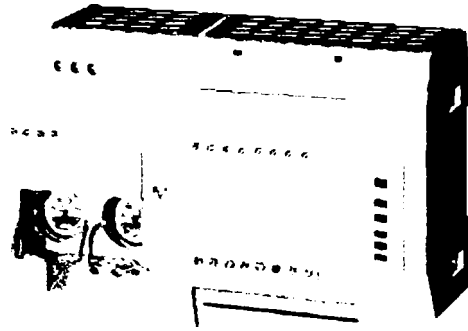


Fig. 4.53. Modul de extensie descentralizată tip EM 4-102-AA 1

Caracteristici:

- Intrări analogice: 6
- Ieșiri analogice: 4
- Rezoluție: 12 biți
- Modul conectare rețea

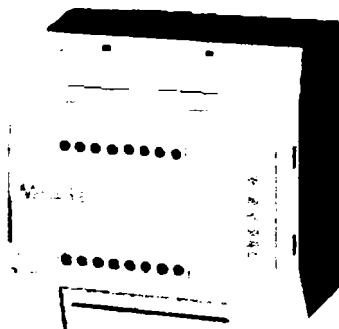


Fig. 4.54. Modulul de extensie locală tip LE 4

Caracteristici:

- Intrări numerice: 8(16)
- Ieșiri numerice: 8(16)
- Modul conectare rețea

Prin facilitățile oferite, pot să afirm că aceste echipamente se pot adapta foarte ușor scopului propus, cu costuri relativ scăzute.

4.4. Contribuții personale și originale

În cadrul acestui capitol am efectuat o analiză asupra parametrilor ce trebuie supravegheați la IO-110 kV respectiv la MOP-1 și a tehnicilor de supraveghere posibile, cu analiza teoretică a ecuației dinamice a arcului electric în cazul IO-110 kV, respectiv a legii generale a gazelor în cazul MOP-1. Se analizează apoi posibilitățile actuale de realizare a monitorizării ansamblului IO-110 kV și MOP-1, precum și tipul de monitorizare (on/off-line). Se propune o soluție originală și anume un sistem de monitorizare combinat on/off-line (subcapitolul 4.1).

Am analizat tipurile de arhitecturi ale sistemului de monitorizare și am propus o schemă bloc pentru un sistem de monitorizare a stațiilor. În continuare am prezentat o serie de sisteme de monitorizare pretabile pentru ansamblul IO-110 kV și MOP-1, făcând o analiză critică pentru fiecare:

- a) prin metoda înregistrărilor acustice;
- b) monitorizare on-line ansamblu IO-MOP combinând interfața ACE-28S-DSP cu perturbograful digital tip CDR;
- c) monitorizare off-line a parametrilor IO-MOP prin metoda rezistenței dinamice de contact și prin metoda vibrațiilor pe bază de măsurători experimentale în colaborare cu ICMET Craiova;
- d) sinteza sistemelor de monitorizare on-line a dispozitivului MOP;
- e) sistem pentru determinarea on-line a stării de uzură a IO experimentat la SDEE Sibiu;
- f) sistem original conceput de autor pentru monitorizarea on-line a MOP și a gradului de uzură a IO, bazat pe automate programabile (PLC), pentru care s-a stabilit configurația necesară de intrări numerice, intrări analogice și ieșiri numerice, cu stabilirea modului de legare a lui în instalație. Tot aici se prezintă posibilitatea realizării unei prime etape de monitorizare a MOP-1, soluție integrată în etapa finală. Sunt prezentate elementele componente ale sistemului, cu propuneri concrete de echipamente analizate de autor.
- g) instalație de monitorizare off-line a parametrilor IO-110 kV și MOP-1.

Aceste sisteme au fost prezentate și analizate în cadrul subcapitolului 4.2

Am efectuat o analiză a traductoarelor, urmată de prezentarea tipurilor de traductoare pretabile a fi utilizate în sistemele de monitorizare. Pentru fiecare din ele se face o analiză matematică a funcționării lor, inclusiv combaterea influențelor factorilor ce ar putea conduce la erori. Se analizează traductoare de curent (șuntul), senzori de curent tip LEM, traductoare de deplasare (rezistive, inductive), traductoare de vibrații.

Am făcut o analiză a interfețelor de proces pe care le recomand pentru sistemele de monitorizare:

- preamplificatoare pentru traductoare de vibrații;
- interfață bazată pe microcontroller INTEL 8051;
- interfață inteligentă ACE-28S-DSP;
- perturbograf digital CDR;
- automate programabile PLC.

Am analizat în amănunt automatele programabile întrucât sistemul de monitorizare original pe care l-am propus se bazează pe utilizarea acestora cu referință în special la cele tip PS4.

Ca o concluzie a acestui capitol, rezultă faptul că există mai multe posibilități de monitorizare a ansamblului IO-110 kV și MOP-1, fiecare cu avantajele și dezavantajele sale. Principalul este însă faptul că aceste sisteme se pot realiza și ele contribuie substanțial la îmbunătățirea sistemului de mentenanță existent.

Capitolul 5. DIAGNOSTICAREA STĂRII ÎNTRERUPTOARELOR ȘI A DISPOZITIVELOR DE ACȚIONARE

5.1. Diagnosticarea stării întreruptoarelor

5.1.1. Diagnosticarea prin măsurarea rezistenței de contact

În practică, la executarea măsurătorilor profilactice, se efectuează în mod curent măsurarea rezistenței ohmice pe fază sau pe porțiuni (de exemplu, pe contacte) și măsurarea căderii de tensiune pe fază și/sau pe porțiuni a căii de curent, înainte și după efectuarea încercărilor de încălzire și de stabilitate. Aceste măsuri servesc ca bază de comparație pentru probele individuale sau pentru încercările profilactice din exploatare [8].

Măsurarea se efectuează în curent continuu de regulă prin metoda voltmetrului și ampermetrului, cu aparatul încercat având temperatura mediului ambiant. Rezultatele obținute pentru măsurarea efectuată înainte de încercarea la încălzire nu au voie să difere cu mai mult de 20% de cele obținute după acea încercare.

Întrucât căile de curent se caracterizează prin valori mici ale rezistențelor, se recomandă utilizarea unei scheme de măsurare conform figurii 5.1. În acest caz rezistența măsurată a căii de curent pentru aparatul de încercat AI, va fi:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{r_v}} \quad (5.1)$$

în care U , I sunt valorile indicate de instrumentele de măsură pentru tensiune respectiv curent, iar r_v este rezistența laturii voltmetrului cuprinsă între nodurile B și C .

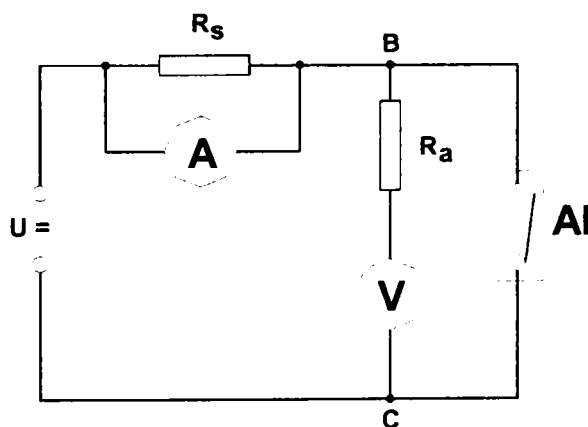


Fig. 5.1. Schemă pentru măsurarea rezistențelor mici:

- A-ampermetru;
- V-voltmetru;
- AI-aparatul de încercat;
- R_s -șunt;
- R_a -rezistență adițională.

În timpul măsurătorilor se va avea grijă ca:

- numărul contactelor din circuit să fie cât mai mic;
- sursa de curent să aibă o rezistență internă mică (să fie de exemplu o baterie de acumuloare de zeci și sute de A · h);
- instrumentele de măsurat să fie de înaltă precizie (clasa 0,2);
- citirea celor două instrumente să fie realizată simultan;

- măsurarea să se efectueze pentru cel puțin trei valori ale curentului.

Deseori se utilizează punți pentru măsurarea rezistenței căii de curent. Pentru rezistențele de valoare mică sunt indicate punțile duble (Thomson).

Rezistența de contact se poate măsura și în regim dinamic [48]. Metoda se bazează pe determinarea rezistenței electrice de contact, în regim dinamic, prin injectarea în echipament a unui curent electric de $100 \div 1000$ A și măsurarea simultană a curentului injectat și a căderii de tensiune între bornele echipamentului. În scopul unei bune corelări a mărimilor electrice înregistrate se determină simultan și cursa contactului mobil.

Aplicând metoda la operații de închidere, deschidere sau cicluri de închidere/deschidere se determină starea tehnică a contactelor prin:

- evidențierea duratei discontinuităților din circuitul electric;
- determinarea rezistenței electrice a contactelor de lucru și de arc;
- determinarea lungimii contactului de arc.

Calitatea unei operații de închidere sau deschidere este caracterizată și de:

- timpul propriu de realizare;
- viteza de deplasare a contactului mobil;
- calitatea amortizării cursei.

Determinarea rezistențelor de contact se face prin împărțirea reală eșantion cu eșantion a mărimilor înregistrate corespunzătoare căderilor de tensiune și curentului prin circuitul de forță.

5.1.2. Diagnosticarea contactului slăbit

Ca urmare a unui contact de slabă calitate, stricțiunea curentului la trecerea prin piesele de contact devine mai accentuată [45]. Căldura dezvoltată prin efect electrocaloric în punctele de stricțiune unde densitatea de curent ia valori ridicate, cauzează deformări locale care se manifestă sub forma unor vibrații de amplitudine mică formată din armonici multipli întregi ai frecvenței sursei de alimentare. Prin urmare detectarea conducerii anormale în zona contactului este realizabilă utilizând senzori de vibrație (acelerație) montați pe carcasa din apropierea ansamblului de contact, semnalul detectat fiind apoi trecut printr-un analizator de frecvență. În figura 5.2 sunt redate semnalele provenite de la senzorul de accelerație.

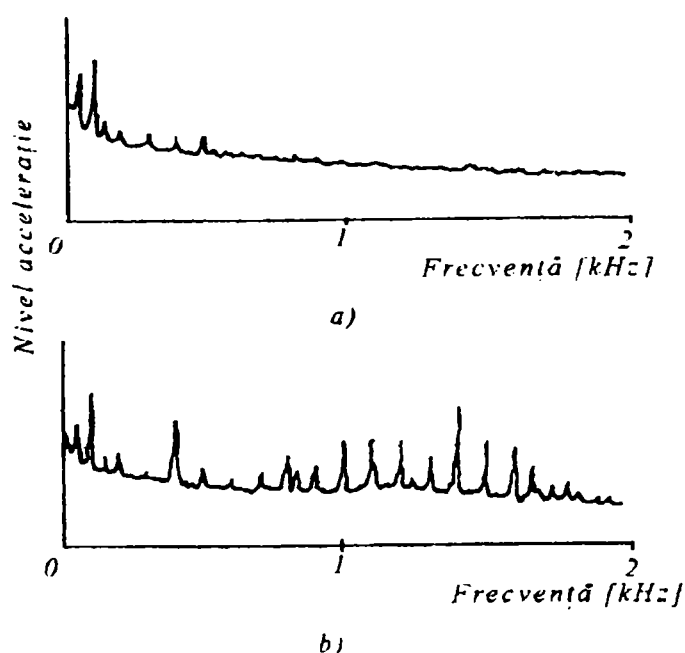


Fig. 5.2. Vibrația carcasi:
a) normal, b) anormal

Cercetările efectuate la Hitachi Ltd. au reușit să stabilească o legătură între energia acestor semnale (deci practic energia vibrațiilor detectate) și căderea de tensiune pe contacte. Conform măsurărilor, în jurul unei căderi de tensiune de 0,1 V energia vibrațiilor se caracterizează printr-un salt, indicând apariția unei stări anormale. Comparând această valoare cu cele trecute în tabelul 5.1., se constată că saltul respectiv, adică simptomele stării anormale corespunde stadiului în care metalul este înmuiat. Acest moment precede apariția punctelor (zonelor) de topire de pe contacte.

Tabelul 5.1. Căderea de tensiune și temperatura pentru punctele de înmuiere, topire și vaporizare ale unor metale componente de contact

Metal	Înmuiere		Topire		Vaporizare	
	Tensiune [V]	Temperatură [°C]	Tensiune [V]	Temperatură [°C]	Tensiune [V]	Temperatură [°C]
Al	0,1	150	0,3	600	-	2300
Fe	0,21	500	0,9	1539	-	2740
Ni	0,22	520	0,65	1452	-	2730
Cu	0,12	190	0,43	1083	0,79	2600
Zn	0,1	170	0,17	419	-	906
Mo	0,25	900	0,75	2620	1,1	4800
Ag	0,09	180	0,37	960	0,67	2000
W	0,4	1000	1,1	3390	2,1	5930

5.1.3. Diagnosticarea acustică a defectelor mecanice

Modalitățile de monitorizare abordate pe plan mondial în privința stării întreruptoarelor, se orientează și pe analiza și prelucrarea după anumite criterii ale unor înregistrări de proveniență acustică - **amprenta acustică** - adică înregistrări de vibrații mecanice, vibrații obținute cu ocazia efectuării unor comutații (anclanșare-declanșare) a întreruptorului urmărit [45].

Această "amprentă" se compară cu amprenta considerată de referință

Comparația acestor două înregistrări se face atât în domeniul *timp* cât și în domeniul *frecvență* pentru a permite scoaterea în evidență a funcționării anormale a întreruptorului.

O bună parte din cauzele care duc la avarii prin scoaterea din funcție a întreruptoarelor, se referă la defecte mecanice (nealinieri, dereglări, depășiri de cursă, de opritori, pârghii cotite și tije deformat, fisurate, rupte, uzate etc.). Referința la rândul ei poate proveni din înregistrarea anterioară de la același întreruptor sau, de la altul de la același tip. Ideea de bază este că uzura contactelor, malfuncționarea mecanică și alte tipuri de comportamente anormale pot fi detectate prin modificările amprentei acustice a întreruptorului.

Ampretele acustice ale unei acționări se achiziționează cu accelerometre montate în exteriorul polilor și pe mecanismul de acționare.

Generarea și propagarea sunetului printr-un întreruptor sunt însă procese foarte complicate. Există o multitudine de surse și un mare număr de suprafețe de separație (frontiere) care împrăștie, atenuază și afectează în alte moduri propagarea undelor acustice. Descrierea matematică detaliată a acusticii unei acționări ar fi extrem de dificilă. Chiar și un simplu proces ca deplasarea contactului pe durata unei acționări, modifică substanțial proprietățile acustice, făcând necesară utilizarea funcțiilor de transfer dependente de timp. Proprietățile acustice ale celorlalte componente materiale solide nemetalice ale echipamentului (porțelan, poliester armat cu fibră) sunt și ele similare.

Un avantaj important asociat metodelor acustice este faptul că au imunitate la zgomotul electromagnetic. Nici zgomotul extern cum ar fi cel datorat traficului sau vibrațiilor transformatorului de exemplu, nu are influență constatând că, atât la măsurătorile efectuate în

stație cât și la cele efectuate în condiții de laborator, raportul semnal-util/zgomot este peste 60 dB.

O comparație directă între semnalele înregistrate, în general nu este revelatoare. În scopul găsirii trăsăturilor revelatoare semnalele furnizate de accelerometru se prelucrează numeric. Algoritmii de procesare digitală aplicați sunt cei de la procesarea vorbirii, date fiind unele similitudini dintre cele două fenomene:

- în ambele cazuri sarcina de rezolvat este compararea a două semnale care constau dintr-un număr de armonici. La vorbire fiecare armonică corespunde unui sunet (fonemă) iar la amprenta întreruptorului la câte un eveniment ce are loc în cursul acționării;
- viteza cu care apar evenimentele se poate modifica, dar ordinea evenimentelor nu. Astfel, în cazul vorbirii viteza vorbirii se poate modifica iar pentru întreruptoare viteza de comutație, sesizabilă prin timpii de anclanșare/declanșare.

Un exemplu de înregistrare a amprentei acustice la declanșarea întreruptorului este redat în figura 5.3.

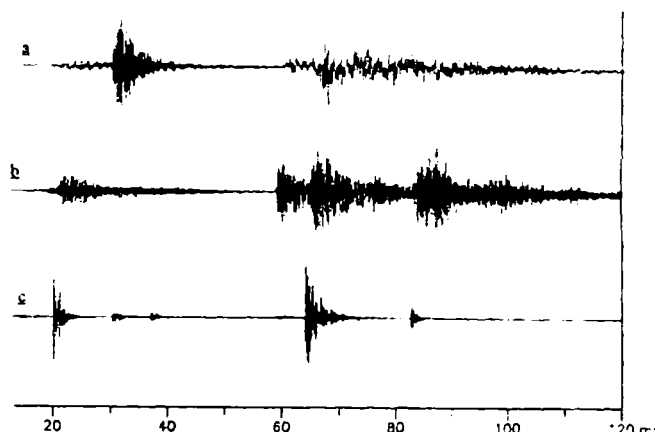


Fig.5.3. Ampretele acustice înregistrate sincron de pe a) vârful unui pol; b) carterul aceluiași pol și c) de pe mecanismul de acționare.

5.1.4. Diagnosticarea prin analiza spectrală

O funcție de timp $x(t)$ continuă, neperiodică, se poate interpreta ca suma unui șir infinit de funcții componente armonice elementare, având frecvențele infinit apropiate, adică [10]:

$$x(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \underline{X}(\omega) \cdot e^{j \cdot \omega \cdot t} \cdot d\omega \quad (5.2)$$

Funcția complexă $\underline{X}(\omega)$ este **transformata Fourier** a funcției originale $x(t)$, realizând o reprezentare a acestei funcții în domeniul frecvențelor (ω). Expresia transformatei Fourier este dată la rândul ei de relația :

$$F\{x(t)\} = \underline{X}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-j \cdot \omega \cdot t} \cdot dt \quad (5.3)$$

și se numește în literatură densitatea spectrală sau funcția (caracteristica) spectrală a lui $x(t)$.

Reprezentând grafic modulul transformatei Fourier, $|\underline{X}(\omega)|$ se obține spectrul funcției $x(t)$, care este un spectru continuu dacă $x(t)$ este periodic (figura 5.4), [10].

O relație importantă este teorema lui *Parseval*:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |x(t)|^2 \cdot dt = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |\underline{X}(\omega)|^2 \cdot d\omega \quad (5.4)$$

care arată că energia totală a unui semnal având legea de variație în timp dată de $x(t)$ se poate determina fie în raport cu timpul, fie în raport cu frecvența.

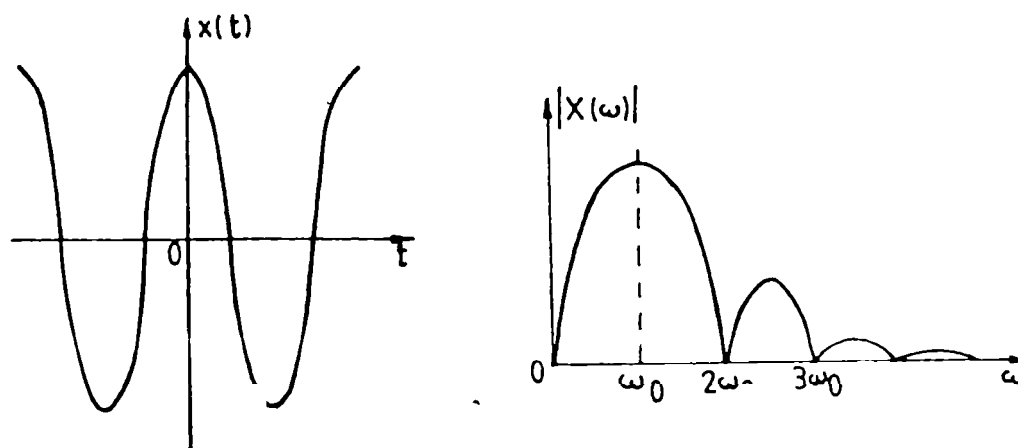


Fig. 5.4. Exemplu pentru spectrul $|X(\omega)|$ al unei funcții $x(t) = \cos \omega_0 \cdot t$ cuprinzând un număr finit de perioade simetrice față de origine.

Mărimea:
$$W(\omega) = |X(\omega)|^2 \quad (5.5)$$

exprimă distribuția energiei semnalului $x(t)$ în funcție de frecvență și se numește **densitate spectrală de energie** [10].

Prelucrările de semnale variabile în timp se realizează actualmente cu calculatoare numerice.

Acestea vor utiliza secvențe de numere $x[n]$ obținute prin eșantionarea semnalului continuu al $x(t)$ la momentele nT (unde T este perioada eșantionării).

Se consideră în primă instanță că semnalul eșantionat se întinde la infinit, $-\infty \leq n \leq +\infty$. Atunci se poate arăta că transformata Fourier în timp discret a semnalului este:

$$X(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n] \cdot e^{-j \cdot \Omega \cdot n} \quad (5.6)$$

În acest caz teorema lui Parseval este exprimată prin relația:

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x[n]|^2 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_{-\pi}^{\pi} |X(\Omega)|^2 \cdot d\Omega \quad (5.7)$$

Prin analogie cu cazul semnalelor continue, mărimea

$$W(\Omega) = |X(\omega)|^2 \quad (5.8)$$

exprimă distribuția energiei semnalului discret $x[n]$, $n=0,1,\dots,+\infty$ în funcție de frecvență și se numește **densitatea spectrală de energie**.

De remarcat că $X(\omega)$ este o funcție periodică de variabila frecvență având perioada 2π și este identică cu $X(\omega)/T_e$ în intervalul $-\pi/T_e \leq \omega \leq \pi/T_e$, dacă semnalul continuu $x(t)$ este de bandă limitată (domeniul frecvențelor este finit) în intervalul indicat. Atunci densitatea spectrală de energie a unui semnal discret, infinit lung, obținut prin eșantionarea unui semnal continuu de bandă limitată în intervalul precizat, este identică cu $W(\Omega)/T_e^2$.

De regulă semnalele prelucrate au o lungime finită și deci pentru secvența $x[n]:n=0,1,\dots,N-1$. Atunci transformata Fourier discretă (TFD) a secvenței aperiodice va fi:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j \cdot k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / N}, k = 0,1,\dots,N-1 \quad (5.9)$$

Relația definește semnalul discret $X[k]$ care poate fi considerat ca obținut prin eșantionarea unui semnal continuu de variabilă frecvență, la intervale $k \cdot \Delta\Omega$, unde $\Delta\Omega = 2 \cdot \pi / N$.

Se definește densitatea spectrală de energie discretă aperiodică cu relația:

$$W[k] = |X[k]|^2, \quad k=0,1,\dots,N-1 \quad (5.10)$$

Se pune problema comparării a două semnale. Criteriul de comparație de regulă este energetic, adică interesează cât de mare este energia diferenței lor funcție de defazajul τ dintre ele:

$$|x(t) - y(t + \tau)|^2 = |x(t)|^2 - 2 \cdot |x(t) \cdot y(t + \tau)| + |y(t + \tau)|^2 \quad (5.11)$$

Deoarece termenii $|x(t)|^2, |y(t + \tau)|^2$ reprezintă energiile proprii care nu depind de defazaj, rezultă că termenul:

$$R_{xy}(\tau) = 2 \cdot |x(t)| \cdot |y(t + \tau)| \quad (5.12)$$

[10] numit funcție de intercorelație, dă informațiile căutate. La momentul $\tau = \tau_0$ pentru care ea este maximă, diferența energiilor va fi minimă.

Acest maxim raportat la rădăcina pătrată a produsului energiilor, dă cât de mult diferă cele două semnale, iar durata τ_0 poate constitui un criteriu de aliniere a celor două semnale.

Evaluarea stării mecanice a întreruptorului [10] implică înregistrarea amprentelor în două etape: în starea normală și în starea testată (încercată).

În prima etapă (starea normală) din semnăturile luate la l acționări (de regulă 4 anclanșări și 4 declanșări) se calculează mărimile numite *baza normală* și *referința normală*, întreruptorul având starea cunoscută ca fiind normală. Atât baza normală cât și referința normală se calculează distinct pentru funcția spectrală și pentru densitatea spectrală de energie. În scopul eliminării aspectelor aleatoare pentru cele două mărimi de referință, se vor considera mediile lor. Astfel pentru baza normală se consideră media $\overline{A_B}$ a celor (l) valori iar pentru referință normală mediile $\overline{A_{R_i}}$ ($1 \leq i \leq l$) calculate considerând doar câte $l-1$ valori (rezultând aici l medii).

În etapa a doua (starea testată) din semnăturile luate tot la l acționări se calculează mărimea medie $\overline{A_{T_i}}$ ($1 \leq i \leq l$) considerând și aici pe rând $l-1$ valori (rezultând și aici l medii).

Cu aceste rezultate se vor putea calcula abaterile medie pătratică normale, dN_i și de test, dT_i :

$$dN_i = \sqrt{\sum_{k=0}^{N_D} (\overline{A_B}[k] - \overline{A_{R_i}}[k])^2} \quad (5.13)$$

$$dT_i = \sqrt{\sum_{k=0}^{N_D} (\overline{A_B}[k] - \overline{A_{T_i}}[k])^2} \quad (5.14)$$

respectiv mediile lor, \overline{dT} și \overline{dN} . Atunci **raportul de rezoluție, RR**, pentru testul efectuat va fi:

$$RR = \overline{dT} / \overline{dN} \quad (5.15)$$

În relațiile (5.13) și (5.14) N_D este numărul finit de puncte discrete ale funcției spectrale respectiv a densității spectrale de energie de durată scurtă de care se ține cont în analiza efectuată.

În acest fel pentru caracterizarea stării întreruptorului se utilizează un singur indicator, **raportul de rezoluție** [10].

La un întreruptor în stare normală $RR \approx 1$. **Valorile critice** ale lui RR, adică valorile peste care se consideră că au avut loc schimbări semnificative față de starea normală și deci întreruptorul a ajuns în stare anormală, se pot obține fie pe calea efectuării unei analize statistice, fie pe cale empirică. În ultimul caz valoarea RR critică se poate considera ca fiind o valoare egală cu de trei ori deviația standard de la medie. În literatură [10] RR critic pentru componentele spectrale este în jur de 2 iar pentru energii, în jur de 2,5. În figura 5.5 [10], se prezintă un exemplu de densități spectrale de energie pentru un întreruptor cu ulei.

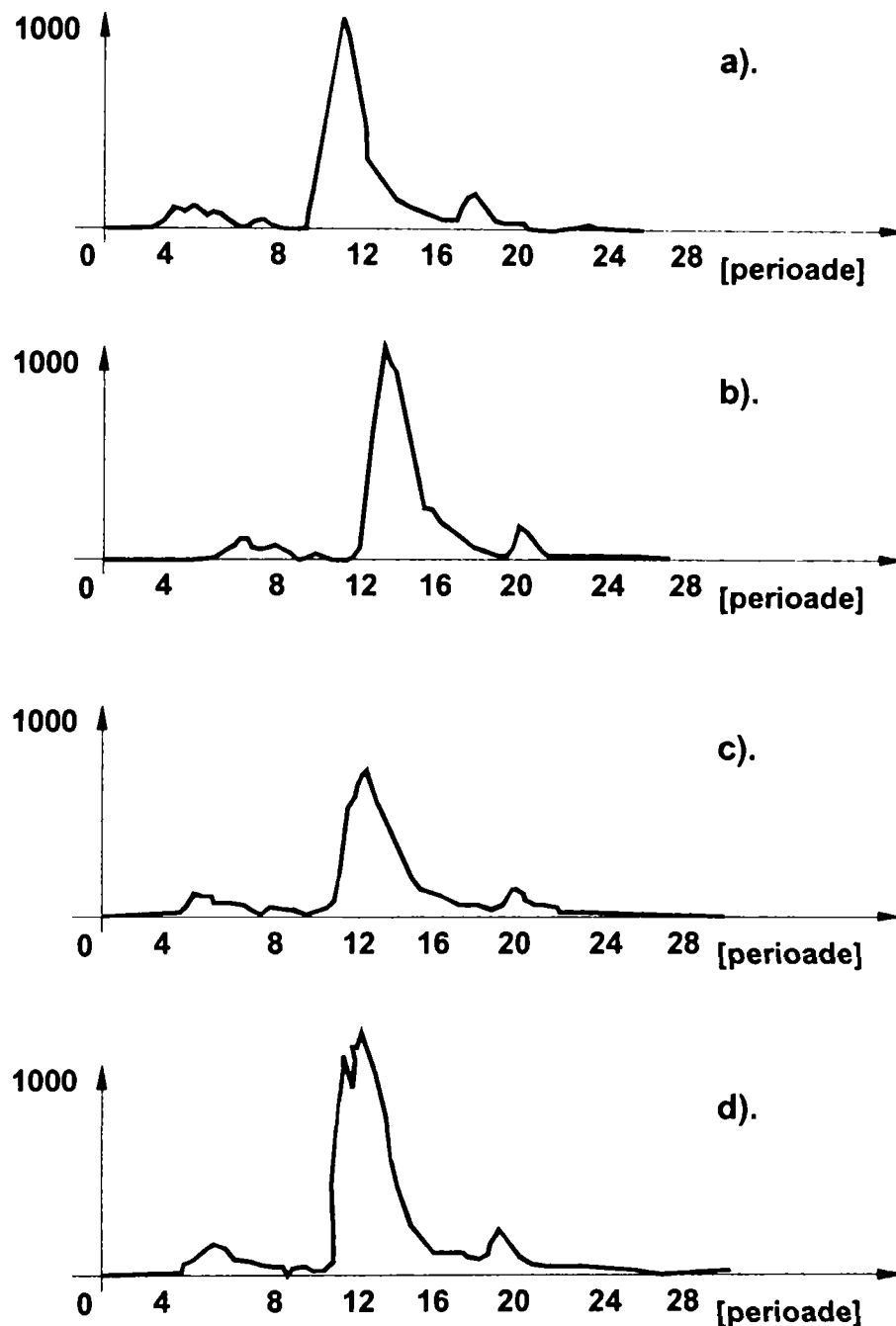


Fig. 5.5. Densitățile spectrale de energie de scurtă durată:
a) stare normală; b) tensiune de declanșare;
c) presiune de funcționare micșorată; d) nivel de ulei micșorat.

5.1.5. Diagnosticarea prin metoda serviciului efectuat

În vederea stabilirii intervalelor corecte de mentenanță (revizii și întreținere) trebuie avute în vedere următoarele aspecte:[10]

- condițiile externe;
- starea izolațiilor;
- funcționarea mecanică;
- starea sistemului de comutație.

Ultimul aspect se referă la evaluarea stării contactelor și a camerei de stingere.

Plecând de la **Serviciul Standard de Funcționare** indicat de fabricantul întreruptorului se poate ține o evidență a deconectărilor făcute, înregistrând valoarea curenților deconectați pentru fiecare pol, cu care se va putea apoi diminua durata de viață (numărul de acționări până la o revizie) a întreruptorului.

De exemplu pentru un întreruptor cu ulei având tensiunea nominală de $U_n = 15,5$ kV, curentul nominal $I_n = 560$ A, capacitatea de rupere nominală $I_{nAC} = 10000$ A, Serviciul Standard de Funcționare are datele indicate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2. Exemplu de Serviciu Standard de Funcționare

Curentul întrerupt % I_{nAC}	X/R maxim	Număr acționări
15...20	3	28
45...55	7	20
90...100	14	10
Total acționări		58

Conform prevederilor *ANSI* (Standard C37.61 – 1973, Guide for the Application, Operation and Maintenance of Automatic Circuit Reclosers) **Serviciul Echivalent al Întreruptorului** se poate calcula ridicând la puterea 1,5 valoarea efectivă a curentului întrerupt [10]. Atunci, luând în considerare și numărul permis de întreruperi se poate calcula, pornind de la datele tabelului 5.2, Serviciul Echivalent Efectuat al întreruptorului (tabelul 5.3)

Tabelul 5.3. Serviciul Echivalent al Întreruptorului (exemplu)

Curent, [A]	Serviciul echivalent/întrerupere	Nr.de întreruperi	Serviciul echivalent efectuat
2000	$2000^{1.5} = 8,9 \cdot 10^4$	28	$249 \cdot 10^4$
5000	$5000^{1.5} = 35,4 \cdot 10^4$	20	$708 \cdot 10^4$
10000	$10000^{1.5} = 100 \cdot 10^4$	10	$1000 \cdot 10^4$
TOTAL:			$1957 \cdot 10^4$

Atunci, numărul total admisibil de întreruperi pentru un curent de avarie considerat se va putea calcula pornind de la totalul din tabelul 5.3. Astfel pentru un curent de avarie de 2000 A, rezultă:

$$\frac{1957 \cdot 10^4}{8,9 \cdot 10^4} = 220 \text{ întreruperi, adică în cazul ipotetic că întreruptorul va trebui să întrerupă}$$

totdeauna un curent de avarie de 2000 A, el va putea efectua 220 de astfel de întreruperi.

Acest raționament îl vom aplica și pentru întreruptorul IO-110 kV. Astfel am calculat serviciul standard de funcționare al unui întreruptor tip IO-110 kV, prezentat în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4. Serviciul Standard de Funcționare al IO 110 kV/1600 A

Curentul întrerupt % I_{nAC}	Număr acționări
25	40
50	14
100	5
Total acționări	59

Am calculat apoi serviciul echivalent al întreruptorului IO-110 kV (tabelul 5.5).

Tabelul 5.5. Serviciul Echivalent al Întreruptorului IO 110 kV/1600 A

Curent, [A]	Serviciul echivalent/întrerupere	Nr.de întreruperi	Serviciul echivalent efectuat
7875	$7875^{1.5} = 69,88 \cdot 10^4$	40	$2795,2 \cdot 10^4$
15750	$15750^{1.5} = 197,66 \cdot 10^4$	14	$2767,24 \cdot 10^4$
31500	$31500^{1.5} = 559,06 \cdot 10^4$	5	$2795,3 \cdot 10^4$
TOTAL:			$8357,74 \cdot 10^4$

Pe baza calculelor anterioare s-a determinat serviciul total de avarie, adică curentul întrerupt ridicat la puterea 1,5 pentru fiecare fază. Această valoare, însumată cu serviciile de avarie anterioare, se scade în permanență din totalul tabelului 5.5.(8357,7·10⁴). Rezultatele calculului se regăsesc în tabelul 5.6, în care se prezintă serviciul echivalent pentru o plajă de valori ale curentului cuprinse între curentul nominal și curentul de rupere, precum și numărul echivalent de întreruperi pentru fiecare valoare.

Tabelul 5.6. Numărul echivalent de întreruperi al IO-110 kV

Curent[kA]	Serviciu echivalent/întrerupere	Nr. întreruperi echivalent
1,6	6,4*10 ⁴	1305
2	8,94*10 ⁴	935
4	25,3*10 ⁴	330
6	46,5*10 ⁴	179
8	71,55*10 ⁴	116
10	100*10 ⁴	83
12	131,45*10 ⁴	63
14	165,65*10 ⁴	50
16	202,38*10 ⁴	41
18	241,49*10 ⁴	34
20	282,84*10 ⁴	29
22	326,31*10 ⁴	25
24	371,8*10 ⁴	22
26	419,23*10 ⁴	20
28	468,52*10 ⁴	17
30	519,61*10 ⁴	16
31,5	559,06*10 ⁴	15

5.1.6. Diagnosticarea prin aprecierea electroeroziunii contactelor întreruptorului

În aprecierea stării tehnice a întreruptoarelor de putere, de o importanță deosebită este cunoașterea electroeroziunii contactelor acestora [68]. Electroeroziunea este dependentă de numărul de comutații efectuate și valorile curenților la care au fost efectuate comutațiile, precum și de durata de existență a arcului electric la fiecare comutație.

Arcul electric care apare la comutația sub sarcină, primește pentru a exista, energie electrică pe care o transformă în mare parte în energie termică. Cea mai mare parte a acestei energii este transformată în căldură la electrozi și, datorită acestui fapt, temperatura electrozilor atinge valori ridicate, metalul se vaporizează și deci dispare din masa solidă a pieselor de contact.

Aprecierea electroeroziunii contactelor este realizată în exploatare, prin cunoașterea numărului de scurtcircuite întrerupte, neluându-se în seamă și valoarea efectivă a curenților de scurtcircuit deconectați. Menținerea cerută de înlocuirea contactelor va fi realizată astfel prea des, deoarece electroeroziunea nu este întotdeauna la valoarea maximă admisă. Apar în acest caz cheltuieli nejustificate.

Electroeroziunea contactelor

În figura 5.6. se prezintă procesul întreruperii arcului electric. Arcul electric dezvoltat între contactele întreruptorului în momentul întreruperii unui curent, are o mare influență asupra contactelor de ardere.

Eroziunea acestor elemente este cu atât mai pronunțată cu cât curentul deconectat este mai mare, respectiv energia dezvoltată în arcul electric este mai importantă.

Uzura duzei de suflaj este totuși scăzută, asigurând o bună funcționare pe durata de exploatare a întreruptorului, dar eroziunea electrică a contactelor de rupere trebuie să fie supravegheată, deoarece determină limitele utilizării întreruptorului (în special, în cazul întreruptoarelor acționate mai des pe defect).

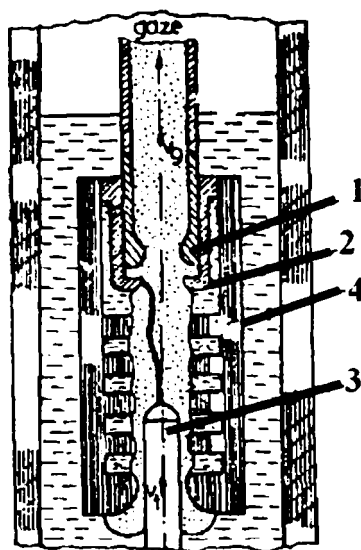


Fig.5.6.Întreruperea arcului electric:

1-contact fix de rupere; 2-contact de arc;
3-contact mobil de rupere; 4-camara de stingere.

În general electroeroziunea contactului fix de rupere este mai mare decât cea înregistrată de contactul mobil de rupere.

În cazul întreruptoarelor de înaltă tensiune, la care picioarele arcului electric de comutație rămân practic nemișcate pe suprafața contactului mobil și a contactului fix pe durata arderii arcului electric, uzura masică m , exprimată în [mg], este dată de relația:

$$m = a \cdot I^b \cdot t_a \quad (5.16)$$

unde: I este valoarea efectivă a curentului deconectat, [kA];

t_a -durata de ardere a arcului electric de comutație, [ms];

a și b -constante ce depind de natura materialului (spre exemplu pentru contacte din: cupru wolfram $a=0,274$, $b=1,81$; cupru $a=2,15$, $b=1,58$)

În [68] este propusă supravegherea curenților întrerupți pe diferite domenii, făcându-se suma curenților întrerupți în kA și kA².

De exemplu, pentru un întreruptor având curentul nominal de 2000 A, suma n_1 a curenților întrerupți, exprimată în kA, se face pentru curenți de deconectare până la 5kA, iar peste această valoare (până la curentul nominal de deconectare la scurtcircuit), suma n_2 se face în kA². Sumele obținute estimează valoarea uzurii contactelor (suma în kA² devenind preponderentă pentru valori mari ale curenților întrerupți) astfel că activitatea de mentenanță trebuie efectuată la atingerea uneia din valorile limită impuse parametrilor n_1 , n_2 .

În figura 5.7. este prezentat numărul echivalent de comutații în funcție de curentul de scurtcircuit întrerupt pentru întreruptoarele IO-110 kV.

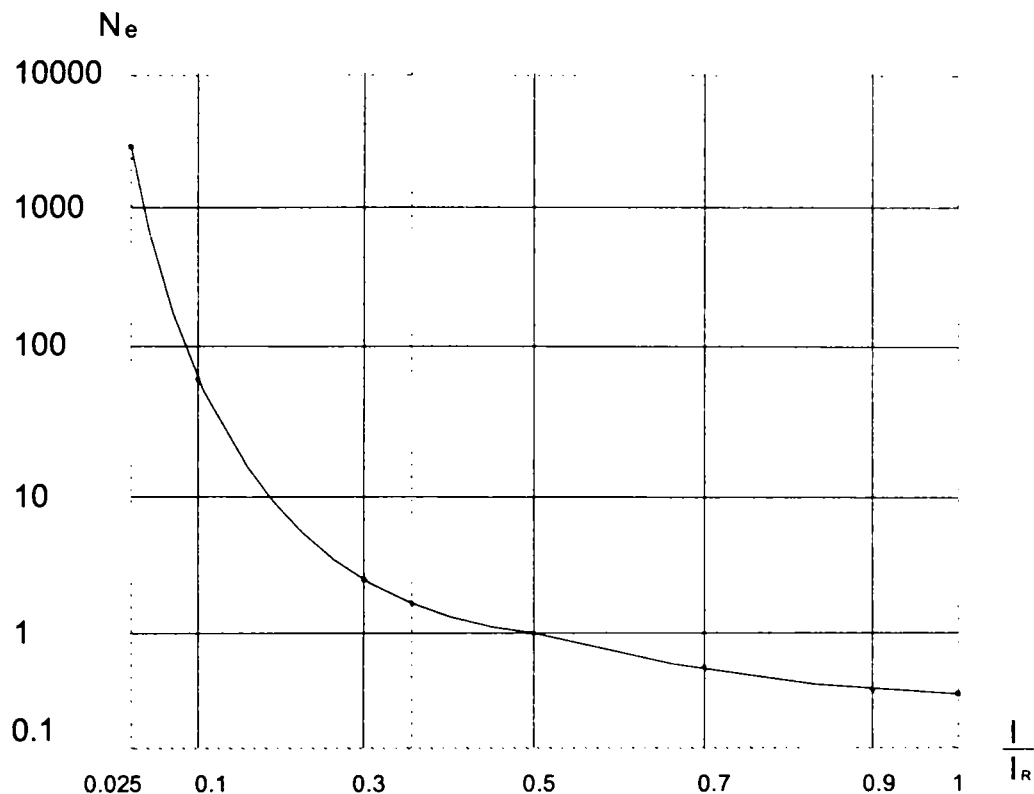


Fig. 5.7. Număr echivalent de comutații pentru întreruptoare IO-110 kV:
 N_e - numărul echivalent de comutații prin care se ajunge la aceeași electroeroziune a contactelor de rupere ca în cazul unei singure deconectări la $0,5 \cdot I_R$.
 I_R este curentul nominal de rupere la scurtcircuit al întreruptorului.

Pentru valori ale curenților de scurtcircuit sub $0,35 \cdot I_R$, numărul echivalent de comutații se calculează cu relația:

$$N_e = 1,83 \cdot \left(0,35 \cdot \frac{I_R}{I} \right)^3 \quad (5.17)$$

iar pentru valori mai mari de $0,35 \cdot I_R$ cu relația:

$$N_e = \left(0,5 \cdot \frac{I_R}{I} \right)^{1,7} \quad (5.18)$$

Utilizând formulele de mai sus, s-a calculat numărul echivalent de comutații pe baza cărora s-a trasat diagrama din figura 5.7 (tabelul 5.7)

Tabelul 5.7. Numărul echivalent de comutații pentru IO-110 kV/1600 A

I/I_R	0,025	0,1	0,3	0,35	0,5	0,7	0,9	1
I	0,7875	3,15	9,45	11,025	15,75	22,05	28,35	31,5
N_e	5021,52	78,46	2,91	1,834	1	0,56	0,37	0,31

Supravegherea electroeroziunii contactelor pentru întreruptoarele IO-110 kV/1600 A, se poate face cu ajutorul diagramei de mentenanță, diagramă stabilită pe baza curenților de deconectări de întreruptor, figura 5.8:

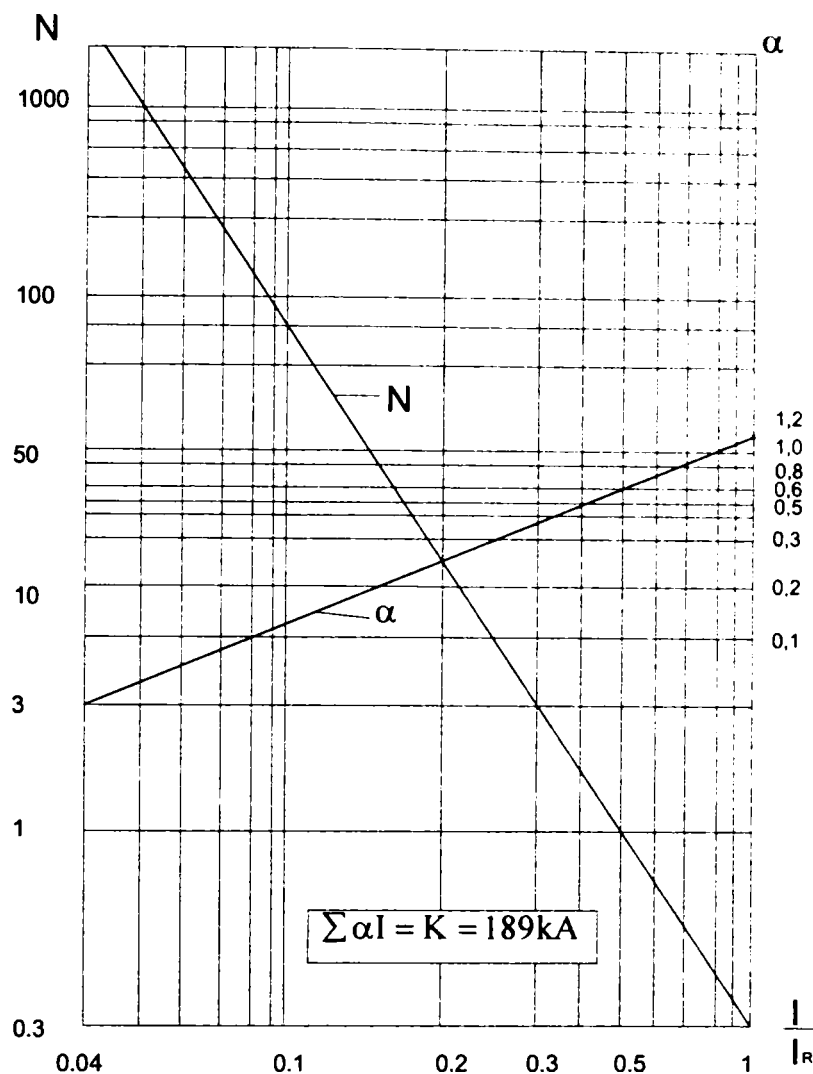


Fig.5.8. Diagrama de mentenanță pentru întreruptoare IO-110 kV/1600 A:
 I_R -curentul de rupere al întreruptorului; α -constanta de deteriorare;
 K -valoarea sumată a curenților întrerupți la care se cere înlocuirea contactelor.

Aprecierea electroeroziunii conform fișei tehnologice

Cazul 1 – În fișa tehnologică privind revizia întreruptoarelor tip IO de înaltă tensiune, 123 – 420 kV, se arată că numărul maxim de comutații admise între două revizii sunt, [77]:

- 5, pentru $0,5I_R < I \leq I_R$;
- 14, pentru $0,25I_R < I \leq 0,5I_R$;
- 40, pentru $I_n < I \leq 0,25I_R$;
- 500, pentru $I \leq I_n$.

unde I este curentul deconectat, I_R – curentul nominal de rupere, I_n – curentul nominal al întreruptorului.

Pentru un întreruptor IO – 110 kV/1600 A, numărul admis de comutații va fi:

- 5, pentru $15,75 \text{ kA} < I \leq 31,5 \text{ kA}$;
- 14, pentru $7,875 \text{ kA} < I \leq 15,75 \text{ kA}$;
- 40, pentru $1,6 \text{ kA} < I \leq 7,875 \text{ kA}$;
- 500, pentru $I \leq 1,6 \text{ kA}$.

Cazul 2 – Conform circularei 3.E-CT-1-85 (MEE-CIRE București) [78] privind performanțele reale în regimuri normale și de defect ale întreruptoarelor de 110, 220, 400 kV și numărul de deconectări între două revizii programate ale acestuia, se stabilește numărul maxim de comutații admise între două revizii astfel:

- 4 pentru $25 \text{ kA} < I \leq 31,5 \text{ kA}$;
- 5 pentru $22 \text{ kA} < I \leq 25 \text{ kA}$;
- 6 pentru $20 \text{ kA} < I \leq 22 \text{ kA}$;
- 7 pentru $I = 20 \text{ kA}$;
- 8 pentru $17 \text{ kA} < I \leq 19 \text{ kA}$;
- 9 pentru $15 \text{ kA} < I \leq 17 \text{ kA}$;
- 10 pentru $I = 15 \text{ kA}$;
- 11 pentru $I = 14 \text{ kA}$;
- 12 pentru $I = 13 \text{ kA}$;
- 13 pentru $I = 12 \text{ kA}$;
- 14 pentru $I = 11 \text{ kA}$;
- 15 pentru $I = 10 \text{ kA}$;
- 19 pentru $7 \text{ kA} < I \leq 9 \text{ kA}$;
- 26 pentru $5 \text{ kA} < I \leq 7 \text{ kA}$;
- 40 pentru $I_n < I \leq 5 \text{ kA}$.

Analizăm în continuare acest mod de apreciere a electroeroziunii contactelor în cazul întreruptoarelor de înaltă tensiune de tip IO – 110 kV/1600 A, care au curentul nominal de 1600A și curentul nominal de rupere 31,5 kA. Se vor analiza comparativ cele două seturi de valori indicate mai sus.

Electroeroziunea masică m [g], evaluată cu relația (5.16), electroeroziunea masică totală m_t [g], (după efectuarea numărului de comutații între două revizii), precum și supraevaluarea electroeroziunii Δm [%], pentru diverse valori ale curentului deconectat sunt prezentate în tabelul 5.7. unde: 1-cazul 1, 2-cazul 2. Mărimile “ m_t ” și “ Δm ” s-au calculat ținând seama de domeniile de curenți de rupere pentru care se specifică numărul admis de comutații.

Utilizăm următoarele notații:

- $N_1(I_R)$ -numărul admis de comutații la curentul nominal de rupere (cazul 1);
- $N_2(I_R)$ - numărul admis de comutații la curentul nominal de rupere(cazul 2);
- $m(I_R)$ - electroeroziunea masică [g] pentru o comutație la curentul de rupere nominal;
- $m_1(I)$ -electroeroziunea masică [g] pentru o comutație la curentul I, (cazul 1);
- $m_2(I)$ -electroeroziunea masică [g] pentru o comutație la curentul I, (cazul 2);
- $mt_1(I)$ -electroeroziunea masică totală [g] la curentul I, (cazul 1);
- $mt_2(I)$ -electroeroziunea masică totală [g] la curentul I, (cazul 2);
- $\Delta m_1(I)$ - supraevaluarea electroeroziunii (cazul 1) [%];
- $\Delta m_2(I)$ - supraevaluarea electroeroziunii (cazul 2) [%].

Valorile din tabel se calculează cu următoarele formule:

$$mt_1(I_r) = N_1(I_r) \cdot m(I_r) \quad (5.20)$$

$$mt_2(I_r) = N_2(I_r) \cdot m(I_r) \quad (5.21)$$

$$\Delta m_1(I) = \frac{\Delta mt_1(I_r) - \Delta mt_1(I)}{\Delta mt_1(I_r)} \cdot 100 \quad (5.22)$$

$$\Delta m_2(I) = \frac{\Delta mt_1(I_r) - \Delta mt_2(I)}{\Delta mt_1(I_r)} \cdot 100 \quad (5.23)$$

Dau în continuare un exemplu pentru valorile specificate în fișa tehnologică [77]:

- pentru valoarea de 31,5 kA se admit 5 comutații. Electroeroziunea masică pentru o comutație este de 3,817 g. Rezultă o electroeroziune masică totală de 19,086 g (5·3,817). Valoarea procentuală a supraevaluării electroeroziunii va fi în acest caz "0" întrucât este valoarea maximă admisă a curentului nominal de rupere.

- pentru valoarea de 30 kA se admit tot 5 comutații. Electroeroziunea masică pentru o comutație este de 3,494 g. Rezultă o electroeroziune masică totală de 17,473 g (5·3,494). Valoarea procentuală a supraevaluării electroeroziunii va fi în acest caz:

$$\frac{19,086 - 17,473}{19,086} \cdot 100 = 8,452\%$$

Urmărind în continuare acest mod de calcul, atât pentru datele specificate în fișa tehnologică [77] cât și pentru datele specificate în circulara tehnică [78], s-a ajuns la rezultatele din tabelul 5.8.

Tabelul 5.8. Electroeroziunea masică și supraevaluarea eroziunii la IO-110 kV/1600 A

I/N[kA/nr. comut]		m [g]	m _t [g]		Δm [%]	
I/N ₁	I/N ₂		mt ₁	mt ₂	Δm ₁	Δm ₂
31,5/5	31,5/4	3,817	19,086	15,268	0	20,004
30/5	30/4	3,494	17,473	13,976	8,452	26,773
28/5	28/4	3,084	15,422	12,336	19,199	35,366
26/5	26/4	2,697	13,486	10,788	29,342	43,476
24/5	24/5	2,333	11,667	11,667	38,872	38,872
22/5	22/6	1,993	9,967	11,958	47,779	37,346
20/5	20/7	1,677	8,387	11,739	56,053	38,494
18/5	18/8	1,386	6,931	11,088	63,683	41,905
16/14	16/9	1,120	15,682	10,08	17,837	47,186
14/14	14/11	0,879	12,315	9,669	35,478	49,339
12/14	12/13	0,665	9,316	8,645	51,187	54,705
10/14	10/15	0,478	6,698	7,17	64,907	62,433
8/14	8/19	0,319	4,472	6,061	76,568	68,243
6/40	6/26	0,189	7,591	4,914	60,225	74,253
4/40	4/40	0,091	3,644	3,644	80,906	80,907
2/40	2/40	0,025	1,039	1,039	94,554	94,554
1,6/500	1,6/300	0,017	8,674	5,1	54,551	73,288

Evoluția supraevaluării electroeroziunii (figura 5.9), arată că abaterile față de electroeroziunea maximă admisă cresc pentru valori descrescătoare ale curentului în interiorul domeniilor stabilite cu atingerea unor valori locale minime pentru curenții de 16, 6 și 1,6 kA.(primul caz) și pentru curenții de 22 și 1,6 kA pentru al doilea caz.

Menționăm că în cel de al doilea caz, abaterile față de electroeroziunea maximă sunt mai mari, iar supraevaluarea este mai constantă. Se constată deci că mentenanța cerută de schimbarea contactelor la atingerea numărului de comutații pe scurtcircuit va fi efectuată la valori ale electroeroziunii mult mai mici decât cea maximă admisă.

În aceste condiții contactele întreruptoarelor ar fi capabile să mai realizeze un număr suplimentar de comutații pe scurtcircuit pe lângă cele precizate-(Ns₁) în cazul 1, respectiv (Ns₂) în cazul 2, (tabelul 5.9).

Tabelul 5.9. Numărul suplimentar de comutații pe scurt-circuit.

I [kA]	31,5	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	1,6
Ns ₁	0	0,4	1,1	2	3,1	4,5	6,3	8,7	3	7,6	14,6	25,8	45,7	60	169	694	600
Ns ₂	1	1,4	2,2	3	3,1	3,6	4,4	5,7	8	10,7	15,7	24,9	40,8	74,9	169	694	822

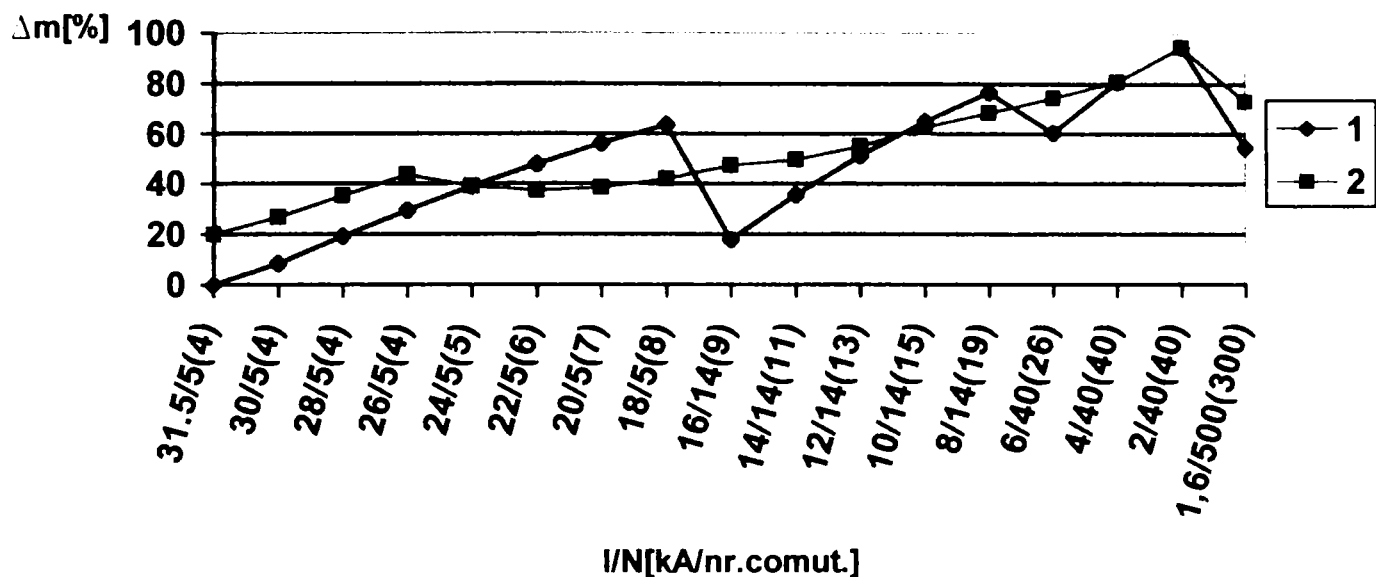


Fig. 5.9. Supraevaluarea eroziunii:
1-conform fișei tehnologice;
2-conform circularei tehnice.

Se constată că, în funcție de curentul de scurtcircuit, numărul de comutații la scurtcircuit este mai mare decât cel precizat în fișa tehnologică respectiv circulara tehnică. Numărul suplimentar de comutații rezultă din formulele:

$$N_{s1} = \frac{mt_1(I_r) - mt_1(I)}{I} \quad \text{pentru cazul 1;} \quad (5.24)$$

$$N_{s2} = \frac{mt_1(I_r) - mt_2(I)}{I} \quad \text{pentru cazul 2.} \quad (5.25)$$

Spre exemplu, în cazul unui întreruptor care la locul de montare prezintă un curent de scurtcircuit de 20 kA numărul de comutații este de 11 indiferent de care din cele două prescripții se ține seama (atâta doar că numărul de declanșări admise este diferit 5 în cazul 1 și 7 în cazul 2).

Este necesară o evaluare a curenților de scurtcircuit în locul de montare al întreruptoarelor din instalații și o reconsiderare a numărului de comutații la scurtcircuit al acestora.

În activitatea de exploatare, urmărirea valorii curentului deconectat nu este realizată prin prisma supravegherii electroeroziunii contactelor de ardere ale întreruptorului. De regulă se apreciază valoarea curentului deconectat de întreruptor, în caz de defect (scurtcircuit), ca fiind valoarea curentului de scurtcircuit la locul de montare al întreruptorului. Acest mod de apreciere duce la o supraevaluare a electroeroziunii contactelor ceea ce implică o activitate de mentenanță suplimentară.

Realizarea unor sisteme de însumare a curenților deconectați este benefică și poate conduce la o mentenanță optimă.

5.1.7. Diagnosticarea prin estimarea uzurii uleiului electroizolant

Printre factorii care duc la defecțiuni în funcționarea întreruptoarelor se numără și deprecierea calităților uleiului electroizolant. Acest lucru s-a putut observa și din încercările asupra întreruptorului, descrise în capitolul 3. Deprecierea calităților uleiului are drept cauze posibile următoarele [40]:

- alterarea rapidă (în lipsa unor factori favorizanți) a calităților electroizolante ale uleiului – cauză frecventă;
- diminuarea rapidă a calităților electroizolante datorită efectelor provocate de arcul electric – cauză frecventă;
- scăderea nivelului uleiului electroizolant datorită neetanșeităților – cauză relativ frecventă.

Acestea au ca urmare efecte nedorite precum:

- alterarea sau diminuarea caracteristicilor uleiului electroizolant are efecte directe asupra duratei de viață restante a întreruptoarelor;
- scăderea nivelului uleiului electroizolant este defecțiune majoră, care poate produce explozia aparatului în procesul de rupere a unui curent de scurtcircuit.

În concluzie se poate aprecia că uzura uleiului poate fi aleasă drept criteriu de estimare a uzurii întreruptorului datorită vitezei ridicate de degradare sub influența arcului electric din procesele de comutație. De altfel, deprecierea calităților uleiului electroizolant s-a putut constata și în urma probelor și încercărilor descrise în capitolul 3.

În urma experimentărilor efectuate la ICEMENERG [40] asupra întreruptoarelor de medie tensiune cu ulei puțin, s-a constatat că uzura uleiului se produce după o anumită lege.

Dacă se alege drept criteriu de calitate a uleiului valoarea rigidității dielectrice a acestuia, această valoare se diminuează după o alură exponențială, în funcție de numărul de ruperi. Exponentul funcției depinde de valoarea curentului rupt. Expresia matematică a variației rigidității dielectrice este:

$$\frac{E_d}{E_{dx}} = e^{k \cdot N_x} \quad (5.26)$$

unde:

E_d - este rigiditatea dielectrică inițială;

E_{dx} - rigiditatea dielectrică după N_x ruperi;

N_x - numărul de ruperi, la aceeași valoare a curentului la care se calculează valoarea E_{dx} a rigidității dielectrice a uleiului.

k - factor numeric care depinde de valoarea curentului la care se fac ruperile.

Pentru determinarea factorului k se ține seama că raportul între rigiditatea dielectrică inițială (a uleiului nou, la care se încep ruperile) și rigiditatea dielectrică finală (la care se opresc încercările) corespunde cu numărul de ruperi estimat (N_e) pentru un anumit curent de scurtcircuit:

$$\frac{E_{d_{\text{inital}}}}{E_{d_{\text{final}}}} = e^{k \cdot N_e} \Big|_{I_{sc}} \quad (5.27)$$

Relația (5.27) permite ca, fiind cunoscută rigiditatea dielectrică inițială (de exemplu, conform programului de probe ea fiind de 140 kV/cm), rigiditatea dielectrică finală (60 kV/cm) și numărul de ruperi estimat, calculat cu relația:

$$N_e = c \cdot \left(\frac{I_{rn}}{I_{sc}} \right)^d \quad (5.28)$$

unde: c, d - constante specifice fiecărui tip de întreruptor,

I_m - curentul de rupere nominal și

I_{sc} - curentul de rupere de scurtcircuit,

să se calculeze factorul k corespunzător unui anumit tip de întreruptor și a unui curent de scurtcircuit egal cu curentul nominal de rupere la scurt-circuit al acestuia.

În tabelul 5.10 se prezintă valorile lui N_e pentru diverse tipuri de întreruptoare de medie tensiune calculate conform relației 5.28.

Tabelul 5.10. Număr de ruperi estimat

Nr.crt.	Tipul întrerupătorului	Funcția uzurii
1	IO – 12/630	$N = 3,785 (I_{rn} / I_{sc})^{1,329}$
2	IO – 12/1250	$N = 4,151 (I_{rn} / I_{sc})^{1,229}$
3	IO – 12/2500	$N = 6,246 (I_{rn} / I_{sc})^{1,345}$
4	IO – 24/630	$N = 4,71 (I_{rn} / I_{sc})^{1,525}$
5	IOM – 24/630	$N = 3,3 (I_{rn} / I_{sc})^{2,06}$
6	IO – 24/1250	$N = 6,77 (I_{rn} / I_{sc})^{1,817}$
7	IUPM – 12/630	$N = 3,077 (I_{rn} / I_{sc})^{1,409}$
8	IUPM – 12/1000	$N = 2,93 (I_{rn} / I_{sc})^{1,516}$
9	IUPM – 24/630	$N = 4,224 (I_{rn} / I_{sc})^{1,355}$

Din relația (5.26) se observă că uzura uleiului electroizolant din camera de stingere a întrerupătorului nu este liniară. Astfel, dacă întrerupătorul este supus numai la ruperi ale curentului de scurtcircuit, la prima rupere se produce o scădere puternică a rigidității dielectrice, la următoarele ruperi scăderile fiind mai reduse.

Pe baza acestei metode se poate elabora un algoritm pentru estimarea uzurii uleiului electroizolant din camerele de stingere.

5.2. Diagnosticarea dispozitivului de acționare MOP-1

Supravegherea MOP va putea duce la îmbunătățirea funcționării acestor echipamente, și implicit a întreruptoarelor IO 110 kV deservite, prin posibilitatea anticipării momentului defectării, deci astfel se va putea reduce numărul disfuncționalităților apărute în sistem, pe lângă o îmbunătățire a mentenanței ansamblului respectiv [45].

Supravegherea mecanismului oleopneumatic nu va ridica probleme deosebite din punct de vedere al complexității sistemului.

Pe baza unor criterii stabilite la începutul procesului de supraveghere, se poate determina funcționarea corectă sau incorectă a mecanismului, parametrii caracteristici ai acestui mecanism fiind memorați, putând fi folosiți în estimarea de ansamblu asupra funcționării MOP-ului pe durata unui interval de timp, ales de utilizator. De asemenea, se va putea evidenția situația în care MOP-ul nu funcționează ca urmare a unei revizii sau ca urmare a unor comenzi voite date de operatori.

Astfel, sistemul de supraveghere va trebui să semnalizeze o defecțiune apărută la MOP în cazul în care:

- durata de funcționare a pompei depășește 4 minute sau a fost depășit numărul de 9 – 10 porniri pe oră, ca urmare a defectării sistemului de etanșare a MOP-ului la nivelul acumulatorului de înaltă presiune sau ca urmare a defectului apărut la grupul moto-pompă;
- dacă o pompă nu a pornit deloc timp de o oră, ca urmare a defectului apărut la sistemul de alimentare al grupului motopompă;
- dacă variază viteza de creștere a presiunii din acumulator, prin sistemul de microîntreruptoare, așezate la distanțe prestabilite pe tija acumulatorului de înaltă presiune, ca urmare a defectelor survenite la sistemul de etanșare sau la grupul moto-pompă;
- dacă apar creșteri ale curentului (puterii) momentane absorbite de motorul de antrenare al pompei, posibil prin defectarea grupului moto-pompă;
- dacă viteza de scădere a presiunii în acumulatorul de înaltă presiune în perioada de nefuncționare a pompei are o valoare mare, evidențiind astfel un defect apărut la sistemul de etanșare.
- dacă motorul de acționare al pompei funcționează în regim anormal.

Prin corelarea acestor condiții, care se impun la o funcționare corectă a MOP-ului, se poate realiza un sistem de supraveghere cu ajutorul căruia să se poată asigura funcționarea în condiții optime a mecanismului urmărit, un timp cât mai îndelungat.

De asemenea, se pot impune condiții suplimentare, pe lângă cele enumerate mai sus, reieșite din condițiile locale în care se aplică sistemul de supraveghere, funcție de echipamentul disponibil și de scopul urmărit.

În concluzie, realizarea unui sistem de supraveghere al MOP-urilor din stația electrică de transformare, reprezintă primul pas spre modernizarea sistemului energetic.

Diagnosticarea MOP se poate face relativ ușor datorită caracterului deschis al acestui echipament deci implicit a faptului că preluarea mărimilor din proces este destul de facilă.

5.3. Contribuții personale și originale

Am făcut o sinteză a metodelor de diagnosticare a stării întreruptoarelor IO-110 kV:

- prin metoda rezistenței de contact;
- prin metoda contactului slăbit;
- prin diagnosticarea acustică a defectelor mecanice;
- prin diagnosticarea prin analiză spectrală;
- prin metoda serviciului efectuat, cu adaptarea metodei la cazul concret al IO-110 kV și calcularea pentru acesta a serviciului standard, al serviciului echivalent și al numărului echivalent de întreruperi.
- prin metoda electroeroziunii contactelor, cu contribuții originale privind aprecierea electroeroziunii prin analiza comparativă a fișei tehnologice și a circulei 3E-CT-1-85 a MEE-CIRE și aprecieri privind supraevaluarea eroziunii prin calcule efectuate de autor, precum și prin stabilirea formulelor de calcul ale noțiunilor utilizate pentru electroeroziune și pentru numărul suplimentar de declanșări. De asemenea am calculat și am trasat curba de mentenanță precum și diagrama numărului echivalent de comutații pentru IO-110 kV/1600 A.
- prin metoda estimării uzurii uleiului electroizolant.

Am analizat modul de diagnosticare pentru MOP.

Fiecare dintre metodele de diagnosticare pentru IO-110 kV se poate aplica pentru monitorizarea lui, prin stabilirea unor algoritmi cât mai preciși pentru a avea o interpretare cât mai fidelă a fenomenului fizic în vederea stabilirii cât mai exacte a stării echipamentului. Acești algoritmi vor fi tratați în capitolul următor al lucrării.

Capitolul 6. ALGORITMI ȘI PROGRAME PENTRU MONITORIZAREA IO – 110 kV ȘI MOP – 1

6.1. Algoritm și programe pentru monitorizarea MOP-1

6.1.1. Algoritm

Analiza și prelucrarea datelor obținute din proces va trebui realizată de sistemul de calcul de care dispune sistemul de supraveghere pe baza unui program. Complexitatea acestui program depinde direct de complexitatea ansamblului urmărit, deci pentru prima fază a supravegherii mecanismului oleopneumatic, nu se vor ridica probleme deosebite din acest punct de vedere. În momentul extinderii sistemului de supraveghere, va trebui avută în vedere în special partea soft a sistemului, prin necesitatea definirii sistemului expert, partea hard rămânând practic nemodificată [45].

O ordinogramă posibilă pentru un sistem de supraveghere a MOP-ului este prezentată în figura 6.1. Se poate observa faptul că pe baza unor criterii stabilite la începutul procesului de supraveghere, se poate determina funcționarea corectă sau incorectă a mecanismului, parametrii caracteristici al acestui mecanism fiind memorați, putând fi folosiți în estimarea de ansamblu asupra funcționării MOP-ului pe durata unui interval de timp, ales de utilizator. De asemenea, se va putea evidenția situația în care MOP-ul nu funcționează ca urmare a unei revizii sau ca urmare a unor comenzi voite date de operatori.

Un astfel de sistem va trebui să utilizeze un algoritm de forma celui descris în continuare [45]:

- sesizarea depășirii duratei normale de funcționare a pompei MOP, apreciată la 4 minute;
- sesizarea depășirii numărului de porniri normale ale pompei MOP, apreciat la 9-10 porniri pe oră;
- contorizarea tuturor pornirilor pompei MOP;
- sesizarea depășirii unei durate de “nefuncționare normală” a pompei, apreciată la o oră;
- discriminarea cazurilor de “nefuncționare normală” a pompei și de nefuncționare datorată scoaterii din exploatare a MOP;
- memorarea numărului de porniri normale/anormale ale pompei, precum și durata fiecăreia;
- sesizarea depășirii curentului limită de funcționare în regim normal al motorului de acționare al pompei, apreciat la valoarea de 3,105A (curent limită în regim de durată);
- sesizarea întreruperii circuitului de alimentare al motorului.

Pentru realizarea monitorizării dispozitivului MOP-1, se implementează un soft care trebuie să se parcurgă mai multe etape, după cum urmează:

- testarea condițiilor echipamentului;
- achiziționarea datelor din proces (date numerice și analogice);
- memorarea datelor culese;
- transmiterea de semnale către operator;
- analiza și prelucrarea datelor;
- transmiterea prelucrărilor nivelului superior.

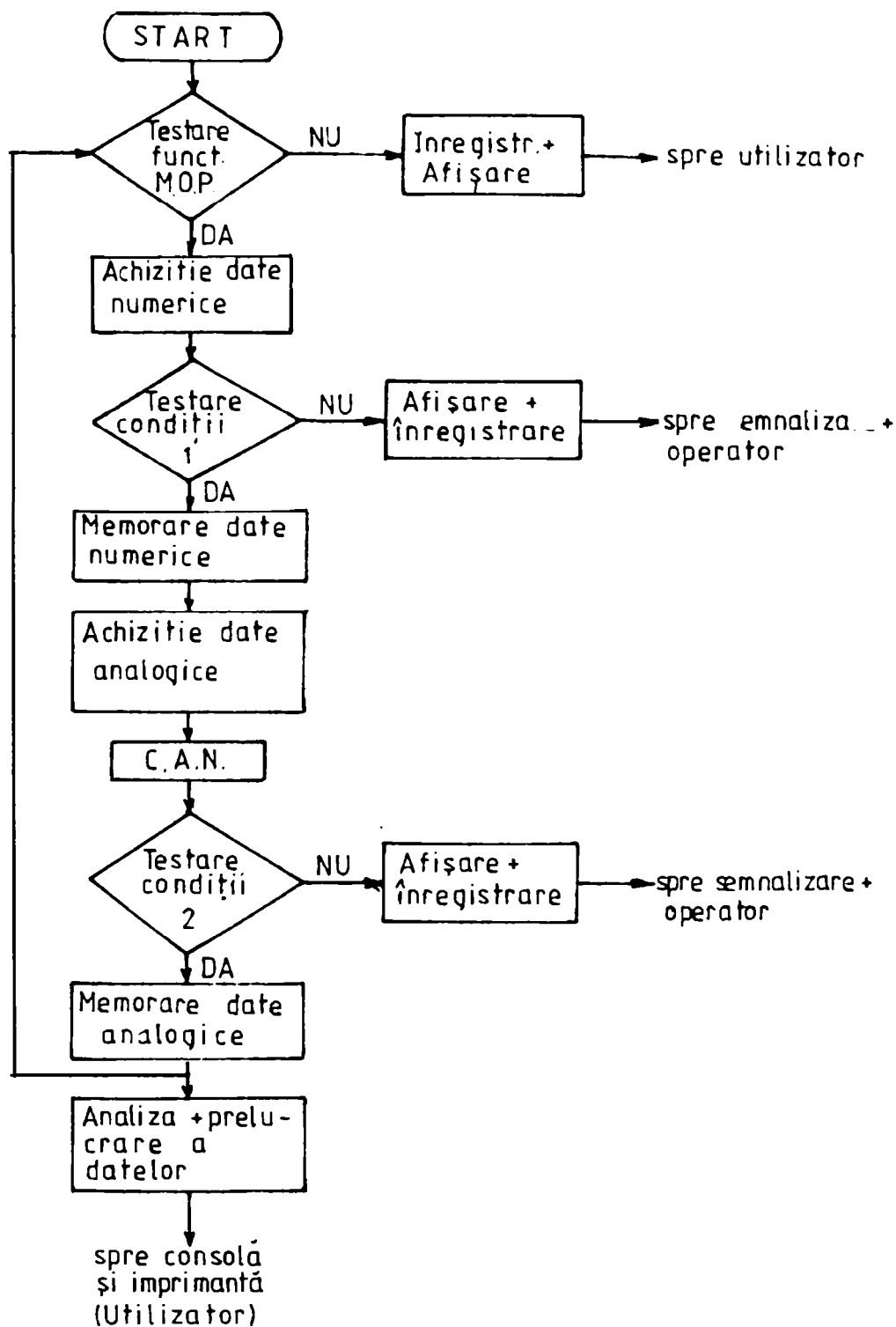


Fig. 6.1. Organigramă pentru monitorizarea MOP-1

6.1.2. Programe specifice

Am analizat pentru implementarea algoritmului două sisteme de monitorizare și anume:

- Sistemul bazat pe automate programabile, prezentat în subcapitolul 4.2, paragraful 4.2.7, figura 4.11.;
- sistemul bazat pe microcalculatorul modular industrial MIND, prezentat în subcapitolul 4.2, paragraful 4.2.5, figura 4.7.

Sistemul de la punctul a) este o concepție originală a autorului și pentru acest sistem am implementat algoritmul descris în paragraful 6.1.2.1.

6.1.2.1. Program implementat pe automat programabil

În tabelul 6.1. am sintetizat datele necesare prelucrării algoritmului în vederea monitorizării MOP-1.

Tabelul 6.1. Parametri și prelucrări pentru monitorizarea MOP-1

Ans. monitorizat	Parametrii monitorizați	Eveniment	Operația prelucrată
MOP	Număr de porniri/oră > 9-10	Pornire pompă	Însumare orară și alarmare la depășire, resertare ceas.
	Durata fct. pompă > 4min	Pornire/oprire pompă	Înregistrare timp, comparare și alarmare.
	Durata de nefuncționare pompă > 1h	Lipsă eveniment	Alarmare și resetare ceas.
	Porniri normale (comenzi de anclanșare, declanșare)	Comanda anclanșare	Nu se înregistrează ca pomiri de avarie ci doar ca număr total de pomiri
		Comanda declanșare	Doar pentru contorizare.
	Pornire manuală	Buton pornire	Nu numără pornirile timp de 2min, se înregistrează la nr. total.
	Curentul absorbit de motor	Pornire motor	Sesizează depășirea valorii curentului limită de durată .
	Presiunea azotului	Presiune maximă	Sesizează depășire limitei admise.
		Presiune minimă	Compară cu limita admisă și semnalizează defect MOP.
Integritate circuit motor	Supraveghere	Sesizează întreruperea circuitului de alimentare și semnalizează.	

La scrierea programului a fost utilizată aplicația SUCOSOFT care rulează pe calculatoare compatibile IBM-PC. Programele pentru MOP s-au scris atât în limbaj IL (listă instrucțiuni) cât și în limbaj LD (simboluri).

Programul "MOP" conține o secțiune de declarații în care se asignează variabile pentru intrările și ieșirile utilizate precum și variabile interne pentru mărimile monitorizate. Acestea din urmă le sunt alocate adrese de memorie speciale în care informația este reținută chiar și după dispariția tensiunii de alimentare.

Sinteza programului "MOP" este următoarea:

- verificare stare motor;
- anulare alarme;
- supraveghere motor și alarmare
- supraveghere presiuni și alarmare;
- contorizare porniri pompă MOP;
- suprimare contorizări la porniri manuale sau acționări ale IO;
- determinarea numărului de porniri/oră;
- comparare cu număr de porniri normat;
- alarmare la depășirea numărului de porniri normat;
- determinarea duratei de funcționare pompă;
- alarmare la depășirea duratei normate;
- determinarea duratei de nefuncționare pompă;
- alarmare la depășirea duratei normate de nefuncționare.

Program MOP

LimbajIL

```
1      PROGRAM mop
2      1      VAR_GLOBAL
3      2      Anulare al AT %IO.0.0.0.1 : BOOL ; (*Buton anulare alarme*)
4      3      Pornire pompa AT %IO.0.1.0.0 : BOOL ; (*Pompa pornita c. aux contactor*)
5      4      Oprire pompa AT %IO.0.1.0.1 : BOOL ; (*Pompa oprita c. aux contactor*)
6      5      Suprav mot AT %IO.0.1.0.2 : BOOL ; (*dispozitivul special de spraveghere*)
7      6      DeclansareIO AT %IO.0.1.0.3 : BOOL ; (*Impuls declansare IO*)
8      7      AnclansareIO AT %IO.0.1.0.4 : BOOL ; (*Impuls anclansare IO*)
9      8      Cda manuala AT %IO.0.1.0.5 : BOOL ; (*Comanda manuala pornire pompa*)
10     9      Pres max AT %IO.0.1.0.6 : BOOL ; (*Microcontact presostat pres. max.*)
11    10     Pres min AT %IO.0.1.0.7 : BOOL ; (*Microcontact presostat pres. min*)
12    11     SS mot AT %IO.0.1.0.8 : BOOL ; (*Suprasarcina motor pompa*)
13    12     qdep prag h AT %Q0.0.0.0.1 : BOOL := 0 ; (*alarma depasire nr max functionari pe ora*)
14    13     qdep prag n AT %Q0.0.0.0.2 : BOOL := 0 ; (*alarma depasire timp fct pompa*)
15    14     qdep prag nef AT %Q0.0.0.0.3 : BOOL := 0 ; (*alarma depasire timp nefcc. pompa*)
16    15     qsuprav AT %Q0.0.0.0.4 : BOOL := 0 ; (*alarma disp. supraveghere*)
17    16     qsuprasarc AT %Q0.0.0.0.5 : BOOL := 0 ; (*alarma suprasarcina motor*)
18    17     mot ok AT %mb0.0.0.0.0 : BOOL ; (*dispozitivul special de spraveghere*)
19    18     contor ok AT %mb0.0.0.0.1 : BOOL ; (*Se efectueaza contorizarea*)
20    19     imp contor AT %mb0.0.0.0.2 : BOOL ; (*impuls contorizare*)
21    20     ciclu h AT %mb0.0.0.0.3 : BOOL ; (*Ciclu orar*)
22    21     ora c AT %MBO.0.0.13 : USINT := 0 ; (*Ora curenta*)
23    22     min c AT %MBO.0.0.14 : USINT := 0 ; (*minutul curent*)
24    23     ora v AT %MBO.0.0.15 : USINT := 0 ; (*ora anterioara*)
25    24     min v AT %MBO.0.0.16 : USINT := 0 ; (*minutul anterior*)
26    25     dep prag h AT %MBO.0.0.1.0 : BOOL := 0 ; (*prag depasire nr max functionari pe ora*)
27    26     dep prag nef AT %MBO.0.0.1.2 : BOOL := 0 ; (*prag depasire timp nefcc. pompa*)
28    27     dep prag n AT %MBO.0.0.1.1 : BOOL := 0 ; (*dalarma depasire timp fct pompa*)
29    28     pompa_sta AT %MBO.0.0.1.3 : BOOL := 0 ; (*pompa nu functioneaza*)
30    29     END VAR
31    30     VAR_GLOBAL
32    31     GetTime : GetRealTimeClock ;
33    32     ContorOrar : CTU ;
34    33     T1 : TON ;
35    34     T2 : TON ;
36    35     END VAR
37    36     VAR_GLOBAL CONSTANT
38    37     Prag_n_fct AT %MBO.0.0.13 : USINT := 10 ; (*Numar maxim functionari pe ora*)
39    38     END VAR
40    39     VAR_GLOBAL RETAIN
41    40     Tnefct pom AT %MBO.0.0.12 : USINT := 0 ; (*Tfct pompa*)
42    41     Tfct pom AT %MBO.0.0.11 : USINT := 0 ; (*Tfct pompa*)
43    42     Porniri_h AT %MBO.0.0.10 : USINT := 0 ; (*NUMAR PORNIRI PE ORA*)
44    43     END VAR
45    44     VAR_GLOBAL
46    45     qpres_max AT %Q0.0.0.0.6 : BOOL := 0 ; (*alarma presiune maxima*)
47    46     qpres_min AT %Q0.0.0.0.7 : BOOL := 0 ; (*alarma presiune minima*)
48    47     END VAR
```

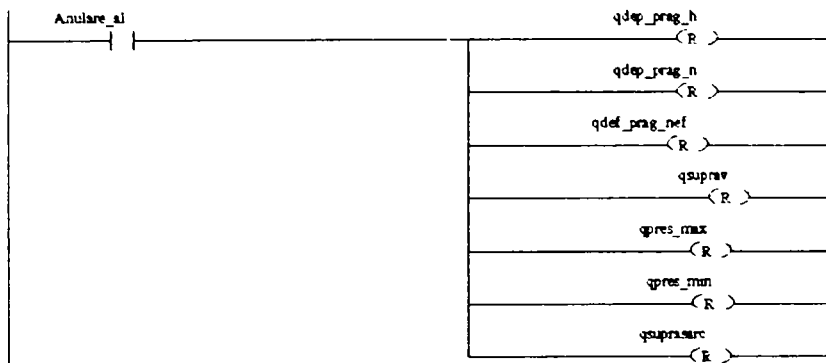
Limbaj LD

0001 COND_IN
SUPRAVEGHERE INTEGRITATE CIRCUITE



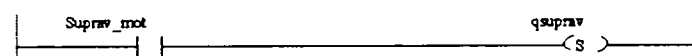
Supraveghere motor

0002



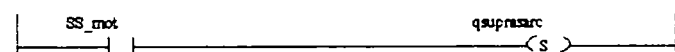
Secvența de anulare alarme

0003



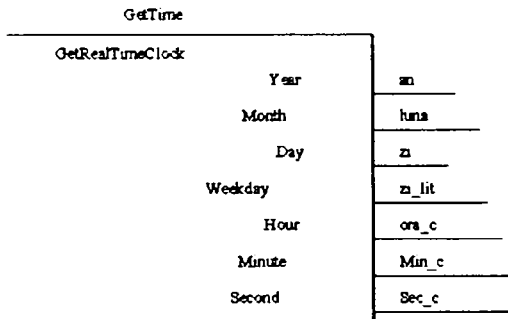
Alarmare la întrerupere circuit
alimentare motor și suprasarcină
motor.

0004



0005 Pompi_h

Nușarul de pompi pe ora



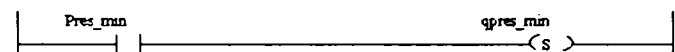
Bloc funcțional –Ceas de timp
real

0006

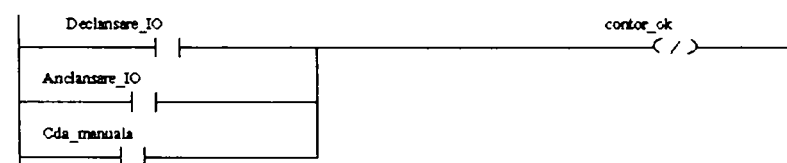


Supraveghere presiune maximă
și minimă

0007



0008

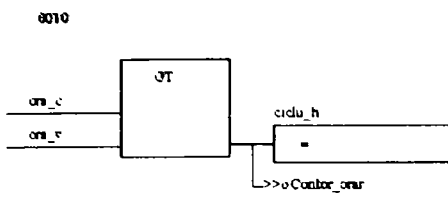


Suprimarea contorizării la
pornirea manuală a pompei sau
după acționări ale întreruptorului

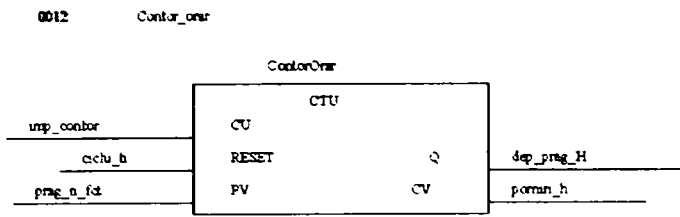
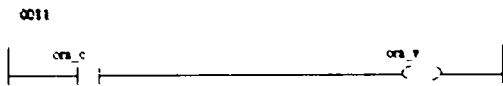
0009



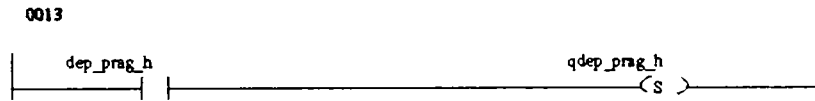
Contorizare porniri pompă MOP



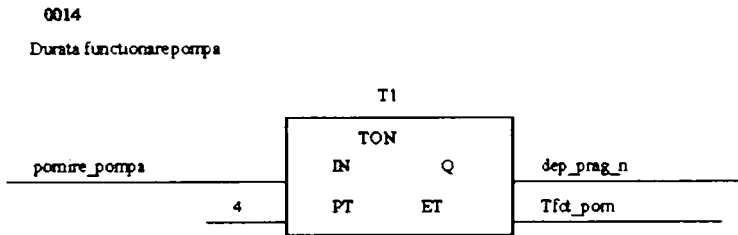
Determinarea numărului de porniri pe oră



Comparare cu numărul de porniri normal



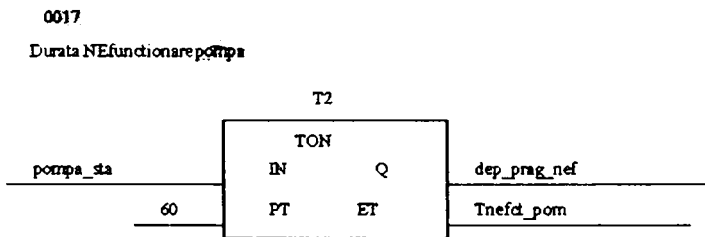
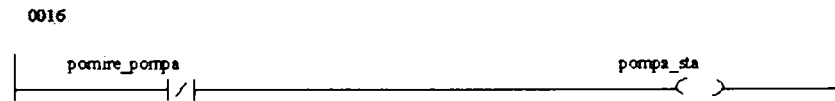
Alarmare la depășirea numărului de porniri normal



Determinarea duratei de funcționare a pompei



Alarmare la depășirea duratei normale de funcționare



Determinarea intervalului de pauză funcționare pompă



Alarmare la depășirea duratei normale de pauză

Se observă, din cele prezentate mai sus, că am realizat un program relativ facil de implementat, ușor de înțeles și care reușește să asigure monitorizarea completă a dispozitivului de acționare MOP-1. Avantajul mare al acestui program este că datorită elasticității lui poate oricând fi modificat, extins sau îmbunătățit.

Cu acest sistem, având programul implementat, se poate realiza monitorizarea on-line a unui dispozitiv de acționare MOP-1. Utilizând la fiecare MOP-1 al unei stații câte un modul SLAVE, ele se pot lega la un singur modul MASTER-PS4, întrucât marea majoritate a stațiilor de transformare au mai puțin de opt dispozitive, realizându-se astfel monitorizarea tuturor dispozitivelor MOP-1.

Datorită portabilității lor, programele scrise pentru un tip de PLC se pot utiliza pentru echipamentele mai multor fabricanți care sunt alinate la standardul IEC-1131-3.

6.1.2.1. Program implementat pe microcalculatorul industrial MIND

Pentru microsistemul prezentat în figura 4.1.1., subcapitolul 4.2, paragraful 4.2.7., structura software de proces aferentă aplicației este implementată în limbaj de asamblare, programul fiind înscris în memoria EPROM [66].

Programul este alcătuit din:

- un program de inițializare sistem și protecție (P1);
- un program principal (P2) având mai multe taskuri (T);

P1 se execută după fiecare RESET și, în principal, stabilește stiva de lucru, programează circuitele funcție de necesitățile impuse de celelalte programe și subprograme, inițializează zonele de memorie utilizate, aduce UC în modul de programare a întreruperilor.

P2 este un ciclu infinit în care se apelează un număr de mai multe subprograme (taskuri) care sunt descrise mai jos:

- T1-măsoară timpul real și îl afișează;
- T2-ține evidența stării MOP (număr de porniri, durata, din oră în oră, pe o perioadă de maxim 21 de zile);
- T3-semnalizează "erorile" care apar la MOP (dacă numărul de porniri este mai mare decât 10, dacă durata unei porniri este mai mare de 4 min, dacă, într-o oră pompa nu a pornit nici măcar o dată);
- T4-interoghează tastatura când utilizatorul vrea să programeze ceasul sau data ori să afișeze informațiile dorite;
- T5-realizează afișarea la consolă a meniurilor;
- T6-este un subprogram de comunicație în întreruperi ce realizează transmiterea la consolă a mesajelor ce trebuie afișate.

Acest program poate fi utilizat la monitorizarea MOP însă folosește un limbaj mașină dedicat pentru tipul de calculator utilizat, deci este greu de utilizat.

6.2. Algoritm și program pentru determinarea on-line a curbei de uzură a IO-110 kV.

6.2.1. Algoritm

Pentru a putea evalua cât mai corect gradul de uzură al întreruptorului IO-110 kV, se folosește următorul principiu [44]:

- se înregistrează curenții la care întreruptorul acționează;
- pentru a lua în considerare efectul diferitelor valori ale curentului de rupere, fiecare acționare este transpusă pe caracteristica logaritmică de monitorizare a întreruptorului, având ca efect modificarea acesteia;
- curba proprie a întreruptorului este comparată cu curba de referință, dând indicație asupra gradului de uzură a întreruptorului.

Curba de referință este construită după informațiile livrate de fabricantul întreruptorului. Se bazează pe perechi de valori (Curent acționare/Număr de operații) garantate de fabricant.

În figura 6.2. este exemplificată curba de referință a unui întreruptor IO-110 kV, după datele de catalog. Ea reprezintă numărul admis de deconectări funcție de curentul de rupere.

Pentru curenți mai mari de 20 kA se consideră că întreruptorul depășește uzura de 100%.

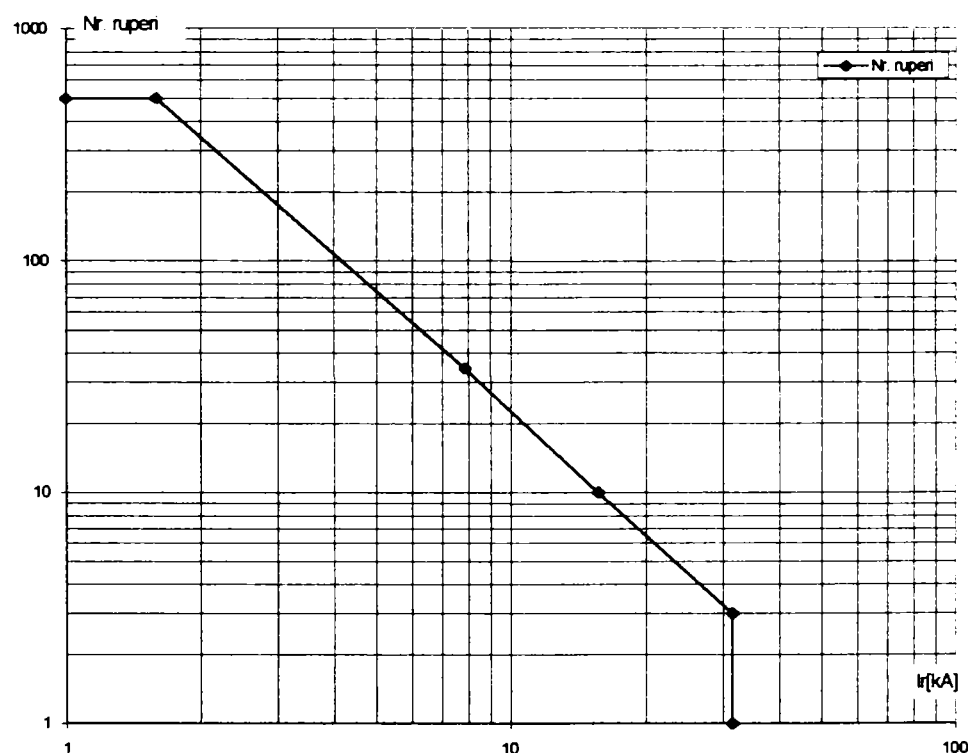


Fig. 6.2. Caracteristica de referință a întreruptorului IO-110 kV

Vom descrie principiul metodei prin exemplificare, conform figurii 6.3.

Să presupunem că întreruptorul monitorizat are un grad de uzură inițial zero. Acest lucru îl putem imagina ca și când curba de uzură (cu alură identică celei de referință) se găsește sub axa Ox, corespunzătoare curentului întrerupt, în figura 6.3.

1. Pentru simplificare, să presupunem că din acest moment va acționa de 200 de ori la un curent de 7 kA. Curba de uzură va avea o translație pe Oy, corespunzătoare numărului de operații, (figura 6.3. punctul A), până când punctul (7 kA, 200 Operații) va fi cuprins în curba de uzură. În acest moment, curba va corespunde unei uzuri de 10%. Acest 10% rezultă din compararea numărului de operații la curenți mai mici de 1,2 kA de pe curba de uzură (1000) cu numărul de operații la același curent de pe curba de referință (10000).

2. În continuare, întreruptorul va efectua 290 operații la curenți de 2,5 kA. Curba de uzură (figura 6.3. punctul B) se va muta din nou pe axa Oy până când punctul corespunzător curentului de 2,5 kA de pe curba anterioară va "adăuga" 290 operații. Curba va corespunde unei uzuri de 25% (2500/10000).
3. Întreruptorul efectuează 11 operații la 12 kA. Punctul corespunzător $I=12$ kA de pe curba de uzură va efectua o translație pe Oy corespunzătoare 11 operații, rezultând curba de uzură din figura 6.3. punctul C. (uzură $5000/10000 = 50\%$);
4. Similar se efectuează 3000 de operații la 1,5 kA, rezultând o uzură de 100%.

În exemplificarea de mai sus s-au considerat mai multe acționări succesive pentru aceeași valoare a curentului. (200 acționări la 7 kA, 290 acționări la 2,5 kA, 11 acționări la 12 kA respectiv 3000 acționări la 1,5 kA). În cazul real, la fiecare acționare a întreruptorului se efectuează operațiile descrise, actualizând curba de uzură.

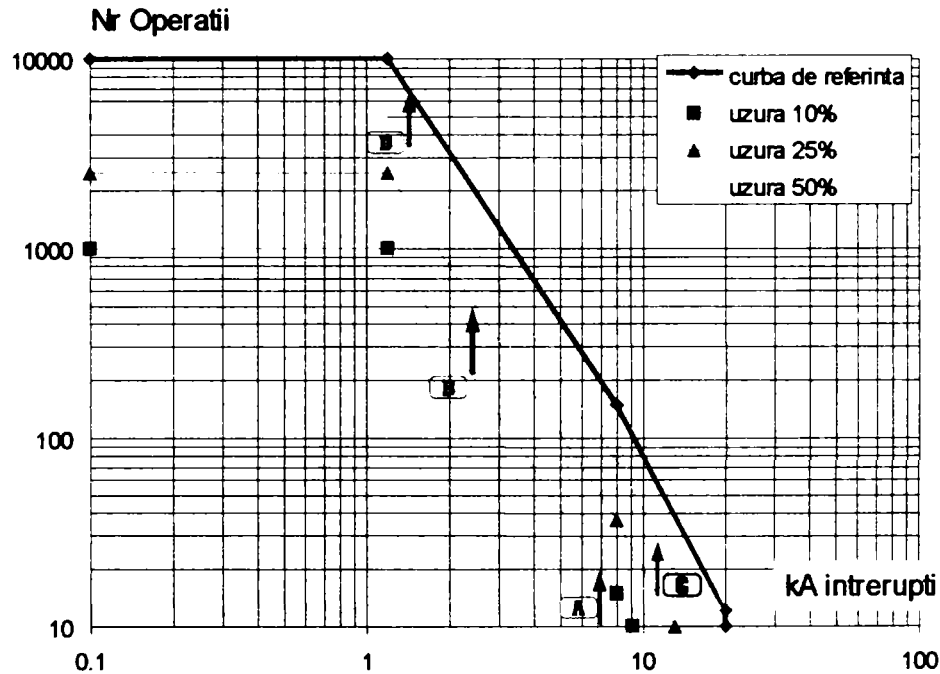


Fig. 6.3. Curbele de monitorizare întreruptor

6.2.2. Programe

Organigrama din figura 6.4. prezintă succesiunea pașilor necesari calculului uzurii întreruptorului.

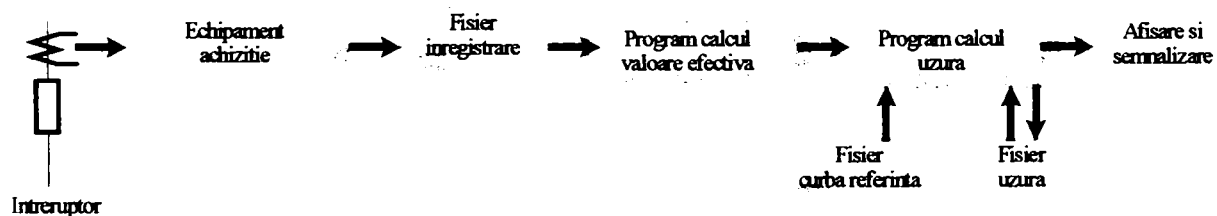


Fig. 6.4. Succesiunea operațiilor pentru calculul uzurii întreruptorului

Ca urmare a unei declanșări efectuate de întreruptor, echipamentul de achiziție înregistrează oscilograma curenților prin întreruptor (alături de alte informații precum tensiunile pe linia în cauză, starea diferitelor semnalizări aferente celulei etc.) conform figurii 6.5.

Valorile instantanee ale curentului prin întreruptor conținute în înregistrare sunt utilizate pentru calculul valorii efective a curentului, valoare preluată apoi de programul de calcul a uzurii. Acesta din urmă are nevoie de curba de referință și de uzura actuală a întreruptorului pentru a efectua calculele. După ce uzura întreruptorului a fost actualizată, rezultatele sunt afișate alături de eventuala semnalizare a depășirii uzurii admise. Programele de calcul au fost scrise pentru sistemul prezentat în capitolul 4, subcapitolul 4.2, paragraful 4.2.6.

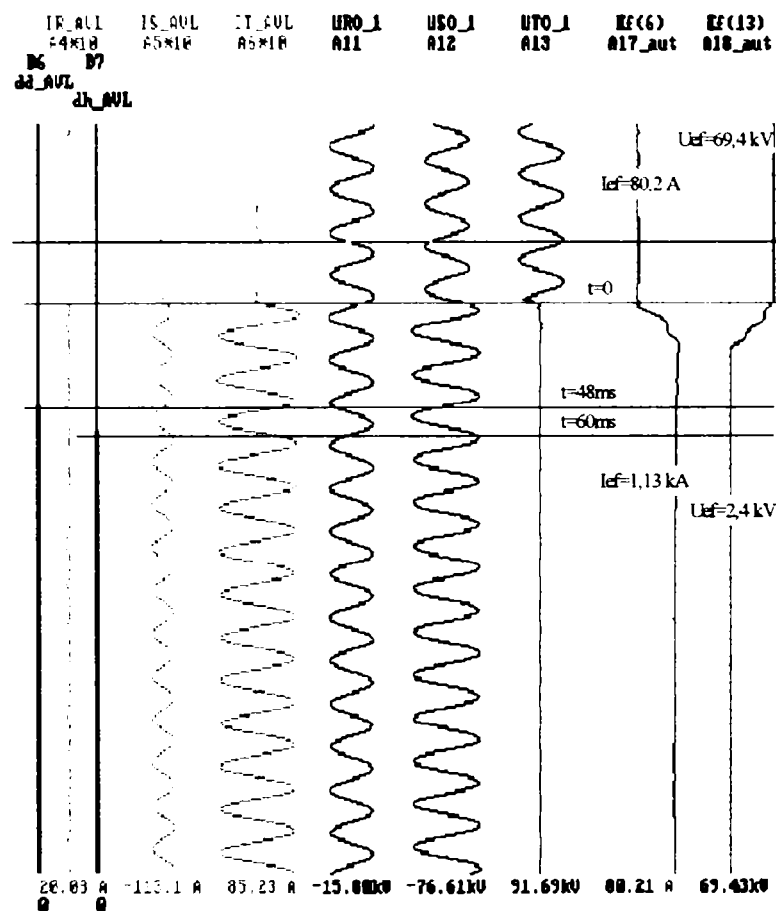


Fig. 6.5. Oscilograma scurtcircuitului monofazat pe LEA 110 kV

a) Programul de calcul a valorii efective a curentului de rupere ("I_EF.PAS")

Are rolul de a calcula valoarea efectivă a curentului de rupere al întreruptorului pornind de la înregistrarea valorilor instantanee ale curentului prin întreruptor.

Valoarea efectivă este determinată aplicând metoda calculului în cuadratură (Fourier) pentru 40 eșantionări corespunzătoare următoarelor două perioade după apariția impulsului de declanșare. Eșantionările sunt prelevate la intervale de câte 1 ms.

Sintaxa de apelare a programului:

I_EF <fișier_date> faza constanta

în care:

fișier_date: denumirea fișierului care conține valorile instantanee ale curenților înregistrate cu prilejul declanșării întreruptorului;

faza: 1 = faza R, 2 = faza S, 3 = faza T.

constanta: constanta reductorului de curent al celulei.

Datele de intrare ale programului sunt:

- denumirea fișierului cu eșantionările de curent;
- faza (R,S,T) pe care se găsește întreruptorul la care se face monitorizarea;
- constanta reductorului de curent.

Date de ieșire:

- valoarea efectivă a curentului de rupere.

Fișierul cu valorile instantanee ale curentului provine de la o înregistrare tip osciloperturbograf și conține următoarele informații:

- timpul (în ms) de la începutul înregistrării;
- impulsul de declanșare (1 = apariție impuls);
- valorile instantanee ale tensiunilor fază/nul și a tensiunii homopolare în mărimi secundare;
- valorile instantanee ale curenților pe cele trei faze și a curentului homopolar în mărimi secundare.

Metoda Fourier sau metoda calculului în cuadratură

Metoda se bazează pe transformata Fourier discretă care permite calculul componentelor reale și imaginare ale fazorului complex la un moment (i) corespunzător numărului valorii eșantionate, dintr-un număr de N eșantioane: $\underline{Y}(i) = \text{Re}\{\underline{Y}(i)\} + j \text{Im}\{\underline{Y}(i)\}$ după cum urmează:

$$\text{Re}\{\underline{Y}(i)\} = \frac{2}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} \left[y(i-k) \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot 1\right) \right] = Y_{re}(i) \quad (6.1)$$

$$\text{Im}\{\underline{Y}(i)\} = \frac{2}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} \left[y(i-k) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot 1\right) \right] = Y_{im}(i) \quad (6.2)$$

$$Y_{ef}(i) = \sqrt{\frac{1}{2} [Y_{re}^2(i) + Y_{im}^2(i)]} \quad (6.3)$$

Formulele (6.1) și (6.2) s-au scris pentru fundamentala semnalului analogic.

Avantajele metodei:

- filtrează armonicile din curba semnalelor analogice;
- precizie remarcabilă, eroarea relativă $< 2\%$;
- permite tratarea unitară a calculului valorii efective a fundamentalei și a armonicilor de ordin superior necesare funcțiilor de protecție;
- permite calculul comod al componentelor directe, inverse și homopolare necesare algoritmilor de protecție;
- permite calculul comod al puterii active, reactive, aparente și a factorului de putere necesare funcțiilor de măsură;
- are un timp de răspuns foarte bun.

Descrierea programului

Programul efectuează următorii pași principali:

- Citește datele din fișierul cu valori instantanee și le depune în memorie (procedura citește_date). Fișierul de date este parcurs până la momentul corespunzător apariției impulsului de declanșare. Din acest punct sunt memorate următoarele 40 de valori instantanee ale curentului pe faza specificată la apelarea programului;

- Calculează valoarea efectivă a curentului de rupere (procedura `valoare_efectivă`). Este aplicată metoda calculului în cuadratură pentru calculul valorii efective a curentului (secundar) după care rezultatul se multiplică cu constanta reductorului de curent - specificată la apelarea programului.

- Afișează rezultatul.

b) Programul de calcul al uzurii întreruptorului IO-110 kV ("BREAKER4.PAS")

Acest program are rolul de a actualiza curba de uzură a întreruptorului în conformitate ultimele operații efectuate. Curba de uzură este comparată cu curba de referință a întreruptorului.

Sintaxa de apelare a programului:

BREAKER4 <fișier_referință> <fișier_uzură> nr_operatii curent rupere

în care:

fișier_referință	numele fișierului care conține curba de referință a întreruptorului;
fișier_uzură	numele fișierului în care se păstrează curba de uzură a întreruptorului;
nr_operatii	numărul de operații pe care le-a efectuat întreruptorul;
curent_rupere	curentul întrerupt în nr_operatii.

Date de intrare:

Curba de referință este memorată în fișierul corespunzător prin perechile caracteristice (curent rupere, număr de operații) și este specificată de fabricantul întreruptorului. Programul acceptă curbe de referință specificate prin trei perechi de puncte, caz acoperitor pentru majoritatea tipurilor de întreruptoare.

Curba de uzură este memorată în mod similar, prin perechile de puncte (curent rupere, număr de operații) reflectând astfel uzura la care a ajuns întreruptorul.

În regim on-line, programul trebuie să actualizeze curba de uzură la fiecare acționare a întreruptorului. S-a considerat util ca programul să accepte calculul uzurii corespunzător mai multor operații succesive (nr_operatii) la același curent (curent_rupere).

Date de ieșire:

Curba de uzură este actualizată conform ultimelor operații efectuate de întreruptor.

Descrierea programului

Principalii pași ai programului sunt:

- Citește curba de referință;
- Citește curba de uzură;
- Calculează uzura întreruptorului adăugând efectul ultimelor operații;
- Actualizează curba de uzură;
- Afișează sub forma grafică cele două curbe (referință și uzură).

Calculul uzurii este efectuat de procedura uzură a cărei schemă logică este prezentată în figura 6.6. și are la bază o metodă grafo-analitică de aproximare a gradului de uzură a întreruptorului. Programul este scris în limbaj TURBO-PASCAL 6.0.

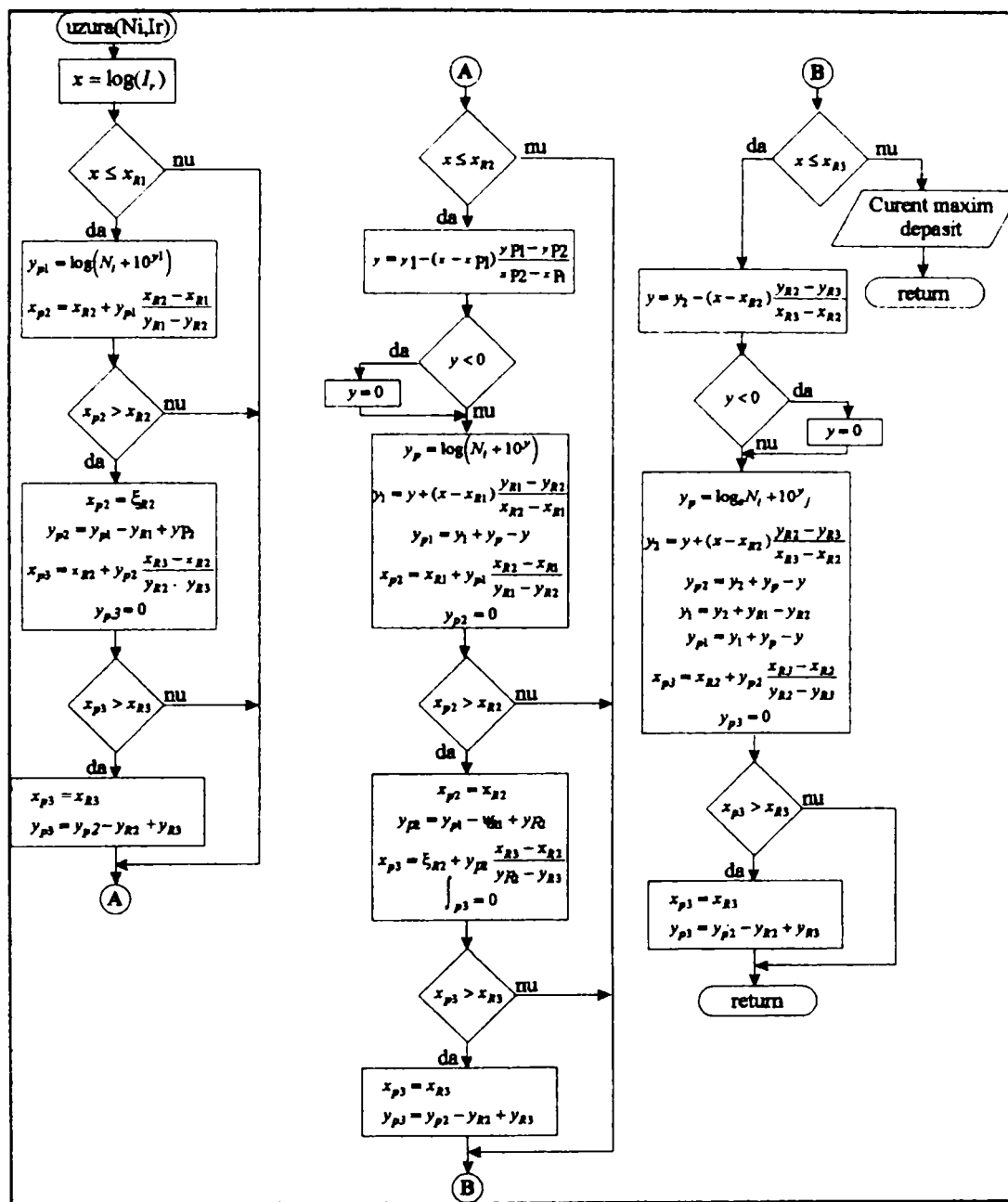


Fig 6.6. Schema logică a programului pentru calculul uzurii

6.2.3. Măsurători experimentale

La măsurătorile realizate în stația de transformare 110/20 kV MEDIAȘ pe întreruptorul IO-110 kV al LEA 110 kV Aurel Vlaicu, s-a utilizat o schemă de achiziție a datelor utilizând o interfață tip ACE-28S-DSP și un perturbograf digital tip CDR. Parametrii achiziționați din proces în vederea stabilirii gradului de uzură a întreruptorului IO – 110 kV sunt:

- curentul de rupere;
- tensiunea liniei;
- timpul la care are loc declanșarea IO-110 kV.

Achiziția datelor se realizează prin intermediul interfeței inteligente ACE-28S-DSP și a perturbografului digital CDR. Vizualizarea datelor preluate se poate face local prin intermediul unui calculator tip LAPTOP sau la distanță cu ajutorul cuplorului de comunicație și a unui calculator PC compatibil IBM.

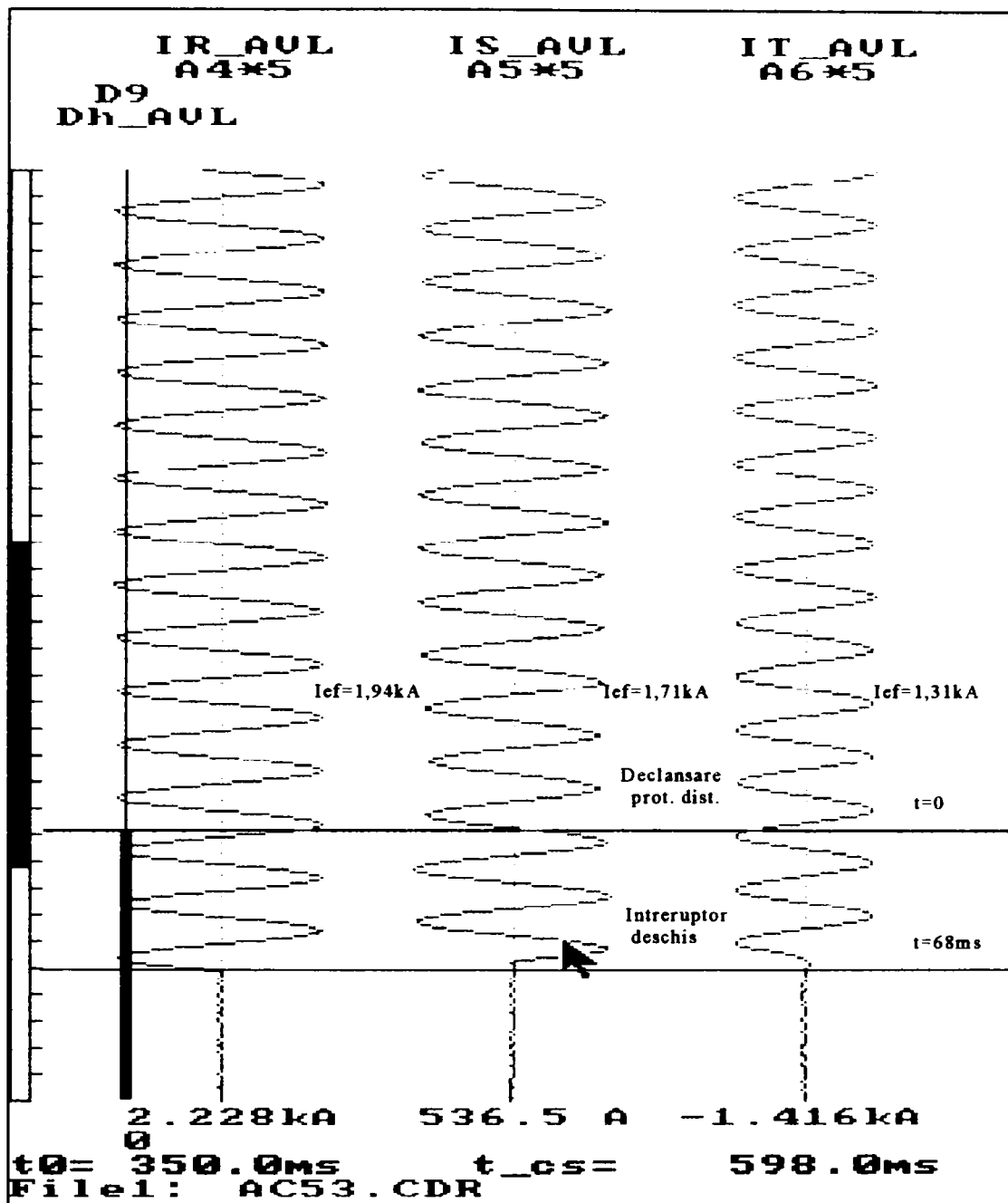


Fig. 6.7. Oscilograma curenților de scurtcircuit pe LEA 110 kV Aurel Vlaicu

Oscilograma curenților de scurtcircuit pe LEA 110 kV Aurel Vlaicu este reprezentată în figura 6.7. cu indicarea:

- variației curenților pe fiecare fază;
- momentului emiterii impulsului de declanșare prin protecția de distanță, marcat prin $t=0$ ms;
- momentului deschiderii efective a întreruptorului, marcat prin $t=68$ ms;

Timpul de deschidere al întreruptorului este mai mare decât cel dat în caracteristicile tehnice de $35\div 45$ ms, însă valoarea de 68 ms se compune din timpul de deschidere al întreruptorului cât și din timpul propriu al protecției.

Rezultatul preluării informațiilor achiziționate prin rularea programului BREAKER este redat în figura 6.8, cu indicarea procentuală a uzurii întreruptorului.

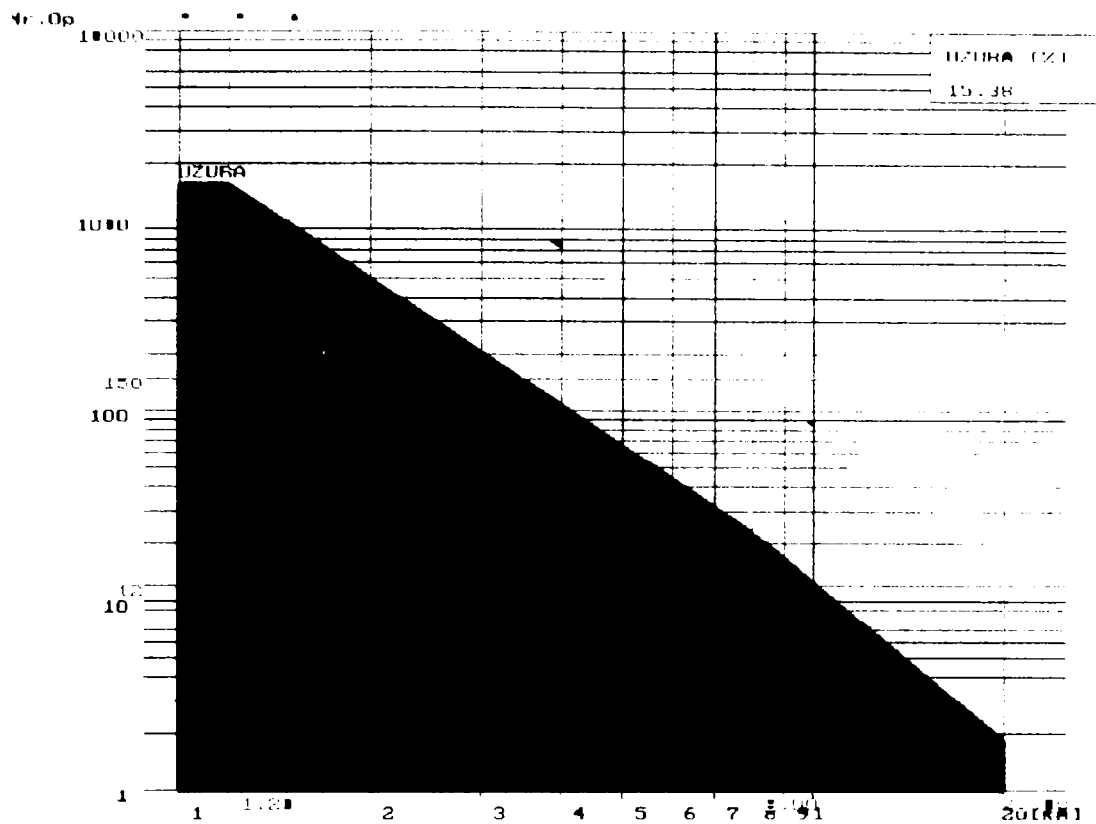


Fig. 6.8. Rezultatul rulării programului de calcul uzură întreruptor

Având memorate în calculator curba de referință și curba de uzură până la un moment dat, pe baza perechilor de puncte, curent de rupere și număr de operații, s-a adăugat efectul ultimei operații și s-a calculat curba de uzură, rezultând o valoare de 15,38 %.

Metoda este destul de precisă însă impune pentru prelucrare echipamente deosebit de complexe și destul de costisitoare.

6.3. Algoritm și program pentru aprecierea electroeroziunii contactelor

6.3.1. Algoritm

Electroeroziunea contactelor poate fi apreciată cu ajutorul relației 5.16 (capitolul 5, paragraful 5.1.6) adică:

$$m = a \cdot I^b \cdot t_a$$

dar timpul de existență al arcului electric este dificil de măsurat în exploatare și, din acest motiv, pentru urmărirea electroeroziunii contactelor întreruptoarelor se recomandă utilizarea relației:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I_i \leq K \quad (6.4)[64]$$

unde: I_i - este valoarea efectivă a curentului întrerupt la deconectarea i ;
 α_i - constantă ce depinde de valoarea efectivă a curentului întrerupt;
 K [kA] - constantă a cărei valoare este specifică fiecărui tip de întreruptor și la a cărei atingere este indicată schimbarea contactelor.

Pentru IO – 110 kV, conform informațiilor furnizate de proiectantul și fabricantul întreruptorului (ICMET și ELECTROPUTERE Craiova), pe baza probelor de tip efectuate asupra întreruptorului (buletin de încercare nr. 6163), s-a ajuns la concluzia că schimbarea contactelor trebuie neapărat efectuată după șase întreruperi la curentul de rupere maxim, adică:

$K = 189 \text{ kA}$.

Valoarea coeficientului α_i din relația (6.4) este dependentă de valoarea curentului deconectat conform relației:

$$\ln \alpha_i = c_1 \cdot \ln I_i + c_2 \quad (6.5)$$

unde c_1, c_2 sunt constante dependente de tipul de întreruptor.

Din diagrama de mentenanță, figura 5.8., se observă că întreruptorul IO – 110 kV/1600 A. este capabil să realizeze cinci comutații la valoarea curentului nominal de rupere a întreruptorului (egală cu 31,5 kA). Pentru valori mai mici ale curentului întrerupt numărul de comutații crește, de exemplu la $\frac{I}{I_R} = 0,5$ (I , valoarea curentului întrerupt; I_R , valoarea curentului nominal de rupere al întreruptorului) numărul de comutații este 14.

Conform diagramei de mentenanță și a relațiilor (6.4), (6.5) a fost conceput un program implementat pe PLC capabil să urmărească electroeroziunea contactelor întreruptoarelor.

6.3.2. Program

Metode de calcul a valorii efective a curentului întrerupt

a) Metoda valorii medii

Fie un semnal sinusoidal eșantionat în N puncte pe perioadă și având valoarea eșantionată $y(k)$. Valoarea medie pe o perioadă, la momentul (i) se obține în baza valorilor anterioare până la momentul ($i - N + 1$), ținând seama de relația existentă, pentru un semnal sinusoidal, între valoarea efectivă și cea medie definită de factorul de formă k_f :

$$k_f = \frac{Y_{ef}}{Y_{med}} = 1,11 \Rightarrow Y_{ef} = k_f \cdot Y_{med} = 1,11 \cdot Y_{med} \quad (6.6)$$

rezultă că valoare efectivă poate fi calculată prin această metodă la fiecare moment (i) cu relația:

$$Y_{ef}^{(i)} = \frac{1,11}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} |y(i-k)| \quad (6.7.)$$

Pentru un exemplu, unde $N=20$ puncte pe perioadă, se obține:

$$Y_{ef}^{(i)} = 0,0555 \cdot \sum_{k=0}^{19} |y(i-k)| \quad (6.8)$$

Un volum de calcule mai redus se obține scriind relația (6.8) sub formă recursivă, cum rezultă din următoarea relație:

$$Y_{ef}^{(i+1)} = Y_{ef}^{(i)} + 0,0555 \cdot [|y(i+1)| - |y(i-19)|] \quad (6.9)$$

Considerații asupra metodei:

- simplitatea deosebită;
- volum redus de calcule și ca urmare fără probleme din punct de vedere al vitezei de execuție;
- introduce o eroare de principiu pentru semnale nesinusoidale;
- chiar și pentru un semnal sinusoidal și o mediere de 10 – 15 valori succesive eroarea relativă a metodei este de (5...7)%;

b) *Metoda valorii efective directe*

Metoda se bazează pe formula de definiție a valorii efective a unei mărimi periodice:

$$Y_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt} \quad (6.10)$$

care transpusă pentru semnale eșantionate, cu N eșantioane pe perioadă, devine:

$$Y_{ef}(i) = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} y^2(i-k)} \quad (6.11)$$

Concretizând pentru N = 20 eșantioane / perioadă:

$$Y_{ef}(i) = \sqrt{\frac{1}{20} \sum_{k=0}^{19} y^2(i-k)} \quad (6.12)$$

sau sub formă recursivă:

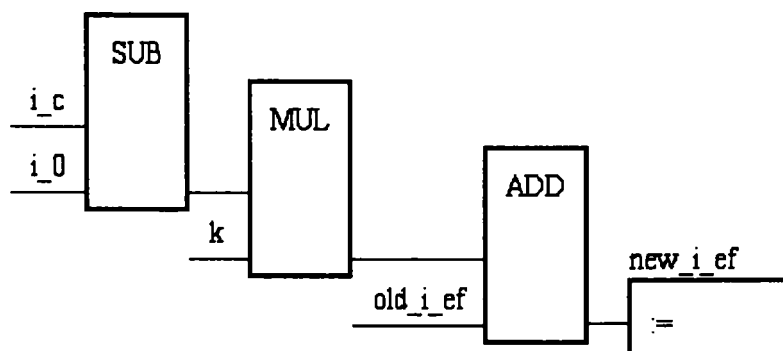
$$Y_{ef}^2(i+1) = Y_{ef}^2(i) + 0,05 \cdot [y^2(i+1) - y^2(i-19)] \quad (6.13)$$

Considerații asupra metodei:

- volum redus de calcule, în special pentru forma recursivă definită de relația (6.13);
- medierea pentru N puncte are efecte pozitive pentru corecția eventualelor erori de conversie;
- eroarea relativă a metodei se situează între 4 și 6%.

Pentru o programare mai facilă a PLC, deci pentru un program mai simplu, se utilizează metoda valorii medii cu formula recursivă (6.9). În acest sens se crează un bloc ce se introduce în program. Blocul va avea următoarea structură:

Calcul recurent pentru valoarea efectivă a curentului prin metoda valorii medii



Programul "Elercont"

Programul a fost scris pentru aplicarea algoritmului privind electroeroziunea contactelor la monitorizarea întreruptoarelor de înaltă tensiune. Pe baza diagramei de mentenanță (figura 5.8), cunoscând valorile coeficientului de deteriorare α_i pentru diferite valori ale curenților întrerupți (I_i) s-au calculat valorile K_i corespunzătoare. Aceste valori se regăsesc în tabelul 6.2.

Programul calculează valoarea efectivă a curentului întrerupt, conform metodei descrise mai sus. o compară cu valorile curenților din tabelul 6.2, determină coeficientul α_i și înmulțește cele două valori obținând astfel valoarea K_i pentru deconectarea respectivă. Această nouă valoare se adaugă la valoarea anterioară și suma lor se compară cu valoarea limită admisă. În cazul că suma astfel obținută depășește valoarea limită admisă, se transmite impuls de alarmare, urmând a se face revizia întreruptorului.

Tabelul 6.2. Valorile pentru α_i , I_i și K_i

I_i [kA]	α_i	K_i [kA]
1,6	0,093	0,15
2	0,097	0,19
4	0,16	0,64
6	0,24	1,4
8	0,32	2,6
10	0,4	4
12	0,46	5,5
14	0,53	7,4
16	0,6	9,6
18	0,7	12,6
20	0,79	15,8
22	0,85	18,7
24	0,95	22,8
26	1,02	26,5
28	1,09	30,5
30	1,12	33,6
31,5	1,2	37,8

Sintaxa programului este următoarea:

- start la impuls declanșare
- generare tact pt. eșantionări
- resetare contor
- calculul I_{ef}
- compararea I_{ef} măsurat cu valorile din tabel
- căutarea valorii corespunzătoare pentru α_i
- calculul produsului $\alpha_i \cdot I_i$
- adăugarea valorii noi la valoarea anterioară
- comparare cu limita admisă (K)
- alarmare în cazul depășirii electroeroziunii admise

Program Elercont Limbaj IL

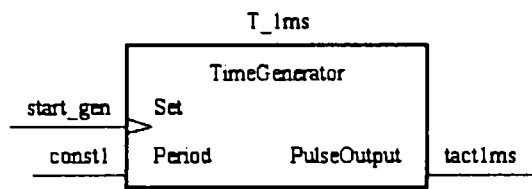
```
1          PROGRAM Elercont
2      1    VAR
3      2        T_1ms : TimeGenerator ;
4      3        Contor_20ms : CTU ;
5      4        Cautare : Deserialize ;
6      5        Comp_block : BlockCompare ;
7      6    END_VAR
8      7    VAR
9      8        DeclansareIO AT %I0.0.1.0.3 : BOOL ; (*Impuls declansare IO*)
10     9        dep_eler AT %Q0.0.0.0.1 : BOOL ; (*Alarma depasire prag admis electroeroziune*)
11    10        tact1ms AT %M0.0.0.0.2 : BOOL := 0 ; (* tact 1ms*)
12    11        tact20ms AT %M0.0.0.0.3 : BOOL := 0 ; (* tact 20ms*)
13    12        reset_cu AT %M0.0.0.0.4 : BOOL ; (* resetare contor 20ms*)
14    13        new_i_ef AT %MW0.0.0.3 : INT ; (* noua valoare recurenta pt. i efectiv*)
15    14        old_i_ef AT %MW0.0.0.4 : INT ; (*vechea valoare recurenta pt. i efectiv*)
16    15        i_0 AT %MW0.0.0.5 : INT ; (* valoarea i la t=0*)
17    16        i_c AT %IAW1.1.0.0 : INT ; (* valoarea i curenta*)
18    17        i_ef AT %MW0.0.0.6 : INT ; (* valoarecalculata pt. i efectiv*)
19    18        alpha_i AT %MB0.0.0.6 : SINT ; (*constanta de deteriorare*)
20    19        offset AT %MB0.0.0.5 : SINT ;
21    20    END_VAR
22    21    VAR CONSTANT
23    22        k AT %MB0.0.0.4 : SINT := 111 ; (*constanta de forma*)
24    23        const_0 AT %MB0.0.0.3 : SINT := 0 ; (*constanta 0*)
25    24        N AT %MB0.0.0.2 : SINT := 10 ; (* perioada 20ms*)
26    25        const1 AT %MB0.0.0.1 : SINT := 1 ; (*semiperioada tact 1ms*)
27    26        start_gen AT %M0.0.0.0.1 : BOOL := 1 ;
28    27        bool0 AT %M0.0.0.0.5 : BOOL := 0 ;
29    28        Ksum AT %MW0.0.0.9 : INT := 190 ; (*Suma limita a curentilor intrerupti*)
30    29        Alpha_i_max AT %MW0.0.0.8 : INT := 20 ; (*Prag alarma*)
31    30        TAB2 AT %MW0.0.0.10 : INT := 2000 ; (*START TABEL CURENTI*)
32    31            TAB4 AT %MW0.0.0.11 : INT := 4000 ;
33    32            TAB6 AT %MW0.0.0.12 : INT := 6000 ;
34    33            TAB8 AT %MW0.0.0.13 : INT := 8000 ;
35    34            TAB10 AT %MW0.0.0.14 : INT := 10000 ;
36    35            TAB12 AT %MW0.0.0.15 : INT := 12000 ;
37    36            TAB14 AT %MW0.0.0.16 : INT := 14000 ; (*END TABEL CURENTI*)
38    37            T2 AT %MW0.0.0.30 : INT := 1 ; (*START TABEL INTRERUPERI*)
39    38            T4 AT %MW0.0.0.31 : INT := 4 ;
40    39            T6 AT %MW0.0.0.32 : INT := 7 ;
41    40            T8 AT %MW0.0.0.33 : INT := 11 ;
42    41            T10 AT %MW0.0.0.34 : INT := 16 ;
43    42            T12 AT %MW0.0.0.35 : INT := 21 ;
44    43            T14 AT %MW0.0.0.36 : INT := 26 ; (*END TABEL INTRERUPERI*)
45    44    END_VAR
46    45    VAR RETAIN
47    46        ISum AT %MW0.0.0.0 : INT := 0 ; (*suma ponderata a curentilor intrerupti*)
48    47    END_VAR
```

Limbaj LD

□

0001

Generator de tact perioada 2 ms

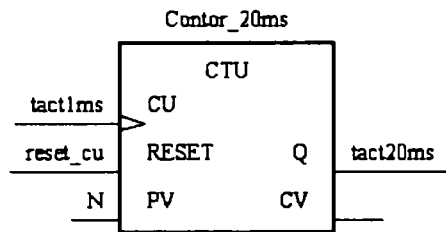


Generator de TACT cu durata 1ms

□

0002

Determinare perioada 20ms prin numarare 10 impulsuri de tact

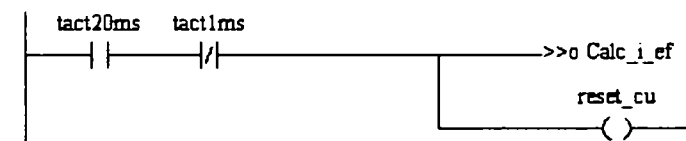


Numărător impulsuri Pentru determinarea unui ciclu de 20 ms

□

0003

Resetare contor

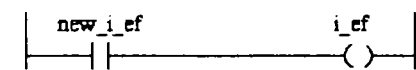


Salt în program la subrutina de calcul I_{ef}

Resetare contor

□

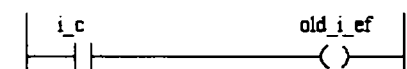
0004



Memorare valori intermediare I_{ef}

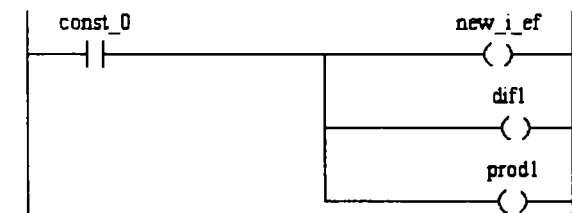
□

0005



□

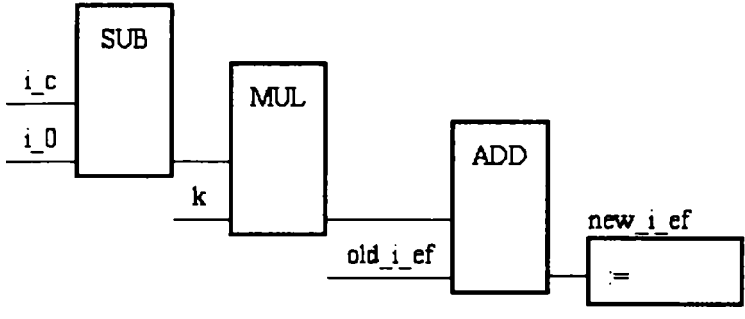
0006



□

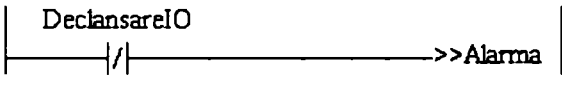
0007 Calc_i_ef

Calcul recurent pentru valoarea efectiva a curentului prin metoda valorii medii



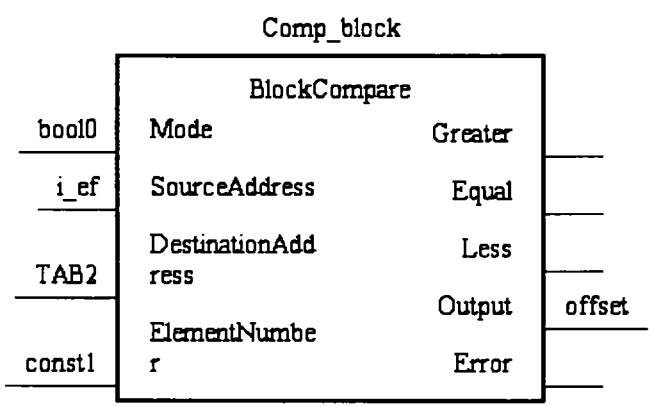
Bloc de calcul pentru determinarea valorii efective a curentului întrerupt prin metoda valorii medii

0008



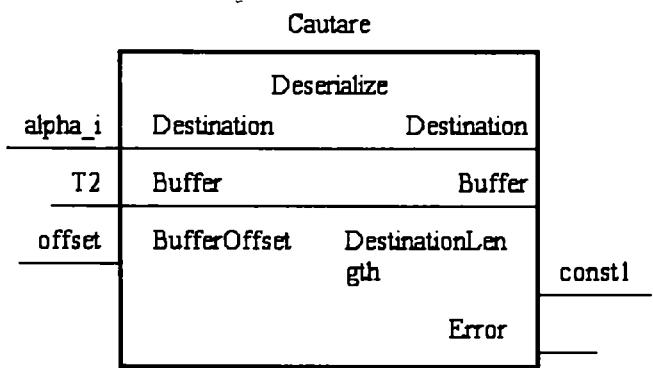
Calculul nu se efectuează decât după o declanșare a întreruptorului

0009



Încadrarea curentului calculat în seria de valori standard pentru corelațiile stabilite în tabelul 6.2.

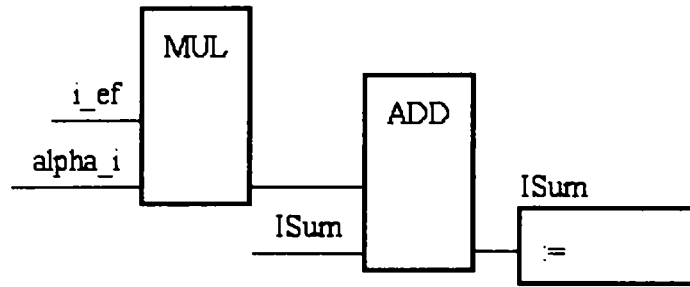
0010



Determinarea coeficientului α_i corespunzător valorii determinate anterior

□

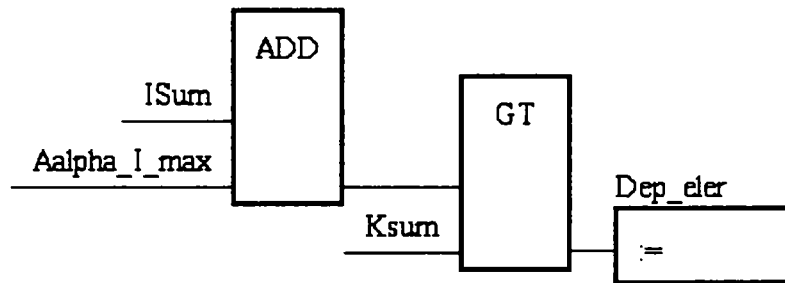
0011



Bloc de calcul pentru determinarea valorii curente pentru suma ponderată a curenților întrerupți

□

0012 Alarma



Alarmare în cazul depășirii limitei factorului K specific întreruptorului.
Nu mai există rezervă pentru o declanșare la curentul nominal de scurtcircuit.

□

6.4. Algoritm pentru estimarea uzurii uleiului electroizolant

Algoritmul de însumare a uzurii s-a elaborat pe logica prezentată în cap.5, subcap. 5.1, paragraful 5.1.7, astfel:

- întreruptorul funcționează în condiții normale de exploatare, efectuând N_1 ruperi ale unui curent cu valoarea I_1 ;
- la curentul I_1 , conform relațiilor din tabelul 5.8. capitolul 5, întreruptorul poate efectua $N_{1\text{ estimat}}$ ruperi;
- se calculează, cu ajutorul relației (5.26), variația rigidității dielectrice cu numărul de ruperi, pentru curentul I_1 – curba 1 din figura 6.7, (k se calculează cu relația 5.27.);
- se determină uzura uleiului punctul E_{dx1}/E_d din figura 6.7;

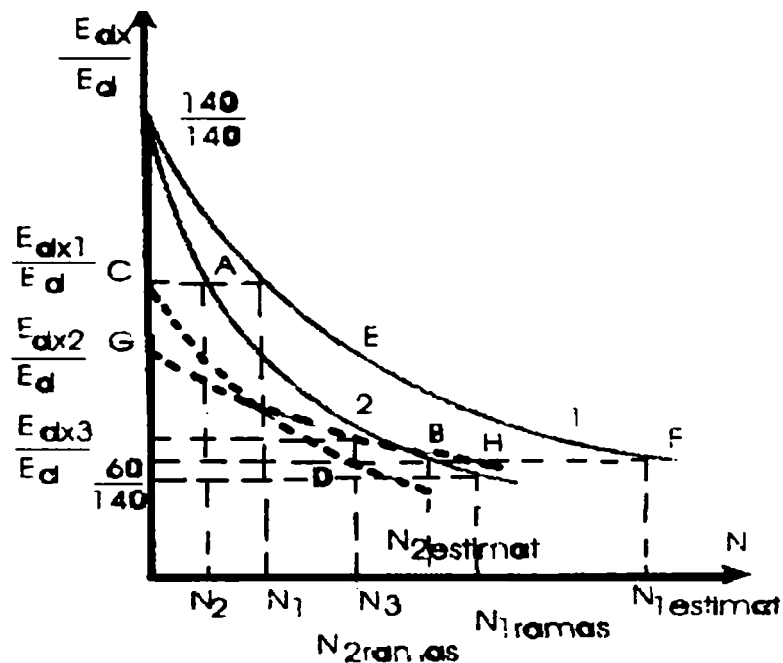


Fig 6.7. Curbe de calcul ale uzurii uleiului electroizolant.

- întreruptorul face N_2 ruperi la un curent I_2 în zona curenților de scurtcircuit, datorită producerii unei avarii;
- la curentul I_2 , conform relațiilor din tabelul 5.8, întreruptorul poate efectua $N_{2\text{ estimat}}$ ruperi;
- se calculează, cu ajutorul relației (5.26), variația rigidității dielectrice cu numărul de ruperi, pentru curentul I_2 – curba 2 din figura 6.7;
- se translatează porțiunea A-B a curbei 2, paralel cu ea însăși, până în punctul E_{dx1}/E_d , respectiv porțiunea C-D; în acest fel, față de numărul de ruperi $N_{2\text{ estimat}}$ pentru curentul I_2 , întreruptorul mai poate efectua numai $N_{2\text{ rămas}}$ ruperi datorită uzurii provocate de cele N_1 ruperi la curentul I_1 ;
- N_2 ruperi la curentul I_2 produc o uzură a uleiului care se poate determina prin construcție grafică (punctul E_{dx2}/E_d);
- întreruptorul funcționează în continuare la curentul I_1 ; se translatează porțiunea E-F a curbei 1, paralel cu ea însăși, în punctul E_{dx2}/E_d respectiv porțiunea G-H; în acest fel, față de numărul de ruperi $N_{1\text{ estimat}} - N_{1\text{ rămas}}$ disponibile pentru curentul I_1 , datorită celor N_2 ruperi la valoarea a curentului, numărul de ruperi rămas în realitate este $N_{1\text{ rămas}}$;

- întreruptorul efectuează un număr de N_2 ruperi la curentul I_1 ;
- uzura uleiului este caracterizată de valoarea E_{dx3}/ E_d determinată prin construcție grafică.

Pentru ușurința înțelegerii graficului, algoritmul este prezentat pentru un regim de funcționare format din:

- N_1 ruperi la valoarea a curentului I_1 , în zona curentului nominal al aparatului;
- o rupere la valoarea I_2 a curentului, în zona curentului de rupere la scurtcircuit al aparatului;
- N_3 ruperi la valoarea I_1 a curentului.

Algoritmul de însumare a efectelor uzurii (cel puțin uzura uleiului – care este elementul de referință datorită vitezei mari de degradare) este valabil pentru orice valoare a curentului rupt. În condițiile în care rigiditatea dielectrică inițială a uleiului nu este 140 kV/cm, se aplică un algoritm de corectare a numărului estimat de ruperi, care a fost determinat experimental și apoi și prin formulele din tabelul 5.8, pentru o valoare a rigidității dielectrice de 140 kV/cm.

Algoritmul de corecție, cu referire și la figura 6.8, se aplică astfel:

- pentru o valoare I_1 a curentului rupt, se trasează variația rigidității dielectrice cu numărul de ruperi cu ajutorul relației ($\frac{E_d}{E_{dx}} = e^{k \cdot Nx}$), în care factorul k se determină cu $N_{1estimat}$ corespunzător curentului I_1 și relațiilor din tabelul 5.8.;

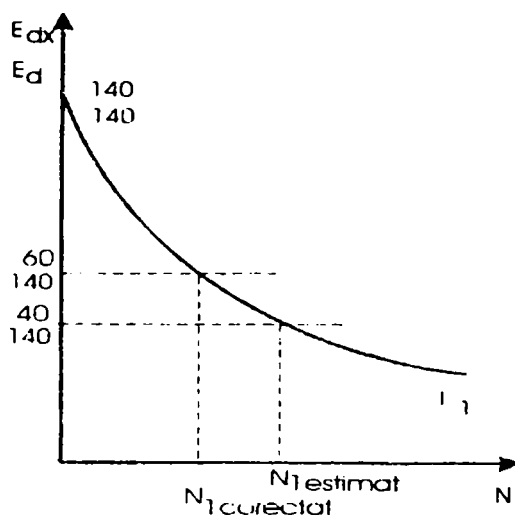


Fig. 6.8. Curba de corecție

- se trasează dreapta corespunzătoare rigidității dielectrice inițiale a uleiului electroizolant; în cazul reprezentat în figura 6.8 s-a considerat un ulei cu rigiditatea dielectrică inițială de 120 kV/cm;
- prin intersecția dreptei cu curba variației rigidității dielectrice se obține numărul de ruperi $N_{1corectat}$ pentru valoarea I_1 a curentului rupt.

Valoarea corectată $N_{1corectat}$ se utilizează în algoritmul de însumare a uzurilor în locul valorii $N_{1estimat}$, unde indicele i se referă la cele i valori ale curenților I_1 , pe care îi rupe întreruptorul în exploatare, între două revizii.

Pentru verificarea criteriului de însumare a uzurii, s-au efectuat probe [40] pe un întreruptor IO-12 kV/630 A revizuit, umplut cu ulei cu rigiditatea dielectrică de 140 kV/cm.

Calculând rigiditățile dielectrice și comparându-le cu valorile determinate experimental, se obțin rezultatele prezentate în tabelul 6.3.

Se remarcă:

- o concordanță perfectă între numărul de ruperi admis între două revizii – determinat experimental și determinat pe baza algoritmului de calcul;
- o concordanță satisfăcătoare între valorile intermediare ale rigidității dielectrice măsurate și calculate conform algoritmului.

Tabelul 6.3. Comparație între valorile rigidității și a numărului admis de ruperi

Nr ruperi	50	2	50	2	50	2	2	2	2	2
Curent rupt (A)	630	7000	630	7000	630	7000	7000	7000	7000	7000
$E_{dexp.}(kV/cm)$	110	90	80	65	60	55	50	48	46	44
$E_{dcalc.}(kV/cm)$	122	107	95	83	73	65	54	50	44	40

Consider că algoritmul se poate aplica și în cazul întreruptoarelor tip IO-110kV, bineînțeles cu aplicarea coeficienților specifici acestui tip de întreruptor. Aceasta se poate face prin preluarea on-line a curentului efectiv întrerupt și apoi prin prelucrarea lui pe baza algoritmului prezentat pe baza unui program de calcul. Valabilitatea acestei ipoteze poate fi confirmată în urma unor măsurători experimentale de laborator, similare cu cele făcute pentru întreruptorul de medie tensiune menționat. Pe baza rezultatelor ce se vor obține se va putea dezvolta un program cu o structură similară cu cel prezentat în subcapitolul 6.3, paragraful 6.3.2. Programul se va putea scrie cu aplicația SUCOSOFT și se va putea implementa pe automate programabile.

6.5. Algoritm și program pentru monitorizarea serviciului efectuat

6.5.1. Algoritm

În cele ce urmează se prezintă algoritmul pentru monitorizarea serviciului efectuat în cazul întreruptorului IO-110kV. Monitorizarea Serviciul Efectuat se realizează cu un sistem de achiziție de date (curenți întrerupți) alcătuit din traductoare tip LEM și un automat programabil PS-4.

În capitolul 5., subcapitolul 5.1., paragraful 5.1.5, s-a prezentat diagnosticarea întreruptorului IO-110 kV prin metoda serviciului efectuat, unde au fost definite și noțiunile de serviciu standard, serviciu echivalent și serviciu efectuat.

Serviciul standard de funcționare al unui întreruptor tip IO-110kV, serviciul echivalent și numărul echivalent de întreruperi, au fost prezentate în tabelele 5.4., 5.5. și 5.6

Acest sistem calculează serviciul total de avarie, adică curentul întrerupt ridicat la puterea 1,5 pentru fiecare fază. Această valoare, însumată cu serviciile de avarie anterioare, se scade în permanență din totalul tabelului 5.5. ($8357,7 \cdot 10^4$), programat la punerea în funcțiune. La cerere se poate afișa procentul rămas din Serviciul Întreruptorului, procent după care va fi necesară efectuarea unei revizii sau reparații.

În tabelul 6.4. se prezintă serviciul echivalent pentru o plajă de valori ale curentului cuprinse între curentul nominal și curentul de rupere, precum și numărul echivalent de întreruperi pentru fiecare valoare. Acest tabel cuprinde în plus față de tabelul 5.6. încă o rubrică pe care am denumit-o "Număr relativ de întreruperi". Prin noțiunea de număr relativ de întreruperi s-a definit câte întreruperi la un curent de 1,6 kA corespund unei întreruperi la un curent de o valoare superioară acestuia. Această noțiune a fost necesară a o defini pentru o scriere mai facilă a programului de aplicație.

Tabelul 6.4. Număr de întreruperi echivalent și relativ pentru IO-110 kV/1600 A

Curent[kA]	Serviciu echivalent/întrerupere	Nr. echivalent întreruperi	Nr. relativ întreruperi
1,6	$6,4 \cdot 10^4$	1305	1
2	$8,94 \cdot 10^4$	935	1
4	$25,3 \cdot 10^4$	330	4
6	$46,5 \cdot 10^4$	179	7
8	$71,55 \cdot 10^4$	116	11
10	$100 \cdot 10^4$	83	16
12	$131,45 \cdot 10^4$	63	21
14	$165,65 \cdot 10^4$	50	26
16	$202,38 \cdot 10^4$	41	32
18	$241,49 \cdot 10^4$	34	38
20	$282,84 \cdot 10^4$	29	44
22	$326,31 \cdot 10^4$	25	51
24	$371,8 \cdot 10^4$	22	58
26	$419,23 \cdot 10^4$	20	66
28	$468,52 \cdot 10^4$	17	73
30	$519,61 \cdot 10^4$	16	81
31,5	$559,06 \cdot 10^4$	15	87

Acest tabel va fi utilizat în cadrul programului ce va fi descris în continuare.

6.5.2. Program

Programul “Servef” a fost scris pentru aplicarea algoritmului privind serviciul efectuat la monitorizarea întreruptoarelor de înaltă tensiune. Pe baza valorii efective a curentului, calculată ca mai înainte și făcând o comparație a acestei valori cu valorile din tabelul 6.3. se determină numărul relativ de întreruperi pentru această valoare. Se determină numărul echivalent de întreruperi și apoi se calculează serviciul echivalent, valoare ce se memorează și apoi se compară cu serviciul echivalent total programat la punerea în funcție a întreruptorului.

Sintaxa programului denumit **Servef** este următoarea:

- start la impuls declanșare;
- generare tact pentru eșantionări;
- resetare contor;
- calculul Ief;
- compararea Ief măsurat cu valorile din tabel;
- căutarea numărului relativ din tabel;
- calculul serviciului echivalent și memorarea lui;
- calculul serviciului rămas și afișarea lui procentuală.

Program Servef

Limbaj IL

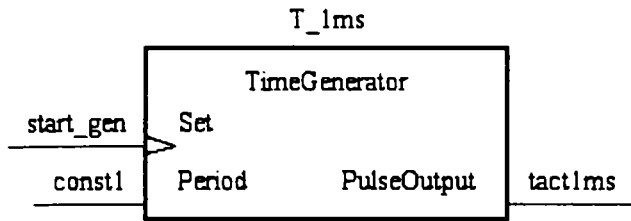
```
1      PROGRAM SERVEF
2      1      VAR
3      2          T_1ms : TimeGenerator ;
4      3          Contor_20ms : CTU ;
5      4          Cautare : Deserialize ;
6      5          Comp_block : BlockCompare ;
7      6      END_VAR
8      7      VAR
9      8          DeclansareIO AT %I0.0.1.0.3 : BOOL ; (*Impuls declansare IO*)
10     9          Alarma AT %Q0.0.1.0.3 : BOOL ; (*Alarmare *)
11    10         tact1ms AT %M0.0.0.0.2 : BOOL := 0 ; (* tact 1ms*)
12    11         tact20ms AT %M0.0.0.0.3 : BOOL := 0 ; (* tact 20ms*)
13    12         reset_cu AT %M0.0.0.0.4 : BOOL ; (* resetare contor 20ms*)
14    13         new_i_ef AT %MW0.0.0.3 : INT ; (* noua valoare recurenta pt. i efectiv*)
15    14         old_i_ef AT %MW0.0.0.4 : INT ; (*vechea valoare recurenta pt. i efectiv*)
16    15         i_0 AT %MW0.0.0.5 : INT ; (* valoarea i la t=0*)
17    16         i_c AT %IAW1.1.0.0 : INT ; (* valoarea i curenta*)
18    17         i_ef AT %MW0.0.0.6 : INT ; (* valoarea calculata pt. i efectiv*)
19    18         dif1 AT %MW0.0.0.7 : INT ; (*rezultat intermediar*)
20    19         procent AT %MW0.0.0.8 : INT ; (*rezultat intermediar*)
21    20         nr_ech AT %MB0.0.0.6 : SINT ; (*nr. echivalent de declansari*)
22    21         offset AT %MB0.0.0.5 : SINT ;
23    22     END_VAR
24    23     VAR CONSTANT
25    24         k AT %MB0.0.0.4 : SINT := 111 ; (*constanta de forma*)
26    25         const_0 AT %MB0.0.0.3 : SINT := 0 ; (*constanta 0*)
27    26         N AT %MB0.0.0.2 : SINT := 10 ; (* perioada 20ms*)
28    27         const1 AT %MB0.0.0.1 : SINT := 1 ; (*semiperioada tact 1ms*)
29    28         start_gen AT %M0.0.0.0.1 : BOOL := 1 ;
30    29         bool0 AT %M0.0.0.0.5 : BOOL := 0 ;
31    30         Nech AT %MW0.0.0.9 : INT := 1305 ; (*Nr. intreruperi echivalent la In*)
32    31         C100 AT %MW0.0.0.40 : INT := 100 ; (*constanta = 100*)
33    32         TAB2 AT %MW0.0.0.10 : INT := 2000 ; (*START TABEL CURENTI*)
34    33         TAB4 AT %MW0.0.0.11 : INT := 4000 ;
35    34         TAB6 AT %MW0.0.0.12 : INT := 6000 ;
36    35         TAB8 AT %MW0.0.0.13 : INT := 8000 ;
37    36         TAB10 AT %MW0.0.0.14 : INT := 10000 ;
38    37         TAB12 AT %MW0.0.0.15 : INT := 12000 ;
39    38         TAB14 AT %MW0.0.0.16 : INT := 14000 ; (*END TABEL CURENTI*)
40    39         T2 AT %MW0.0.0.30 : INT := 1 ; (*START TABEL INTRERUPERI*)
41    40         T4 AT %MW0.0.0.31 : INT := 4 ;
42    41         T6 AT %MW0.0.0.32 : INT := 7 ;
43    42         T8 AT %MW0.0.0.33 : INT := 11 ;
44    43         T10 AT %MW0.0.0.34 : INT := 16 ;
45    44         T12 AT %MW0.0.0.35 : INT := 21 ;
46    45         T14 AT %MW0.0.0.36 : INT := 26 ; (*END TABEL INTRERUPERI*)
47    46     END_VAR
48    47     VAR RETAIN
49    48         serv_ech AT %MW0.0.0.0 : INT := 1305 ; (*serviciul echivalent*)
50    49         serv_ramas AT %MW0.0.0.0 : INT := 100 ; (*serviciul ramas de efectuat in procente*)
51    50     END_VAR
```

Limbaj LD

□

0001

Generator de tact perioada 2 ms

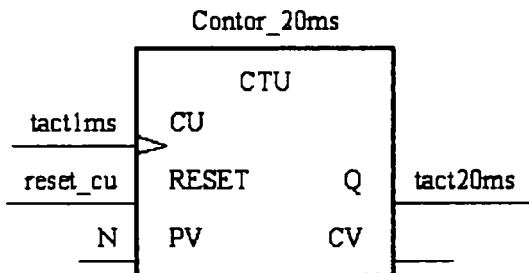


Generator de TACT cu durata 1ms

□

0002

Determinare perioada 20ms prin numarare 10 impulsuri de tact

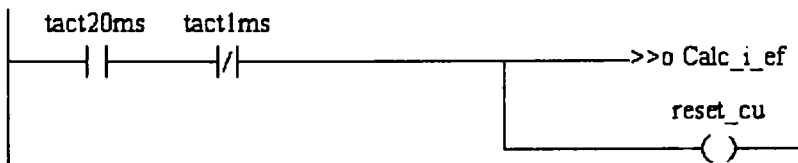


Numarator impulsuri pentru determinarea unui ciclu de 20 ms

□

0003

Resetare contor

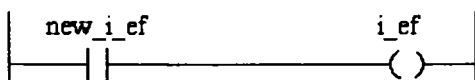


Salt în program la subrutina de calcul Ief

Resetare contor

□

0004



Memorare valori intermediare

I_{ef}

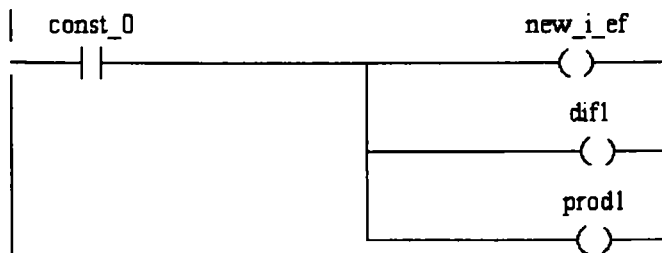
□

0005



□

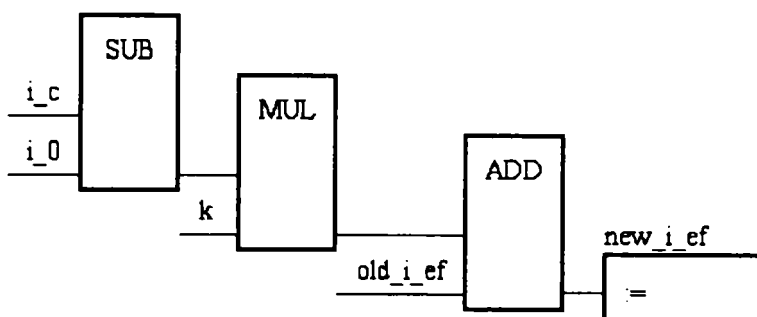
0006



□

0007 Calc_i_ef

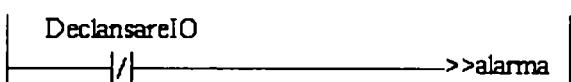
Calcul recurent pentru valoarea efectiva a curentului prin metoda valorii medii



Bloc de calcul pentru determinarea valorii efective a curentului întrerupt prin metoda valorii medii

□

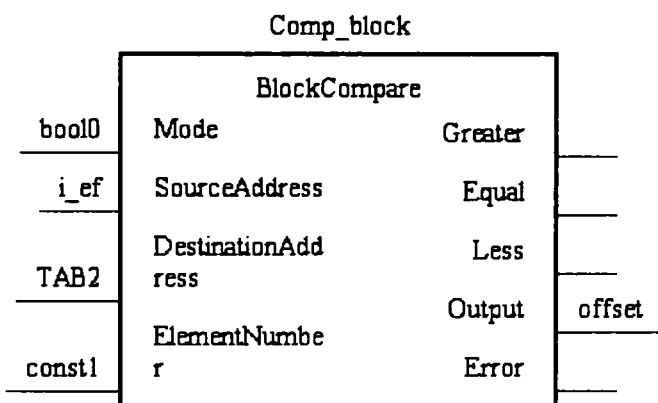
0008



Calculul nu se efectuează decât după o declanșare a întreruptorului

□

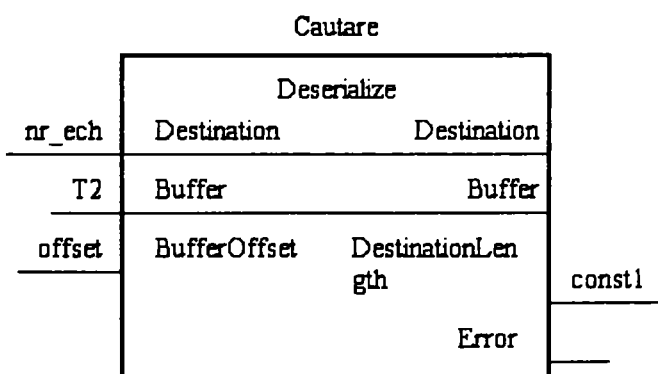
0009



Încadrarea curentului calculat în seria de valori standard definită în tabelul 6.4

□

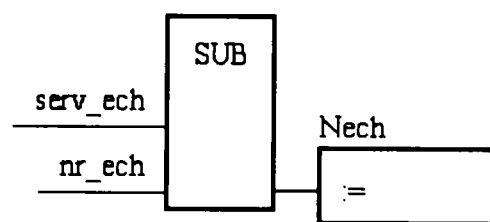
0010



Determinarea numărului relativ de întreruperi la curent nominal corespunzător unei întreruperi la curentul calculat

□

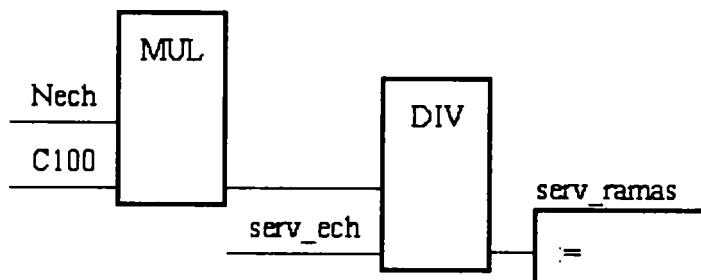
0011



Bloc de calcul pentru determinarea rezervei pentru exploatare (numărul de intreruperi la curentul nominal care mai pot fi efectuate)

□

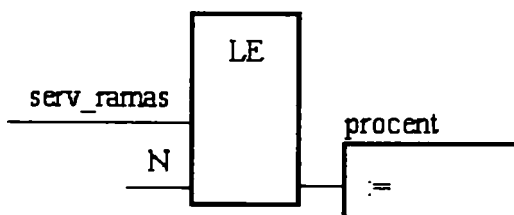
0012



Determinarea serviciului echivalent disponibil în procente.

□

0013 Alarma



Alarmare în cazul în care serviciul echivalent exprimat în procente se află sub limita prescrisă (N)

□

6.6. Algoritmi și programe pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact și pentru diagnosticarea off-line prin vibrații a IO-110 kV. Măsurători experimentale

6.6.1. Algoritmi

Pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact și pentru diagnoza off-line prin vibrații a IO-110 kV se utilizează schema de achiziție de date din figura 4.5. din capitolul 4, subcapitolul 4.2-, paragraful 4.2.3. Pentru diagnosticarea întreruptorului se utilizează metodele prezentate în capitolul 5., subcapitolul 5.1, paragraful 5.1.1. pentru rezistența dinamică de contact, respectiv paragraful 5.1.3. pentru diagnosticarea prin vibrații [48].

Pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact se utilizează succesiunea de operații prezentată în schema logică din figura 6.9.

Pentru prelucrarea datelor achiziționate se parcurge următoarea succesiune de operații:

- Se lansează programul pentru prelucrări prin rezistența de contact (ex. rezprel.tst) și se deschide fișierul de date, alegerea efectuându-se după denumirea fișierului;
- Se vizualizează grafic datele din fișier;

- Se calculează rezistența de contact cu relația $R(t) = U(t)/I(t)$;
- Se creează fișiere cu denumirea "R6" & faza [1 char] & "camera [1 char]" & manevra [2char] & ordmanevra [1 char] & ".11(24)n(m)", în care sunt stocate funcțiile de timp: Ibobină [A], Icp [A], R [$\mu\Omega$], Cursa [grd].

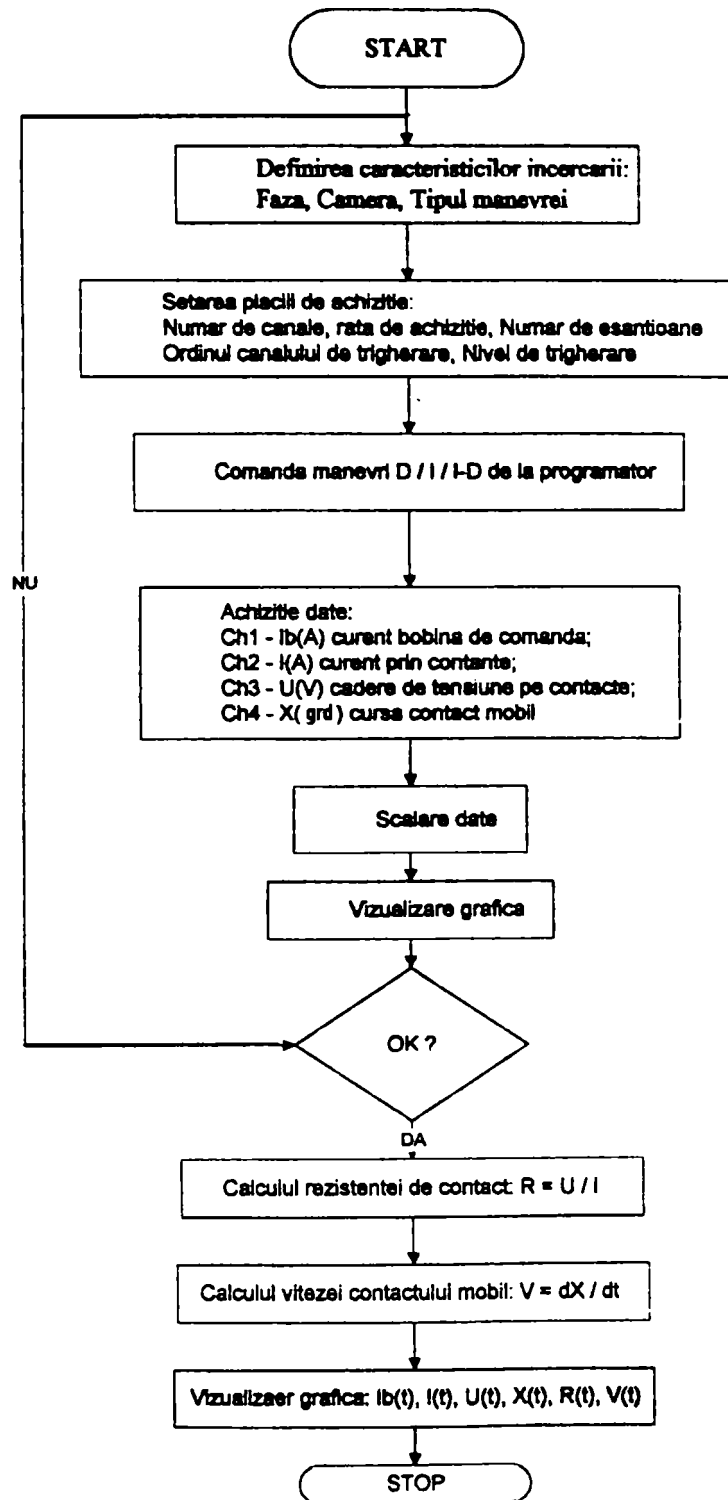


Figura 6.9. Schema logică pentru diagnosticarea prin metoda rezistenței dinamice de contact

Pentru diagnosticarea off-line prin vibrații se utilizează succesiunea de operații prezentată în schema logică din figura 6.10.

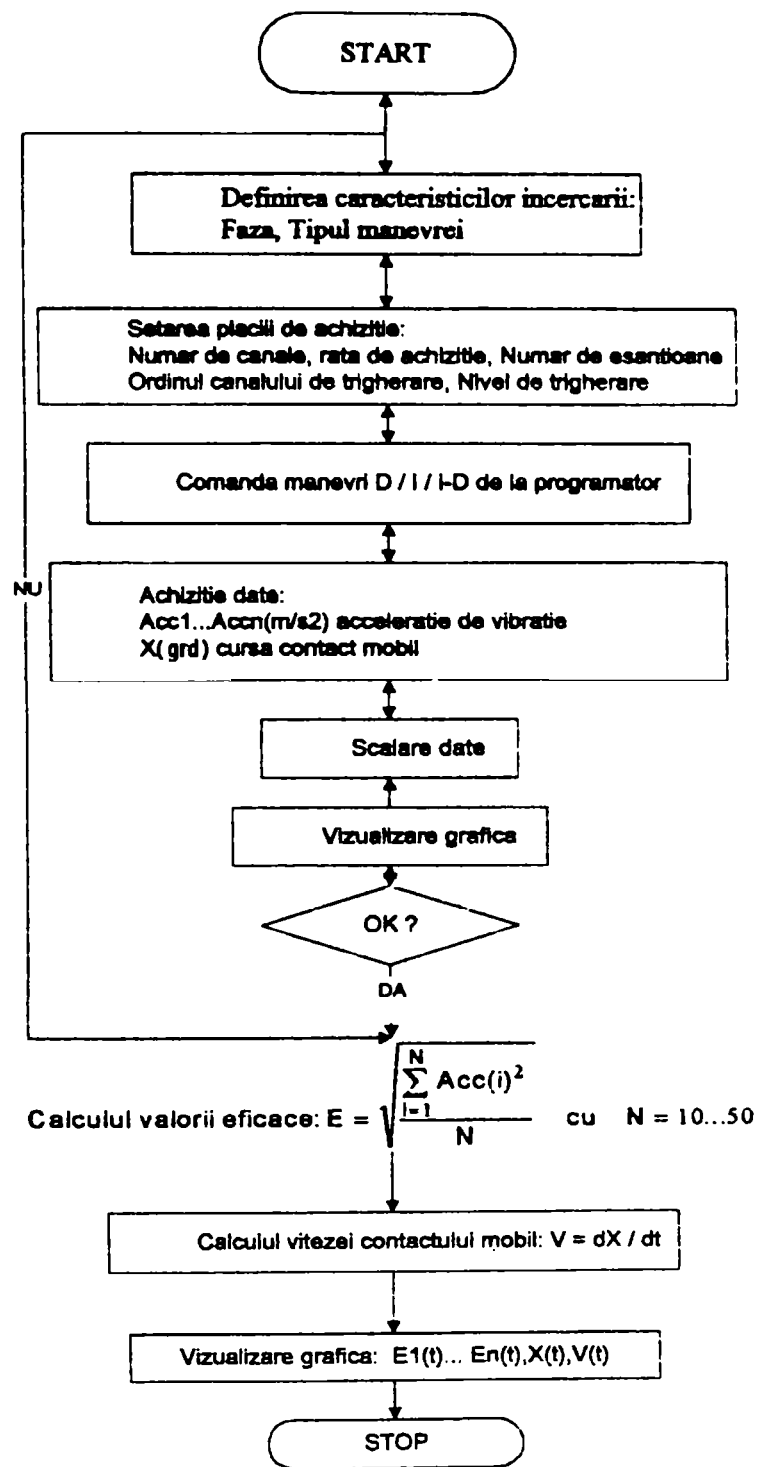


Figura 6.10. Schema logică pentru diagnosticarea prin vibrații

Pentru prelucrarea datelor achiziționate se parcurge următoarea succesiune de operații:

- Se lansează programul pentru prelucrări prin vibrații (ex. accprel.tst) și se deschide fișierul de date, alegerea efectuându-se după denumirea fișierului;
- Se vizualizează grafic datele din fișier;
- Se centreează semnalele accelerație, prin scăderea valorii medii și se calculează valoarea eficace considerând un timp de integrare echivalent a unui număr de 20 eșantioane la stânga și la dreapta eșantionului curent. Caracteristicile valorilor eficace sunt notate convențional tot Accbs și Accbi;
- Se filtrează cursa cu un filtru trece jos cu limita superioară de frecvență de 150...200Hz;

- Se calculează derivata de ordinul 1 a cursei filtrate, obținându-se viteza unghiulară sau liniară a cursei contactului mobil;
- Se crează fișiere cu denumirea "E" & faza [1 char] & manevra [2 char] & ord.manevra [1 char] & loc Accbs [1 char] & loc Accbi[1 char] & ".11(24)n(m)", în care sunt stocate funcțiile de timp :Accbs [m/s^2], Accbi [m/s^2], Viteza [grd/s], Cursa [grd].

Programele folosite utilizează ca software mediul TestPoint pentru controlul achiziției și dezvoltării de programe produs de firma KEITHLEY.

6.6.2. Măsurători experimentale

Măsurătorile experimentale s-au efectuat pe un întreruptor IO 110 kV din stația ORLAT. Aceste măsurători s-au efectuat pe un întreruptor aflat în stare curentă de exploatare și cu defecte simulate. Au fost efectuate următoarele modificări la camera 1 a polului S:

- au fost scoase două degete, diametral opuse, de la tulipa contactului fix;
- a fost făcută o modificare la injector prin înlocuirea tijei acestuia cu una uzată.

În timpul efectuării experimentărilor întreruptorul nu a fost debransat de la rețeaua electrică, dar a fost scos de sub tensiune și s-a realizat punerea la pământ a bornelor de racordare.

- Schema de achiziție a datelor a fost cea prezentată în figura 4.5.

Experimentări

a) Experimentări pentru măsurarea rezistenței de contact pe IO 110 kV/1600 A nemodificat

Măsurătorile au fost efectuate pe faza S, succesiv pe camerele 1 respectiv 2, înregistrându-se: curentul prin bobinele de comandă Ibobină [A], curentul prin circuitul de forță Icp [A], căderea de tensiune între bornele superioară și inferioară U [V], Cursa [grd]. S-au realizat câte două tipuri de manevre simple I, D și două cicluri ID și DI. În vederea prelucrărilor ulterioare, datele măsurate, după vizualizarea grafică, au fost stocate în fișiere cu denumirea:

"R5" & faza [1 char] & camera [1 char] & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & ".11n".

b) Experimentări pentru diagnosticarea prin vibrații pe IO 110 kV/ 1600 A nemodificat.

Măsurătorile au fost efectuate pe faza S, succesiv pe camerele 1 respectiv 2, și pe coloana izolatoare înregistrându-se: curentul prin bobinele de comandă Ibobină [A], accelerația Accbs [m/s^2], (punctele 1,2, 5), accelerația Accbi [m/s^2], (punctele 3,4, 6), cursa [grd]. S-au realizat cele două tipuri de manevre simple I,D și două cicluri ID și DI.

Datele măsurate, după vizualizarea grafică, au fost stocate în fișiere cu denumirea:

"A"& faza [1 char] & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & loc Accbs [1 char] & loc Accbi [1 char] & ".11n".

c) Experimentări pentru măsurarea rezistenței de contact pe IO 110 kV / 1600 A modificat

Condițiile de încercare și măsură sunt aceleași ca la pct.a). În vederea prelucrărilor ulterioare, datele măsurate, după vizualizarea grafică, au fost stocate în fișiere cu denumirea:

"R5" & faza [1 char] & camera [1 char] & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & ".11m".

d) Experimentări pentru diagnosticarea prin vibrații pe IO 110 kV / 1600 A modificat

Condițiile de încercare și măsură sunt aceleași ca la pct.b). Datele măsurate, după vizualizarea grafică, au fost stocate în fișiere cu denumirea:

"A"& faza [1 char] & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & loc Accbs [1 char] & loc Accbi [1 char] & ".11m"

Prelucrarea datelor și analiza comparativă

Metoda rezistenței de contact

Pentru prelucrarea fișierelor rezultate în urma experimentărilor de diagnosticare prin metoda rezistenței de contact s-a parcurs următoarea secvență de operații:

- -determinarea caracteristicii $R(t) = U(t)/I(t)$;
- -reprezentarea grafică a funcțiilor de timp: $I_{bobin\grave{a}}$ [A], I_{cp} [A], R [microohmi], Cursa [grd];
- -stocarea funcțiilor : $I_{bobin\grave{a}}$ [A], I_{cp} [A], R [$\mu\Omega$], Cursa [grd], în fișiere cu denumirea: "R6" & faza [1 char] & camera [1 char] & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & ".11x". "x" din extensia"11x" este: m-pentru întreruptor modificat; n-pentru întreruptor nemodificat.

În anexele IV/1,2,3 se prezintă caracteristicile pentru manevrele de deschidere, închidere, respectiv pentru un ciclu I-D, atât pentru contacte nemodificate cât și pentru contacte modificate.

Fiecare oscilogramă conține câte patru trasee, fiecărui traseu corespunzându-i o ordonată, corespondența dintre trasee și ordonate realizându-se prin culoare. Ordinea traseelor este următoarea:

- negru - $I_{bobin\grave{a}}$ [A] și ordonata corespunzătoare;
- roșu - I_{cp} [A] și ordonata corespunzătoare;
- albastru - R [$\mu\Omega$] și ordonata corespunzătoare;
- verde - Cursa [grd] și ordonata corespunzătoare;

S-au ales câte două momente mai reprezentative iar valorile caracteristicilor la momentele respective sunt afișate în display-uri corelate prin denumire și culoare. Momentele considerate reprezentative sunt:

- momentul deschiderii respectiv închiderii contactului;
- un moment de regim relativ stabilizat.

Metoda de diagnosticare prin vibrații

Pentru prelucrarea fișierelor rezultate în urma experimentărilor de diagnosticare prin vibrații s-a parcurs următoarea secvență de operații:

- determinarea, pentru accelerațiile $Accbs$ [m/s^2] (punctele de măsură 1,3,5,) și $Accbi$ [m/s^2] (punctele de măsură 2,4,6) a valorii eficace locale cu o perioadă de integrare corespunzătoare unui număr de 20 eşantioane la stânga și la dreapta punctului curent, notate convențional în continuare tot $Accbs$ [m/s^2] și $Accbi$ [m/s^2];
- filtrarea cursei, prin convoluție, cu un filtru trece jos cu limita superioară de frecvență de 200 Hz și derivarea în timp în vederea determinării caracteristicii vitezei $Viteza$ [grd/s];
- reprezentarea grafică a funcțiilor: $Accbs$ [m/s^2], $Accbi$ [m/s^2], $Viteza$ [grd/s], Cursa [grd];
- stocarea funcțiilor: $Accbs$ [m/s^2], $Accbi$ [m/s^2], $Viteza$ [grd/s], Cursa [grd] , în fișiere cu denumirea: "E" & faza [1 char] & manevra [2 char] & ord.manevra [1 char] & loc $Accbs$ [1 char] & loc $Accbi$ [1 char] & ".11x"; unde "x" are semnificația dată anterior.

În anexele IV/4,5,6,7 se prezintă caracteristicile pentru manevrele de deschidere, închidere, atât pentru contacte nemodificate cât și pentru contacte modificate pentru prima cameră de stingere respectiv a doua cameră de stingere.

Fiecare oscilogramă conține câte patru trasee, fiecărui traseu corespunzându-i o ordonată, corespondența dintre trasee și ordonate realizându-se prin culoare. Ordinea traseelor este următoarea:

- negru - $Accbs$ [m/s^2] și ordonata corespunzătoare;
- roșu – $Accbi$ [m/s^2] și ordonata corespunzătoare;
- albastru - $Viteza$ [grd/s] și ordonata corespunzătoare;
- verde - Cursa [grd] și ordonata corespunzătoare;

S-au ales câte două momente mai reprezentative iar valorile caracteristicilor la momentele respective sunt afișate în display-uri corelate prin denumire și culoare. Momentele considerate reprezentative sunt:

- momentul realizării vitezei maxime;
- momentul realizării accelerației maxime.

În tabelul 6.5 sunt prezentate mărimile principale ce intervin la diagnosticarea prin metoda rezistenței de contact. Înregistrările se referă la o cameră de stingere, punctele de măsură 1 și 3 din figura 4.5. Datele din tabel corespund anexelor IV/1,2.

Tabelul 6.5. Rezultatul prelucrării prin metoda rezistenței de contact

Man.	Cont.	R [$\mu\Omega$]	Unghi [grd]	Anexa
I	N	63,6	27,3	IV/2
I	M	78,2	28,19	IV/2
D	N	66,5	23,47	IV/1
D	M	91,1	27,3	IV/1

S-au utilizat următoarele notații:

- Man. - tipul manevrei: I - închidere; D – deschidere;
- Cont. - felul contactului: M - modificat; N - nemodificat;
- R - rezistența de contact;
- Unghi - unghiul de contact.

În tabelul 6.6 sunt prezentate în mod comparativ mărimile corespunzătoare datelor rezultate din înregistrările efectuate prin metoda de diagnosticare prin vibrații. Înregistrările se referă la ambele camere de stingere ale polului S. Ele corespund anexelor IV/4,5, pentru prima cameră, punctele de măsură 1,3 (figura 4.5.) respectiv anexelor IV/6,7, pentru cea de-a doua cameră de stingere, punctele de măsură 2,4 (figura 4.5.).

Tabelul 6.6. Rezultatul prelucrării prin vibrații a datelor pentru IO 110 kV/ 1600 A

Man	Cont	Valori maxime ale mărimilor cinematice						Anexa
		V [grd/s]	Unghi [grd]	Accbs [m/s^2]	Unghi [grd]	Accbi [m/s^2]	Unghi [grd]	
Camera de stingere 1								
I	N	1890,1	29,4	284,8	25,3	207	25,3	IV/5
I	M	1925,6	29,8	881,4	25,1	227	25,1	IV/5
D	N	4056,4	92,7	357,5	58,3	97,5	58,3	IV/4
D	M	4388,8	97,1	1064,1	61,2	135	61,2	IV/4
Camera de stingere 2								
I	N	1864	34,6	165	24,9	165,8	24,9	IV/7
I	M	1072	20,6	238	116,3	238,9	116,3	IV/7
D	N	3954	92,5	441	62,2	71,97	62,2	IV/6
D	M	4485	97,1	9,8	97,1	16,2	97,1	IV/6

Față de notațiile utilizate în tabelul 6.5, s-au mai utilizat următoarele:

- Accbs - accelerația la borna superioară;
- Accbi - accelerația la borna inferioară.

Fișierele rezultate în urma experimentărilor de diagnosticare prin vibrații au fost analizate și în domeniul spectral în vederea determinării compoziției spectrale a semnalelor de accelerație înregistrate.

S-a determinat densitatea spectrală de putere a accelerațiilor înregistrate, S_{Acc} , iar caracteristicile spectrale determinate au fost stocate în fișiere cu denumirea:

“S” & faza [1 char] & manevra [2 char] & ord.manevra [1 char] & loc Accbs [1 char] & loc Accbi[1 char] & “.1lx”, unde “x” are semnificația dată anterior.

Ordinea traseelor este:

- negru – S1 [$m/s^2/Hz$] și ordonata corespunzătoare;
- roșu – S2 [$m/s^2/Hz$] și ordonata corespunzătoare;

În anexele IV/8,9 sunt prezentate câte un model de caracteristici spectrale ale accelerațiilor înregistrate la nivelul camerei de stingere, pentru manevre de deschidere respectiv închidere.

Rezultatele înregistrărilor se regăsesc în tabelul 6.7.

Tabelul 6.7. Rezultatul prelucrării prin analiza spectrală

Man.	Cont.	f [Hz]	S1 [$m/s^2/Hz$]	S2 [$m/s^2/Hz$]
I	N	63,6	27,3	IV/2
I	M	78,2	28,19	IV/2
D	N	66,5	23,47	IV/1
D	M	91,1	27,3	IV/1

Prin S1 s-a notat densitatea spectrală de putere pentru accelerația înregistrată la nivelul bornei superioare, iar prin S2 densitatea spectrală de putere pentru accelerația înregistrată la nivelul bornei inferioare ale camerei de stingere.

În anexa IV/10 sunt prezentate caracteristicile în timp ale accelerațiilor înregistrate, corespunzătoare manevrelor I respectiv D pentru punctele “5” și “6”, respectiv capetele superior și inferior ale coloanei izolatoare.

În anexa IV/11 sunt prezentate caracteristicile spectrale corespunzătoare manevrelor de I respectiv D pentru punctele “5” și “6”, respectiv capetele superior și inferior ale coloanei izolatoare.

6.6.3. Aprecieri asupra măsurărilor efectuate

Modificările efectuate la calea de curent au condus la o creștere a rezistenței de contact de la valoarea medie de $64 \mu\Omega$, pentru contacte nemodificate, la o valoare medie de $78 \mu\Omega$, pentru contacte modificate. Se ia în vedere această valoare întrucât primează la aprecierea deviației față de valoarea dată în cartea tehnică prin calculul căderii de tensiune la 100 Vcc, deci:

$$\Delta U = 78 \cdot 10^{-7} \cdot 10^2 = 7,8 \text{ mV}$$

Această valoare este foarte apropiată de valoarea prescrisă în cartea tehnică (7 mV). Modificările nefiind majore, nici diferențele între caracteristici nu sunt pronunțate. Se observă că modificările efectuate la calea de curent nu au nici o influență asupra caracteristicilor în domeniile timp sau frecvență ale accelerațiilor înregistrate la nivelul coloanei izolatoare.

Diferențe pronunțate apar între caracteristicile accelerațiilor înregistrate la închidere la nivelul bornei superioare a camerei de stingere. Apare o creștere de la $284,8 m/s^2$ ($165 m/s^2$), pentru contacte nemodificate, la $881,4 m/s^2$ ($238 m/s^2$), pentru contacte modificate, în momentul realizării cuplării contactelor.

Modificările efectuate la injector conduc la mici creșteri ale vitezei maxime a contactului mobil de la $4056,4 \text{ grd/s}$, (3954 grd/s) pentru contacte nemodificate, la $4388,8 \text{ grd/s}$ (4485 grd/s), pentru contacte modificate, la manevra de deschidere.

Diferențe apar între caracteristicile accelerațiilor înregistrate la deschidere la nivelul bornelor superioară și inferioară a camerei de stingere. Apare o creștere de la $357,5 m/s^2$ ($97,5 m/s^2$), pentru contacte nemodificate, la $1064 m/s^2$ ($135 m/s^2$), pentru contacte modificate, în momentul trecerii arcului de reținere pe poziție peste punctul mort. Aceste aprecieri sunt valabile pentru camera de stingere 1. Analizând aceste diferențe pentru camera de stingere 2 și aici apar diferențe destul de mari între accelerații, respectiv de la $9,8 m/s^2$ ($16,2 m/s^2$), pentru contacte modificate, la $441 m/s^2$ ($62,2 m/s^2$), pentru contacte nemodificate.

Modificările efectuate nu sunt sesizate prin măsurători de accelerație la nivelul coloanei izolatoare. Accelerațiile determinate la acest nivel sunt purtătoare de informații referitoare la calitatea cursei și a amortizării, manifestându-se preponderent la început și sfârșit de cursă.

Referitor la compoziția spectrală a accelerațiilor înregistrate se desprind următoarele concluzii:

- accelerațiile la nivelul bornei superioare a camerei de stingere au compoziție spectrală
- preponderent în domeniul de frecvență 1000 – 4000 Hz;
- accelerațiile la nivelul bornei inferioare a camerei de stingere au compoziție spectrală
- preponderent în domeniul de frecvență 2000 – 9000 Hz;
- accelerațiile la nivelul coloanei izolatoare au compoziție spectrală preponderent în domeniul de frecvență 2000 – 9000 Hz.

Se constată de asemenea și următoarele aprecieri privind densitatea spectrală:

- la nivelul frecvențelor mai joase de 1000 Hz, se constată o scădere a densității spectrale la nivelul bornei superioare de la $1,253 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ pentru contacte nemodificate la $0,0315 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ pentru contacte modificate, iar la nivelul bornei inferioare de la $33,97 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ la $12,23 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$;
- la nivelul frecvențelor mai mari de 5000 Hz se constată o creștere a densității spectrale la nivelul bornei superioare de la $2,64 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ pentru contacte nemodificate la $21,39 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ pentru contacte modificate, iar la nivelul bornei inferioare de la $0,009 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$ la $0,02 \text{ m/s}^2/\text{Hz}$;

Pe baza acestor constatări consider că programul trebuie completat cu calculul raportului de rezoluție RR, pentru o mai corectă apreciere a rezultatelor. Totuși se observă că diferențe mai semnificative apar la nivelul bornei superioare a camerei de stingere, aceste diferențe depășind raportul de 2,5, considerat în literatură ca RR critic, ceea ce confirmă și constatările de la analiza înregistrărilor privind accelerațiile. Aceste constatări coroborate sesizează anumite anomalii la momentul trecerii arcului de reținere peste punctul mort.

Privitor la densitățile spectrale ale accelerațiilor la nivelul coloanei izolante, se observă că accelerațiile au compoziție spectrală preponderent în domeniul de frecvență 4000 – 4500 Hz la nivelul capătului superior și în domeniul de frecvență 3000 – 5000 Hz la nivelul capătului inferior, la manevra de deschidere, respectiv în domeniul de frecvență 3000 – 6500 Hz la nivelul capătului superior și în domeniul de frecvență 2500 – 8000 Hz la nivelul capătului inferior, la manevra de închidere. Aceste observații, coroborate și cu cele de la analiza înregistrărilor privind accelerațiile, arată că oferă informații privind cursa și amortizarea contactului mobil. Și în acest caz sunt valabile observațiile privind calculul raportului de rezoluție.

Pe baza celor analizate anterior, recomand completarea aprecierilor, în cazul efectuării de astfel de diagnosticări, cu cele specificate anterior pentru o mai precisă evaluare a stării întreruptorului.

6.6.4. Tehnologie

În continuare se face o propunere de tehnologie pentru aplicarea metodelor off-line (schema de măsură fiind cea descrisă) prezentate anterior [48]:

a) *Pregătirea achiziției și efectuarea măsurărilor*
Pentru metoda rezistenței de contact

- Stabilirea echipamentului ce trebuie diagnosticat;
- Deconectarea de la rețeaua electrică și punerea la masă a bornelor de racordare;
- Montarea traductorului de cursă și realizarea circuitului electric aferent acestuia;
- Realizarea circuitelor electrice pentru alimentarea cu curent de forță și măsurarea căderii de tensiune;
- Realizarea circuitului electric pentru comanda bobinelor de închidere/deschidere;
- Alimentarea cu tensiune electrică a aparatului de măsură și comandă;

- Lansarea programului de achiziție date (ex. rezachiz.tst) și setarea caracteristicilor încercării: Faza, Camera, Tip_Manevră; Ordin_Încercare, Nr_Canale, Rata_Achiziție, Nr_Eșantioane, Comentariu, parte din acestea fiind transmise în denumirea fișierului de date.
- După efectuarea achiziției, datele achiziționate se vizualizează grafic, se scalează și apoi se revizualizează grafic. Dacă sunt convenabile sunt stocate în fișiere cu denumirea “R5” & faza [1 char] & “camera [1 char]” & manevra [2 char] & ordmanevra [1 char] & “.11(24)n(m)”.
- Se efectuează în medie două sau trei achiziții pentru același tip de încercare.

Pentru metoda diagnosticării prin vibrații

- Stabilirea echipamentului ce trebuie diagnosticat;
- Deconectarea de la rețeaua electrică și punerea la masă a bornelor de racordare;
- Montarea traductorului de cursă și realizarea circuitului electric aferent acestuia;
- Montarea traductorilor de accelerație și conectarea la amplificatoarele de sarcină;
- Realizarea circuitului electric pentru comanda bobinelor de închidere/deschidere;
- Alimentarea cu tensiune electrică a aparaturii de măsură și comandă;
- Calibrarea circuitelor pentru măsurarea accelerațiilor de vibrație folosind un calibrator de vibrații;
- Lansarea programului de achiziție date (ex. accachiz.tst) și setarea caracteristicilor încercării: Faza, Tip_Manevră; Ordin_Încercare, Nr_Canale, Loc_Accbi, Rata_Achiziție, Nr_Eșantioane, Comentariu, parte din acestea fiind transmise în denumirea fișierului de date;
- După efectuarea achiziției, datele achiziționate se vizualizează grafic, se scalează și apoi se revizualizează grafic. Dacă sunt convenabile sunt stocate în fișiere cu denumirea: “A” & faza [1 char] & manevra [2 char] & ord.manevra [1 char] & loc Accbs [1 char] & loc Accbi[1 char] & “.11(24)n(m)”.

Se efectuează în medie două sau trei achiziții pentru același tip de încercare.

b) Prelucrare fișiere – această etapă a fost descrisă anterior la algoritm.

c) Interpretare rezultate

Din caracteristici se determină rezistența de contact: Rezistența [$\mu\Omega$] într-o zonă relativ stabilizată (de exemplu dintr-o manevră de deschidere se consideră zona contactului de lucru, sau la o manevră de închidere se consideră o porțiune relativ depărtată de sfârșitul cursei).

- Se determină unghiul: Unghi_contact [grd] la care are loc separarea/cuplarea contactelor.
- Dacă în caracteristici există zone de discontinuități electrice, se determină intervalul unghiular: Δ Unghi_contact [grd] în care au loc acele discontinuități.
- Se determină viteza maximă a contactului mobil V_{max} [grd/s] și unghiul la care este realizată aceasta Unghi [grd];
- Se determină viteza în momentul desprinderii contactelor;
- Se determină accelerațiile maxime Acc_{max} [grd/s²] și unghiurile la care sunt realizate acestea;
- Se completează tabelul 6.5. de date referitoare la starea tehnică a echipamentului;

Tabelul 6.5. Starea tehnică a echipamentului

Tip Manevra	Stare IO	Rezist. [$\mu\Omega$]	Unghi contact [grd]	Valori maxime ale mărimilor cinematice					
				Viteza [grd/s]	Unghi [grd]	Accbs [m/s ²]	Unghi [grd]	Accbi [m/s ²]	Unghi [grd]

- Din punct de vedere al rezistenței de contact cei trei parametri: Rezistența [$\mu\Omega$], Unghi contact [grd] și Δ Unghi_contact [grd], interpretați din punct de vedere statistic, dau informații despre lungimea contactelor de lucru și de arc, despre gradul de uzură al contactelor și oportunitatea înlocuirii acestora;
- Din punct de vedere al mărimilor cinematice:
 - vitezele maxime și unghiul de realizare al acestora, interpretate statistic, dau informații despre amortizarea cursei și calitatea mecanismului de acționare;
 - o schimbare prea bruscă a vitezei în momentul cuplării contactelor, corelată cu o caracteristică de rezistență fără discontinuități și o accelerație mare de impact, indică contacte bune dar cu presiune de contact prea mare, cu implicații asupra uzurii premature a contactelor;
 - o schimbare prea bruscă a vitezei în momentul cuplării contactelor, corelată cu o caracteristică de rezistență cu discontinuități și o accelerație mare de impact, indică contacte uzate care se izbesc în momentul realizării cuplajului;
 - o menținere a pantei vitezei în momentul cuplării contactelor, corelată cu o caracteristică de rezistență fără discontinuități și de valoare mare a rezistenței electrice; o accelerație mică de impact, adică contacte încă bune dar care vor crea probleme în timp relativ scurt; În funcție de echipament și de experiența acumulată se pot selecta și alte criterii de apreciere.

6.7. Contribuții personale și originale

În cadrul acestui capitol am analizat algoritmi și programe pentru sistemele de monitorizare și metodele de diagnosticare prezentate anterior. Am stabilit în primul rând algoritmul de monitorizare pentru MOP-1. Am prezentat un program propriu, "MOP", specific pentru PLC după ce în prealabil am stabilit numărul de intrări numerice, intrări analogice și ieșiri numerice. Programul s-a scris folosind aplicația SUCOSOFT care rulează pe calculatoare compatibile IBM-PC. Programul este scris atât în limbaj IL cât și în limbaj LD. Am conceput programul în așa fel încât să răspundă tuturor cerințelor privind informațiile necesare pentru monitorizarea acestui dispozitiv de acționare. De asemenea am căutat ca el să fie ușor de întreținut și de aplicat pe echipamentele de calcul ale sistemului propus, precum și pe alte sisteme de calcul aliniate la standardul IEC-1131-3 (subcapitolul 6.1.2.). Tot în cadrul acestui subcapitol am prezentat și structura unui alt program bazat pe un sistem realizat cu echipamente industriale tip MIND [66].

Am prezentat algoritmul, programul și rezultatul măsurătorilor experimentale pentru determinarea on-line a curbei de uzură a IO-110 kV.(subcapitolul 6.2.1.).

Am stabilit algoritmul pentru aprecierea electroeroziunii contactelor și am scris un program propriu pentru PLC pentru calculul valorii efective a curentului întrerupt prin metoda valorii medii. Am scris apoi un program original pentru PLC pentru aprecierea electroeroziunii contactelor (ELERCONT) (subcapitolul 6.3.1)

Am prezentat algoritmul pentru estimarea uzurii uleiului electroizolant (subcapitolul 6.4).

Am stabilit algoritmul pentru monitorizarea serviciului efectuat. S-au efectuat de către autor calcule privind serviciul echivalent pentru o plajă de valori cuprinsă între curentul nominal și curentul de rupere, calculând mărimile: serviciul echivalent pe întrerupere; numărul de întreruperi echivalent și am definit o nouă noțiune denumită "număr relativ de întreruperi".

Această mărime s-a calculat pentru a ușura scrierea programului adaptat pentru PLC. Am scris un program propriu denumit SERVEF (subcapitolul 6.5.).

Se prezintă algoritmul și programul pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact și pentru diagnoza off-line prin vibrații a IO-110kV. Aceste metode și algoritmul asociat s-au utilizat în cadrul unor măsurători experimentale făcute într-o stație a SDEE Sibiu împreună cu ICMET Craiova. Contribuția autorului ca responsabil de contract, în cadrul acestor experimentări s-a materializat în conceperea modului de efectuare al încercărilor și în interpretarea rezultatelor, interpretare redată în subcapitolul 6.6.

CAP.7. CONCLUZII

7.1. Concluzii

Studiul bibliografic, cercetările și preocupările proprii, aprofundarea din punct de vedere teoretic a unor materiale bibliografice, efectuarea de probe și încercări experimentale, precum și o serie de aporturi originale ale autorului, redată în capitolele lucrării, conduc la formularea următoarelor concluzii referitoare la subiectul abordat:

- Importanța obiectivelor energetice în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor și asigurarea de servicii publice, investițiile și costurile mari pentru realizarea și funcționarea acestora în bune condițiuni, impactul asupra mediului și riscurile tehnologice impun gestionarea schimbărilor ce se produc în raport cu stările de succes asociate structurilor, sistemelor și instalațiilor componente. Stațiile de transformare reprezintă o componentă deosebit de importantă a sistemului electroenergetic național.

Fără a neglija eforturile remarcabile din ultimii ani pentru introducerea echipamentelor moderne în componența stațiilor de transformare, trebuie evidențiat faptul că atât în ceea ce privește echipamentul de comutație primar cât și aparatele din componența circuitelor secundare de protecție, comandă, control și supraveghere, se utilizează încă tehnologii dezvoltate în anii '50-'60 în marea majoritate a instalațiilor de transport și distribuție.

- Activitățile cuprinse în cadrul conceptului de mentenanță pot conduce la schimbări în starea obiectivelor electroenergetice, deci gestionarea acestor schimbări trebuie să constituie obiectivul principal al acțiunii de conducere al acestora. Activitățile de mentenanță trebuie să se desfășoare în așa fel încât instalațiile să fie întreținute în mod economic, optim calitativ și să asigure în același timp continuitatea și calitatea alimentării cu energie electrică. Mentenanța instalațiilor energetice se conturează, actualmente, ca un domeniu major de preocupări privind fiabilitatea sistemelor energetice, caracterizat prin principii, modele și modalități tehnice și economice bine fundamentate. Pentru optimizarea programului de mentenanță este recomandabil a se aplica criteriul costului total minim. Dacă până în prezent se aplica drept concept acela al mentenanței bazate pe timp și al mentenanței corective, în prezent s-a trecut la noi strategii de mentenanță:

- ◆ mentenanța bazată pe fiabilitate;
- ◆ mentenanța bazată pe stare (condiții);
- ◆ mentenanța predictivă;
- ◆ mentenanța preventivă.

Importanța activității de mentenanță a condus la schimbarea prescripțiilor energetice și de la noi din țară, apărând în anul 2002 regulamentul de conducere și organizare a activității de mentenanță, aprobat prin ordin al președintelui Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE).

- Monitorizarea este o componentă a activității de mentenanță deosebit de importantă. Ea poate fi realizată fie de către personalul exploatare și de personalul de mentenanță, fie utilizând tehnici și metode avansate. Scopul lucrării de față îl constituie tocmai acest ultim aspect al utilizării tehnicilor și metodelor avansate pentru monitorizarea echipamentelor stațiilor de transformare. Analizând echipamentele componente ale stațiilor de transformare din punct de vedere al fiabilității, se constată că echipamentele cu nivel minim de fiabilitate operațională sunt întreruptoarele, echipamente pentru care putem face următoarele aprecieri:

- ◆ subsistemul întreruptorului cu cea mai mare rată de defectare este dispozitivul de acționare;
- ◆ noncalitatea garniturilor de etanșare afectează în mod pregnant fiabilitatea întreruptoarelor;

- ◆ valoarea ratei de defectare a întreruptoarelor din cadrul stațiilor de 110 kV/m.t. este cu circa un ordin de mărime mai mare decât valorile indicate în literatura de specialitate.

Ținând seama de cele prezentate mai sus, lucrarea de față tratează în special ansamblul IO-110 kV și MOP-1 cu componentele lui, analizând diverse tehnici de diagnosticare și sisteme de monitorizare în vederea prelungirii duratei de viață și a aplicării unei mentenanțe cât mai adecvate pentru a crește siguranța în funcționare și a evita intervențiile inutile asupra echipamentului.

- Pentru a realiza o monitorizare cât mai completă și mai amănunțită, trebuie luate în considerare și analizate o serie de aspecte precum:
 - ◆ defectarea echipamentelor cu analiza ei probabilistică;
 - ◆ disponibilitatea echipamentelor ca legătură între mentenanță și fiabilitate;
 - ◆ metodele de diagnosticare a stării echipamentelor;
 - ◆ analiza aprofundată a conceptelor privind monitorizarea, a sistemelor de monitorizare adoptate și a efectelor economice ale monitorizării.

Se constată că monitorizarea este rentabilă chiar dacă, aparent, costurile ei par a fi destul de mari. Ca și o concluzie rezultă necesitatea implementării monitorizării echipamentelor.

- Analizând statistic defectele care au apărut la ansamblul IO-110 kV și MOP-1 în cadrul instalațiilor SC ELECTRICA SA Sibiu se observă că numărul defectelor apărute la mecanismul MOP-1 este constant mai mare decât cele la întreruptorul IO-110 kV, în toți anii luați în analiză. Trebuie avute în vedere componentele care au ratele de defectare mai ridicate atât pentru întreruptor cât și pentru dispozitivul de acționare. Cunoscând cu cât mai mare exactitate elementele cu frecvență mare de defectare în timp, se pot stabili mărimile lor caracteristice care trebuiesc urmărite pentru preîntâmpinarea pe cât posibil a apariției defectelor. În vederea unei cât mai amănunțite diagnosticări a întreruptorului s-au efectuat încercări de laborator care vin să confirme rezultatele analizei statistice și să concluzioneze necesitatea aplicării sistemelor de monitorizare asupra acestor echipamente.

- Adoptarea unor tehnici de diagnosticare adecvate precum și stabilirea parametrilor echipamentelor pretabile pentru monitorizare prezintă o importanță deosebită. Se constată că dispozitivul MOP-1 prezintă cele mai mari facilități pentru a putea fi monitorizat. Întreruptorul este mai greu de monitorizat însă acest lucru se impune și în cazul lui. Stabilirea criteriului de monitorizare (on/off-line) este deosebit de important, motiv pentru care apreciez că, în etapa actuală, un sistem combinat on și off-line este cel mai adecvat.

- Sistemele de monitorizare au configurații diverse și pot prezenta diverse grade de complexitate. Acesta este motivul pentru care s-au analizat mai multe variante posibile. Alegerea unuia sau altuia dintre ele trebuie făcută pe baza unei analize cost/eficacitate. Am făcut și propuneri asupra alegerii unui astfel de sistem și anume cel realizat cu automate programabile, care, din punct de vedere al autorului prezintă o soluție optimă în momentul actual. Componentele acestor sisteme de monitorizare prezintă o deosebită importanță pentru a se putea aprecia cât mai fidel starea echipamentelor. Acest lucru l-am tratat în lucrare, cu analiza amănunțită din punct de vedere teoretic cât și tehnologic în special a traductoarelor și interfețelor pretabile a fi utilizate. S-au analizat și echipamentele de calcul inteligente care se pretează cât mai bine pentru astfel de sisteme.

- Metodele de diagnosticare reprezintă o deosebită importanță în realizarea sistemelor de monitorizare, întrucât ele pot da informații cât mai exacte asupra parametrilor analizați. Pentru dispozitivul de acționare MOP-1 diagnosticarea este relativ simplă deoarece accesul este destul de facil pentru a prelua informațiile. În cazul întreruptorului, diagnosticarea se face mai dificil deoarece accesul la informațiile legate de starea parametrilor este foarte greu, trebuind astfel să apelăm la metode indirecte, stabilite pe baze teoretice și a căror interpretare este mai dificilă. Trebuie avută în vedere alegerea unor metode care să aprecieze cât mai exact starea componentelor echipamentului monitorizat. Capitolul 5 al lucrării tratează mai multe astfel de metode, dezvoltând aspectele aprofundate în cadrul studiului bibliografic.

- Pentru aplicarea metodelor de diagnosticare, despre care am amintit anterior, este necesar a se stabili o serie de algoritmi care să permită interpretarea cât mai exactă a informațiilor despre funcționarea echipamentelor. Algoritmii sunt specifici pentru fiecare metodă în parte și permit apoi întocmirea unor programe de calcul care se implementează pe echipamentele de calcul din componența sistemelor de monitorizare. Acești algoritmi se pot apoi verifica pe baza unor măsurători experimentale. În cadrul capitolului 6 al lucrării am tratat o serie de algoritmi și programe de calcul care se pot utiliza pentru monitorizarea ansamblului IO-110 kV și MOP-1.

- Corelând aspectele studiate din literatura de specialitate (vezi bibliografia prezentată) cu încercările și măsurătorile experimentale, cu contribuția deosebită a conducătorului științific, a profesorilor din cadrul catedrei de energetică, a colaboratorilor și, nu în ultimul rând, cu contribuția autorului, lucrarea se vrea o analiză complexă a tematicii abordate.

- Pot afirma că mentenanța aplicată în momentul actual asupra echipamentelor studiate nu este cea mai indicată datorită faptului că nu este efectuată pe baza unor informații exacte privind starea acestora. Considerațiile teoretice precum și determinările experimentale conduc la concluzia că în foarte multe cazuri intervențiile asupra echipamentelor se fac mult mai repede decât ar fi necesar. Este foarte important a se cunoaște cât mai amănunțit starea fiecărui echipament în parte. Fiecare echipament are particularitățile sale astfel că nu se pot face aprecieri asupra unuia pe baza unor informații culese de la altul. Apreciind acest fapt drept foarte important, se impune aplicarea unor sisteme de monitorizare pentru fiecare echipament și pentru fiecare tip de echipament.

7.2. Recomandări

Pe baza celor expuse până acum, având în vedere și concluziile desprinse din analizele efectuate în lucrare precum și din studiul bibliografic, fac următoarele recomandări:

- pentru gestionarii de instalații:
 - ◆ introducerea cât mai repede posibil a sistemelor de monitorizare pentru echipamentele componente ale stațiilor de transformare, în baza unor priorități bine stabilite;
 - ◆ generalizarea aplicării metodelor de diagnosticare în scopul formării unor bănci de date pentru fiecare echipament și raportarea mentenanței la aceste bănci;
 - ◆ în cazul execuției de instalații noi, să se introducă încă de la început sistemele de monitorizare și să se constituie bănci de date inițiale;
 - ◆ să se aplice un program de mentenanță bazat pe starea reală a echipamentelor și pe analiza cost/eficacitate;
 - ◆ să aibă drept preocupare permanentă dezvoltarea sistemelor de monitorizare în așa fel încât să cunoască în permanență și cât mai exact starea echipamentelor componente ale instalațiilor.
- pentru producătorii de echipamente:
 - ◆ furnizarea de date de fabricație pentru parametrii ce urmează a fi monitorizați în decursul exploatării;
 - ◆ recomandarea și stabilirea de comun acord cu beneficiarii a metodelor de diagnosticare a echipamentelor care vor fi utilizate în cursul exploatării acestora;
 - ◆ introducerea încă din fabricație în construcția echipamentelor a elementelor necesare pentru monitorizarea lor;
 - ◆ oferirea încă de la furnizare a unor sisteme de monitorizare care să prezinte o elasticitate mare în aplicare astfel încât să fie compatibile și cu ale altor furnizori.

7.3. Principalele contribuții personale și originale ale autorului în cadrul tezei.

Lucrarea cuprinde o serie de aspecte, încercări și soluții originale pe care le evidențiem în continuare:

- studiul bibliografic, analiza critică și sinteza informațiilor din literatura de specialitate privitoare la subiectul tezei;
- analiza implicațiilor ce rezultă asupra echipamentelor stațiilor de transformare din sinteza noțiunilor referitoare la calitatea energiei, la sistemul de măsură al calității;
- analiza aprofundată a noțiunii de mentenanță ea fiind abordată din punct de vedere cost/performance. Se analizează posibile strategii pentru mentenanță care s-au impus pe plan mondial, precum și necesitatea modernizărilor la momentul oportun;
- sinteza tipurilor de defecte corelate cu analiza matematică a probabilităților de defectare respectiv a probabilităților de nedefectare (fiabilitatea), ținând cont de caracteristicile de material, respectiv de solicitări precum și privind disponibilitatea, ca legătură între mentenanța și fiabilitatea unui echipament;
- se analizează în amănunțime diagnosticarea bazată pe diverse metode precum și tipurile de senzori și traductori ce pot fi utilizați în cadrul temei abordate;
- se stabilesc conceptele și funcțiile unui sistem de monitorizare precum și arhitectura lui, propunându-se un sistem original de monitorizare a stațiilor de transformare cu referire la o celulă de transformator 110 kV, sistem care se poate utiliza și la celelalte tipuri de celule. Se stabilesc echipamentele ce se pretează la monitorizare, stabilind și parametrii ce trebuie monitorizați la fiecare tip de echipament în parte. Se propune și o structură a sistemului de monitorizare, făcându-se apoi o analiză comparativă a echipamentelor primare ale celulei de transformator din punct de vedere al fiabilității, urmată apoi de o analiză comparativă între întreruptor și transformator privind oportunitatea abordării cu prioritate a monitorizării lor. Rezultatul acestor analize au condus la necesitatea unei analize aprofundate a ansamblului întreruptor de înaltă tensiune-dispozitiv de acționare. Se propune o structură a programelor soft și se face o evaluare a efectelor monitorizării prin exprimarea matematică a costurilor și a indicelui de eficacitate din care rezultă rentabilitatea monitorizării;
- se analizează statistic defecțiunile apărute la ansamblul IO-MOP, respectiv IO și MOP, precum și frecvența cauzelor defecțiunilor; analiza statistică s-a realizat pe o perioadă de 7 ani și pe un lot de 48 de întreruptoare IO-110 kV trifazice (144 de poli) și 85 de dispozitive MOP-1, toate aflate în gestiunea SC ELECTRICA SA Sibiu. Originalitatea analizei constă în faptul că s-au analizat toate componentele acestor echipamente care au cauzat defectele și modul lor de manifestare, precum și consecințele asupra funcționării lor;
- se prezintă încercările la durabilitate, efectuate în premieră națională în cadrul laboratorului de mare putere al ICMET Craiova, pe baza temei întocmite de autor și a posibilităților de realizare existente în cadrul laboratorului. Încercările s-au comandat în vederea analizei modului de comportare a întreruptorului comparativ cu datele din literatură respectiv cartea tehnică a lui. În cadrul încercărilor s-au efectuat și analize de rigiditate dielectrică a uleiului după fiecare ciclu de încercări. De asemenea, autorul a contribuit și la interpretarea rezultatelor încercărilor și a măsurătorilor;
- s-au făcut o serie de aprecieri privind modul de comportare la defectare a întreruptorului coroborând rezultatele obținute prin înregistrări statistice cu cele obținute prin probe și măsurători; aceste aprecieri s-au făcut analizând componentele cele mai des supuse defectării, Putem concluziona că monitorizând parametrii ce caracterizează funcționarea componentelor întreruptorului, se poate adopta un proces de mentenanță optim pentru buna funcționare a lui. Dacă ne referim la mecanismul MOP-1, putem concluziona că prezintă frecvența cea mai mare de defectare, precum și faptul că se poate monitoriza relativ ușor ceea ce conduce la aprecierea

că acest lucru ar trebui să constituie o primă etapă în introducerea sistemelor de monitorizare;

- am efectuat o analiză asupra parametrilor ce trebuie supravegheați la IO-110 kV respectiv la MOP-1 și a tehnicilor de supraveghere posibile, cu analiza teoretică a ecuației dinamice a arcului electric în cazul IO-110 kV, respectiv a legii generale a gazelor în cazul MOP-1. Se analizează apoi posibilitățile actuale de realizare a monitorizării ansamblului IO-110 kV și MOP-1, precum și tipul de monitorizare (on/off line). Se propune o soluție originală și anume un sistem de monitorizare combinat on/off-line;

- am prezentat o serie de sisteme de monitorizare pretabile pentru ansamblul IO-110 kV și MOP-1, făcând o analiză critică pentru fiecare:

- ◆ prin metoda înregistrărilor acustice;
- ◆ monitorizare on-line ansamblu IO-MOP combinând interfața ACE-28S-DSP cu perturbograful digital tip CDR;
- ◆ monitorizare off-line a parametrilor IO-MOP prin metoda rezistenței dinamice de contact și prin metoda vibrațiilor pe bază de măsurători experimentale în colaborare cu ICMET Craiova;
- ◆ sinteza sistemelor de monitorizare on-line a dispozitivului MOP;
- ◆ sistem pentru determinarea on-line a stării de uzură a IO experimentat la SDEE Sibiu;
- ◆ sistem original conceput de autor pentru monitorizarea on-line a MOP și a gradului de uzură a IO, bazat pe automate programabile(PLC), pentru care s-a stabilit configurația, necesarul de intrări numerice, intrări analogice și ieșiri numerice, cu stabilirea modului de legare a lui în instalație. Se prezintă posibilitatea realizării unei prime etape de monitorizare a MOP-1, soluție integrată în etapa finală. Sunt prezentate elementele componente ale sistemului, cu propuneri concrete de echipamente analizate de autor;
- ◆ instalație de monitorizare off-line a parametrilor IO-110kV și MOP-1.

- am efectuat o analiză a traductoarelor, urmată de prezentarea tipurilor de traductoare pretabile a fi utilizate în sistemele de monitorizare. Pentru fiecare din ele se face o analiză matematică a funcționării lor, inclusiv combaterea influențelor factorilor ce ar putea conduce la erori. Se analizează traductoare de curent(șuntul), senzori de curent tip LEM, traductoare de deplasare(rezistive, inductive), traductoare de vibrații;

- am făcut o analiză a interfețelor de proces pe care le recomand pentru sistemele de monitorizare:

- ◆ preamplificatoare pentru traductoare de vibrații;
- ◆ interfață bazată pe microcontroller INTEL 8051;
- ◆ interfață inteligentă ACE 28S DSP;
- ◆ perturbograf digital CDR;
- ◆ automate programabile PLC, cu analiza amănunțită a automatelor programabile cu referință în special la cele tip PS4;

- am făcut o sinteză a metodelor de diagnosticare a stării întreruptoarelor IO-110 kV:

- ◆ prin metoda rezistenței de contact;
- ◆ prin metoda contactului slăbit;
- ◆ prin diagnosticarea acustică a defectelor mecanice;
- ◆ prin diagnosticarea prin analiză spectrală;
- ◆ prin metoda serviciului efectuat, cu adaptarea metodei la cazul concret al IO – 110 kV și calcularea pentru acesta a serviciului standard, al serviciului echivalent și al numărului echivalent de întreruperi;
- ◆ prin metoda electroeroziunii contactelor, cu contribuții originale privind aprecierea electroeroziunii prin analiza comparativă a fișei tehnologice și a circularei 3E-CT-1-85 a MEE-CIRE și aprecieri privind supraevaluarea eroziunii prin calcule efectuate de autor, precum și prin stabilirea formulelor de calcul ale

noțiunilor utilizate pentru electroeroziune și pentru numărul suplimentar de declanșări. De asemenea calculat și am trasat curba de mentenanță precum și diagrama numărului echivalent de comutații pentru IO-110 kV/1600 A;

- ◆ prin metoda estimării uzurii uleiului electroizolant.
- am analizat modul de diagnosticare pentru MOP-1;
- am analizat algoritmi și programe pentru sistemele de monitorizare și metodele de diagnosticare prezentate anterior. Am stabilit în primul rând algoritmul de monitorizare pentru MOP-1 și am prezentat un program propriu, "MOP", specific pentru PLC. Am prezentat și structura unui alt program bazat pe un sistem realizat cu echipamente industriale tip MIND. Am prezentat algoritmul, programul și rezultatul măsurătorilor experimentale pentru determinarea on-line a curbei de uzură a IO-110 kV. Am stabilit algoritmul pentru aprecierea electroeroziunii contactelor și am scris un program propriu pentru PLC pentru calculul valorii efective a curentului întrerupt prin metoda valorii medii. Am scris apoi un program propriu pentru PLC pentru aprecierea electroeroziunii contactelor (ELERCONT). Am prezentat algoritmul pentru estimarea uzurii uleiului electroizolant. Am stabilit algoritmul pentru monitorizarea serviciului efectuat și am scris un program propriu denumit SERVEF. Se prezintă algoritmul și programul pentru determinarea off-line a rezistenței dinamice de contact și pentru diagnosticarea off-line prin vibrații a IO-110kV.

BIBLIOGRAFIE

- [1] VASILIEVICI A.,
ANDEA P. "Aparate și echipamente electrice"
Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara 2000
- [2] VASILIEVICI A.,
ANDEA P.,
FRIGURĂ-ILASA F. "Aparate și echipamente electrice- Aplicații"
Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara 2002
- [3] BUI AI, LEBEY T.,
VASILIEVICI A., BUTA A.,
MOLDOVAN L., ANDEA P.,
ȘURIANU D., DELESEGA I., "Materiaux dielectriques et materiel electrique"
Ed. Tehnică, București 1997
- [4] HORTOPAN GH. "Aparate electrice"-vol I-Principii, vol.II-Aplicații.
Ed.Tehnică, București 1993-1996
- [5] POPESCU M. "Tehnologia aparatelor electrice-aplicații"
Litografia IPB-1986
- [6] POPESCU C.L.,
POPESCU M.O. "Electrotehnologii-principii și aplicații"
Ed. Matrix Rom- București 1997
- [7] TRUȘCĂ V., POPESCU M.O. "Tehnologia de fabricație a aparatelor electrice."
Ed. ICPE, București 1996
- [8] DELESEGA I. "Bazele încercărilor de aparate electrice.Localizarea
defectelor în cabluri."
Ed. Brumar, Timișoara 2001
- [9] DELESEGA I. "Încercarea aparatelor și echipamentelor electrice".
Ed.Helicon,Timișoara 1995
- [10] DELESEGA I.,
VASILIEVICI A. "Echipamente de comandă cu logică programată",
Ed.Politehnică, Timișoara,1998
- [11] MOLDOVAN L. "Echipamente electrice" - UTT 1995
- [12] SORA C-TIN. "Bazele Electrotehnicii"
Ed. didactică și pedagogică,București, 1982
- [13] POP E., STOICA V.,
CRIȘAN S. "Măsurări în energetică"
Ed. Facla, Timișoara, 1981
- [14] MOGA M. "Conducerea proceselor din energetică cu
calculatoare de proces",
Ed. MIRTON, Timișoara, 1997
- [15] KILYENI S. "Calcul numeric în energetică "
Ed. MIRTON, Timișoara, 1997

-
- [16] IGNEA A. "Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice", Ed. de Vest, Timișoara, 1996
- [17] HERSCOVICI B.
PREDA M., IONESCU D.,
DASCĂLU C., CATRINA D.,
COPOLOVICI A. "Aparate electrice de înaltă tensiune", Îndreptar, Ed. Tehnică București, 1978
- [18] CONECINI I.,
CARABULEA A.,
CÂMPEAN F. "Managementul calității proceselor energetice prin sisteme neuro-expert" Ed. Tehnică București 1996.
- [19] FELEA I. "Ingineria fiabilității în electroenergetică" Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1996.
- [20] MUNTEANU F., IVAS D.,
NEMEȘ C "Ingineria disponibilității subsistemelor de distribuție a energiei electrice", Ed. Spectrum Iași, 1999.
- [21] CURCANU G. "Încercarea și diagnosticarea comportării echipamentelor și aparatelor electrice la curenți intensi" Ed. SITEH, Craiova 1999
- [22] KOPEJTKOVA D., OTT H.P.,
ROHSLER H.,
SMITT J.J.,
SALAMANCA F., STRNAD A.,
WESTER P. "Strategy for condition based maintenance and updating of substation" Session CIGRE Paris, 1996, 23 - 105
- [23] NEUMANN C., BALZER G.,
BRANDES W., BURGER J.,
GIMBER B., KRAUSE J.,
KARRENBAUER H. "Life estimation of substation equipment by advanced control and monitoring technologies and modern maintenance strategies" Session CIGRE Paris, 1996, 23 – 112
- [24] RAJOTTE C., LANDRY M.,
JOLICŒUR A., ST-JEAN G.,
DAIGNEAULT G.,
ZELINGER S., SCHWABE R. "A novel methodology backed by field experience for assessing the benefits of online condition monitoring systems for substations equipment" Session CIGRE, Paris, 1996, 23-202
- [25] JONES C.J., BEIERL O.,
COLOMBO E., WESTER P.,
EBERSOHL G.,
KOBAVASHI S.,
PETTERSON K. "Guidelines for monitoring, control and supervision of GIS incorporating advanced technologies" Session CIGRE, Paris, 1999, 23-203
- [26] DEMJANENKO V.,
VALTIN R.A.,
SOUMEKH M. "A noninvasive diagnostic instrument for power circuit breakers" IEEE Transactions on Power Delivery, vol.7, no.2, April 1992, pg. 656-663
-

-
- [27] **RUNDE M., AURUD T., LUNGAARD L.E., OTTESEN G.E.,** "Acoustic diagnosis of high voltage circuit breakers"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol.7, no.3, July 1992, pg. 1306-1314
- [28] **RAKA L., RIVERS M.** "Substation maintenance testing using an expert system for on-site equipment evaluation"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol.7, no.1, January 1992, pg. 269-275
- [29] **FUJINAMI H., TAKUMA T., KAWAMOTO T.** "Development of detection method with a magnetic field sensor for incomplete contact in gas insulated switches and bus connecting parts."-IEEE Transactions on Power Delivery, vol.10, no.1, January 1995, pg. 229-236
- [30] **LIN C.E., LING J.M., HUANG C.L.** "An expert system for transformers fault diagnosis using dissolved gas analysis"-IEEE Transactions on Power Delivery vol.8, no.1, January 1993, pg. 231-238
- [31] **MINAKAWA T.** "Scheme and design for advanced energy control centers"-IEEE Transactions on Power Delivery, February 1991, pg. 372-379
- [32] **UTSUMI T., ENDO F., ISHIKAWA T., IWAASA S., YAMAGIWA T.** "Preventive maintenance system with a different gas injecting facility for GIS"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, July 1993, pg. 1107-1113
- [33] **BARKER P.P., SHORT T.A., BURNS C.W., ş.a.** "Power quality monitoring of a distribution system"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, April 1994, pg. 1136-1142
- [34] **BAK-JENSEN J., BAK-JENSEN B., MIKKELSEN S.D.** "Detection of faults and ageing phenomena in transformers by transfer functions" -IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, January 1995, pg. 308-314
- [35] **EDWIN LIU W.H., SWEE-LIAN LIM.** "Parameter error identification and estimation in power system state estimation"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no.1, February 1995, pg. 200-223
- [36] **DABBAGHCHI I., GURSKY R.J.** "An abductive expert system for interpretation of real data"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, no.3, July 1993, pg. 1061-1069
- [37] **GRUND C.E., SWEEZZ G., HAUER J.F.; BALSER S.J.** "Dynamic system monitoring (DSM) for HVDC modulation control"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, no.3, July 1993, pg. 853-860
-

-
- [38] LUNDGAARD L.E.,
SKYBERG B., FAUGSTAD K. "Acoustic diagnoses of GIS; field experience and development system"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 7, no.1, January 1992, pg. 287-294
- [39] LESHAR R.L., PORTER W.J.,
BYERLY R.T. "SUNBURST-A network of GIC monitoring system"-IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, no.1, January 1994, pg. 128-137
- [40] MIHALCEA E.,
CIUPLIGA L. "Estimarea periodicității optime a reviziilor întreruptoarelor de medie tensiune cu ulei puțin" Energetica nr.1, 1996
- [41] GAL S., BALASIU F.,
FAGARASAN T., BLAGU I.,
MĂRIEȘ H. "Utilizarea datelor GIS in sistemul informatic integrat al FTDEE Sibiu" Revista "Producerea, transportul si distribuția energiei electrice și termice" RENEL-GSCI, mai 1998
- [42] GAL S. "Protecție de distanță digitală pentru sistemul electroenergetic" Teză de doctorat – U.T. Timișoara, 1994
- [43] COROIU N. "Studii și cercetări privind fiabilitatea echipamentelor electrice de Î.T. și M.T. din sistemele electroenergetice" teză de doctorat – Universitatea Oradea-2000
- [44] MOLDOVAN L., GAL B. "Monitorizarea on-line și off-line a parametrilor funcționali ai întreruptorului IO-110 kV dintr-o stație de transformare". Lucrare diplomă – U.T. Timișoara.
- [45] MOLDOVAN L.,
VASILIEVICI A.,
DELESEGA I.,
STOICA C. "Studiu asupra oportunității supravegherii monitorizate a întreruptoarelor din stațiile din înaltă tensiune" etapa I, 1995, Contract 74/94 cu FRE Sibiu.
- [46] VASILIEVICI A.,
DELESEGA I., ANDEA P.,
GOMA S. "Sistem de monitorizare a stării întreruptoarelor de Î.T. din stații prin înregistrări acustice" Contract 156/95 cu FRE Sibiu.
- [47] MOLDOVAN L.,
VASILIEVICI A.,
SUCIU I., ANDEA P.,
VATAU D. "Cercetări asistate de calculator privind ameliorarea unor contacte electrice de la echipamentele electrice", Contract 75/94 cu FRE Sibiu
- [48] CURCANU G.,
MANEA I. "Aplicarea experimentală a metodei de diagnoză off-line a stării tehnice a întreruptoarelor de medie și înaltă tensiune la locul de montaj în sistem", Contract cu FTDEE Sibiu nr.1543/97
-

-
- [49] **CURCANU G.,
MANEA I., SBORA I.,
IANCU C., CATRINA D.** "Încercări de cercetare pe un pol de întreruptor tip IO110 kV/1600 A", Contract cu SDEE Sibiu nr.1582/99
- [50] **BLAGU I.** "Concepția generală privind monitorizarea parametrilor funcționali ai echipamentelor electroenergetice dintr-o stație de transformare" Referat sinteză nr.1-Teza doctorat - 1997
- [51] **BLAGU I.** "Monitorizarea întreruptorilor de înaltă tensiune tip IO. Sisteme, interfețe, echipamente" Referat sinteză nr.2 - Teza doctorat - 1999
- [52] **BLAGU I.** "Monitorizarea întreruptorilor de înaltă tensiune tip IO. Metode, algoritmi, programe" Referat sinteză nr.3-Teza doctorat - 1999
- [53] **VASILIEVICI A., GAL S.,
BLAGU I.** "Monitoring solution for the HV/MV substations Equipment"-CNE - 96 , 5 - 407- section V- Neptun, România.
- [54] **VASILIEVICI A.,
BLAGU I.,
FĂGĂRĂȘAN T.** "Supervision, control and monitoring for high voltage networks"-OPTIM 96-The Transilvania University of Brașov-1996.
- [55] **FĂGĂRĂȘAN T., GAL S.,
BLAGU I., BĂLAȘIU F.,** "Development of RENEL Sibiu's SCADA and monitoring systems and improvement of protective system handling digital protection integrated into SCADA systems"-CIRED-14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution-Birmingham, 2-3 June 1997
- [56] **VASILIEVICI AL.,
BLAGU I.,
FĂGĂRĂȘAN T.** "Supravegherea controlul și urmărirea rețelelor de înaltă tensiune". Sesiunea anuală de comunicări științifice - Universitatea Oradea - 1996
- [57] **VASILIEVICI AL., GAL S.,
BLAGU I.,** "Monitoring solution for HV / MV substations equipments." Second International Power Conference Timișoara, vol.II, 20-21 Nov.1997
- [58] **GAL S., MĂRIEȘ H.,
FAGARASAN T., BLAGU I.** "Using AM/FM/GIS Data within the RENEL Sibiu T&D Subsidiary Integrated Information System" Conference DA/DSM DistribuTECH 97-Europe 14-16 oct.1997 Amsterdam.
- [59] **GAL S., BLAGU I.,
BĂLAȘIU F.,
CONSTANDACHE N.,
FĂGĂRĂȘAN T.** "Sistem de monitorizare a parametrilor unei celule de autotransformator 400/220kV" Simpozionul de siguranță în funcționarea SEN, Galați 1995
-

-
- [60] VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C. "Replacing Classic Automation in substations' secondary circuits with PLC based systems" Conference DA/DSM DistribuTECH99-Europe 28-30, sept. 1999, Madrid.
- [61] GRIGORUȚ M., BLAGU I., CONSTANDACHE N., NARTEA V., STĂNESCU D. "Considerații asupra unui program de mentenanță bazat pe fiabilitate pentru o rețea de medie tensiune". Simpozionul de siguranță în funcționarea SEN, Bacău, 22-23 septembrie 1999.
- [62] GRIGORUȚ M., MUNTEAN F., IVAS D. "Principii moderne de monitorizare și diagnosticare a stării transformatoarelor utilizate pentru organizarea mentenanței preventive oportune" Analele Universității Oradea - Fascicola de Energetică, Oradea 1996.
- [63] GAL S., BLAGU I. "Concepția privind monitorizarea parametrilor funcționali ai echipamentelor electroenergetice dintr-o stație de transformare". Simpozion Very High Voltage Networks, Sibiu – 1995.
- [64] GRIGORUȚ M., BLAGU I., STANESCU D. "Aplicarea tehnologiilor moderne pentru creșterea fiabilității instalațiilor de MT din stațiile de transformare ale FTDEE Sibiu", Analele Universității din ORADEA, vol.1, 1998
- [65] CURCANU G., MANEA I., PISTOL C., CHICIU C. "Methods and equipment for diagnosing the technical state of high voltage circuit-breakers" CNE -96, 5 - 408 - section V- Neptun - România.
- [66] DUGAN V., NICOLAU V. "Monitoring microsystem for oil pneumatic devices in 110, 220, 400 kV power plants RENEL" ICATE 93, Craiova
- [67] BARABOI A., ADAM M., LEONTE P., STEFANOVICI C. "Supravegherea și diagnosticarea întreruptoarelor cu ajutorul calculatorului" Simpozionul Național de Informatică în Energetică Suceava, 1996
- [68] ADAM M., BARABOI A POPA C., BRUMĂ N. "Aprecierea electroeroziunii contactelor întreruptoarelor de putere" Simpozionul Național de Rețele electrice – Pitești, 1998
- [69] GAL S., BLAGU I., BĂLAȘIU F., CONSTANDACHE N., FĂGĂRĂȘAN T. "Sistem de monitorizare a parametrilor unei celule de autotransformator 400/220kV" Sesiune de comunicări științifice Universitatea "LucianBlaga" Sibiu, 17-18 nov. 1995.
- [70] BLAGU I., BACIU M. "Collection of technical data for Sibiu electric network branch". Second International Power Conference Timișoara, vol.I, 20-21 nov. 1997
-

-
- [71] VASILIEVICI AL., GRIGORUȚ M., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C. “Using modern technologies to improve existing HV-MV substations equipments fiability”. Third International Power Conference Timișoara, vol.I, 18-20 nov., 1999
- [72] VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C. “Replacing Classic Automation in substations’ secondary circuits with PLC based systems”. Third International Power Conference Timișoara, vol.I, 18-20 nov., 1999
- [73] VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., CONSTANDACHE N. “PLC based monitoring system for substations’ equipments”. Third International Power Conference, Timișoara, vol.I, 18-20 nov., 1999.
- [74] *** Carte tehnică H14P40, H17P40-Electroputere Craiova
- [75] *** Carte tehnică pentru întreruptoare de înaltă tensiune, Electroputere Craiova
- [76] *** Carte tehnică pentru mecanisme oleopneumatice MOP-1, Electroputere Craiova
- [77] *** “3.2. FT-57-90- Fișa tehnologică pentru revizia tehnică a întreruptoarelor de înaltă tensiune 110-400 kV”, RENEL – GTDEE – ICEMENERG București, 1993
- [78] *** “3.E-CT-1-85- Performanțele reale în regimuri normale și de defect ale întreruptoarelor de 110, 220, 400 kV și numărul de deconectări între două revizii programate ale acestuia” MEE – CIRE București, 1985
- [79] *** “ Modul termometrie digitală MTD “-fișă prezentare, Pintel Intelligent Systems București.
- [80] *** “Releu de supraveghere și semnalizare RSS-MT” Standard profesional, Pintel Intelligent Systems București.
- [81] *** “Echipament pentru conducerea proceselor energetice ACE 28S”. Manual de prezentare, TELECOMM București
- [82] *** “Compact Disturbance Recorder- CDR1”. Manual de prezentare, TELECOMM București
- [83] *** “Catalog 1997/1998” – Klockner – Moeller
-

[84] ***

“Înteruptoare ortojectoare de înaltă tensiune
123-420 kV acționate cu mecanisme
oleopneumatice tip MOP-1”
STR-MIEt-E 937/1/D-98

[85] ***

“High voltage a.c. circuit breakers”, IEC 56-4th,
edition 1987

LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE ELABORATE ȘI PUBLICATE

1. **BLAGU I.** “Soluții adoptate prin proiectare și aplicate în exploatare în cadrul I.R.E. Ploiești pentru reducerea consumului propriu tehnologic în transportul și distribuția energiei electrice.” Simpozionul Național al Rețelelor Electrice, Craiova, 6 – 8 octombrie 1982.
2. **BLAGU I.** “Tratarea neutrului rețelelor electrice de medie tensiune mixte prin sistemul combinat.” Simpozionul ”Probleme actuale în activitatea de transport și distribuție a energiei electrice”, Iași, 5 – 6 iunie 1986
3. **GRIGORUȚ M.,
BLAGU I.** “Sistem pentru tratarea combinată a neutrului rețelelor electrice de medie tensiune mixte.” Certificat de inovator nr. 2996/18.07.1986, Ministerul Energiei Electrice
4. **GAL S., BLAGU I.,
BĂLAȘIU F.** “Automatizare pentru tratarea neutrului rețelelor electrice prin sistem combinat.” Certificat de inovator nr. 3026/09.09.1986, Ministerul Energiei Electrice.
5. **GRIGORUȚ M.,
BLAGU I.** “Modul separator - întreruptor monopolar.” Certificat de inovator nr. 3107/10.12.1986, Ministerul Energiei Electrice
6. **BLAGU I.** “Tratarea neutrului rețelelor electrice de medie tensiune mixte prin sistemul combinat.” Zilele științei și tehnicii sibiene, Sibiu, 1–2 septembrie 1987
7. **BLAGU I.** “Sistem pentru tratarea combinată a neutrului rețelelor electrice de medie tensiune.” Consfătuirea privind aplicarea, generalizarea și valorificarea creației științifice și tehnicii originale, Oradea, 7 – 12 octombrie 1987
8. **BLAGU I.** “Teleconducerea instalațiilor energetice din județul Sibiu.” Zilele științei și tehnicii sibiene, Sibiu, 29 – 30 septembrie 1988
9. **BLAGU I.** “Tratarea neutrului rețelelor electrice de medie tensiune mixte prin sistemul combinat.” Simpozionul Național al Rețelelor Electrice, Cluj-Napoca, 5 – 7 octombrie 1988
10. **GRIGORUȚ M.,
BLAGU I.** “Procedeu de izolare a cuțitelor de legare la pământ la celulele de medie tensiune tip deschis.” Certificat de inovator nr. 3990/24.02.1989, Ministerul Energiei Electrice
11. **BLAGU I.** “Sibiul medieval – Rețele electrice – Iluminat stradal.” Seminar Gestiunea urbană”, Sibiu, – aprilie 1993
12. **GAL S., BLAGU I.** “Concepția privind monitorizarea parametrilor funcționali ai echipamentelor electroenergetice dintr-o stație de transformare”. Simpozion Very High Voltage Networks, Sibiu, 1995.

-
13. **GAL S., BLAGU I.,
BĂLAȘIU F.,
CONSTANDACHE N.,
FĂGĂRĂȘAN T.** “Sistem de monitorizare a parametrilor unei celule de autotransformator 400/220 kV.” Simpozionul de siguranță în funcționarea SEN, Galați, 1995
 14. **GAL S., BLAGU I.,
BĂLAȘIU F.,
CONSTANDACHE N.,
FĂGĂRĂȘAN T.** “Sistem de monitorizare a parametrilor unei celule de autotransformator 400/220 kV.” Sesiune de comunicări științifice Universitatea “Lucian Blaga”, Sibiu, 17-18 nov.1995
 15. **VASILIEVICI AL.,
BLAGU I.,
FĂGĂRĂȘAN T.** “Supravegherea controlul și urmărirea rețelelor de înaltă tensiune”. Sesiunea anuală de comunicări științifice, Universitatea Oradea, 1996
 16. **VASILIEVICI AL.,
BLAGU I.,
FĂGĂRĂȘAN T.** “Supervision, control and monitoring for high voltage networks.” OPTIM –96 – The Transilvania University of Brașov, 1996
 17. **GAL S., BLAGU I.** “The street lighting and electric network rehabilitation în the area of the medieval architecture in Sibiu.” CNE – 96 – Neptun, Romania
 18. **VASILIEVICI AL.,
GAL S., BLAGU I.** “Monitoring solutions for the HV / MV substations equipments.” CNE – 96 – Neptun, Romania
 19. **FĂGĂRĂȘAN T.,
GAL S., BLAGU I.,
BĂLAȘIU F.** “Development of RENEL Sibiu’s SCADA and monitoring systems and improvment of protection system handling digital protection integrated into SCADA systems.” CIRED 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Birmingham, 2-3 June 1997.
 20. **GAL S., MĂRIEȘ H.,
FAGARASAN T.,
BLAGU I.** “Using AM/FM/GIS Data within the RENEL Sibiu T&D SubsidiaryIntegrated Information System.” Conference DA/DSM DistribuTECH 97-Europe, 14-16 oct.1997, Amsterdam.
 21. **BLAGU I., HASAN D.,
STĂNESCU D.,
BACIU M.** Computer aided design at FTDEE Sibiu.” Second International Power Conference, Timișoara, vol.II, 20-21 nov. 1997
 22. **VASILIEVICI AL.,
GAL S.,
BLAGU I.** “Monitoring solution for HV / MV substations equipments.”Second International Power Conference, Timișoara, vol.II, 20-21 nov. 1997
 23. **BLAGU I., BACIU M.** “Collection of tehncial data for Sibiu electric network branch.” Second International Power Conference, Timișoara, vol.I, 20-21 nov. 1997

-
24. **GAL S., BALASIU F., FAGARASAN T., BLAGU I., MĂRIEȘ H.** "Utilizarea datelor GIS in sistemul informatic integrat al FTDEE Sibiu." Revista "Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice" RENEL-GSCI, mai 1998
25. **GRIGORUȚ M., BLAGU I., STĂNESCU D.** "Aplicarea tehnologiilor moderne pentru creșterea fiabilității instalațiilor de MT din stațiile de transformare ale FTDEE Sibiu." Analele Universității din ORADEA, vol.1, 1998.
26. **GRIGORUȚ M., BLAGU I., STĂNESCU D.** "Evidențierea costurilor pe tipuri de activități-Element fundamental pentru analiza de oportunitate și sensibilitate a investițiilor." Analele Universității din ORADEA, vol.1, 1998.
27. **VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C.** "Replacing Classic Automation in substations' secondary circuits with PLC based systems"-Conference DA/DSM DistribuTECH99-Europe, 28-30 sept 1999, Madrid.
28. **GRIGORUȚ M., BLAGU I., CONSTANDACHE N., NARTEA V., STĂNESCU D.** "Considerații asupra unui program de mentenanță bazat pe fiabilitate pentru o rețea de medie tensiune." Simpozionul de siguranță în funcționarea SEN, Bacău, 22-23 septembrie 1999.
29. **VASILIEVICI AL., GRIGORUȚ M., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C.** "Using modern technologies to improve existing HV-MV substations equipments fiability" Third International Power Conference, Timișoara, vol.I, 18-20 nov. 1999.
30. **VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., STĂNESCU C.** "Replacing Classic Automation in substations' secondary circuits with PLC based systems." - Third International Power Conference, Timișoara, vol.I, 18-20 nov. 1999.
31. **VASILIEVICI AL., BLAGU I., STĂNESCU D., CONSTANDACHE N.** "PLC based monitoring system for substations' equipments." Third International Power Conference, Timișoara, vol.I, 18-20 nov. 1999.



Despre autor

M-am născut în data de 24 februarie 1953 în municipiul Sibiu.

Am absolvit școala elementară în 1968 și apoi "Liceul Energetic" în 1973 în Sibiu.

În anul 1979 am absolvit Facultatea de Electrotehnică din cadrul Institutului Politehnic Timișoara, secția Energetică.

Parcursul profesional:

1979-1981 – "Electromontaj Sibiu"-inginer PRAM;

1981-1983- "IRE Ploiești"-inginer SIT, PRAM, Proiectare;

1983-1990- "IRE Sibiu"-inginer proiectant stații;

1990-2002- "SC Electrica SA- SDEE Sibiu"-Șef Atelier Proiectare;

2002-prezent "SC Electrica SA- AISE Sibiu"-Șef Serviciu Planificare.

Ca repere profesionale:

Patru certificate de inovator;

Participarea cu 27 lucrări la numeroase sesiuni de comunicări, simpozioane, în țară și străinătate;

Absolvirea cursului de analist programator;

Cursuri de perfecționare în domeniul stațiilor de transformare, al teleconducerii, al informaticii de proces și al managementului.

Principalele preocupări în cadrul activității profesionale:

Tratarea neutrului rețelelor electrice de medie tensiune;

Iluminatul public;

Informatizarea proiectării;

Teleconducerea și telegestiunea instalațiilor electroenergetice;

Automatizări și protecții ale instalațiilor electroenergetice;

Sisteme GIS aplicate în electroenergetică;

Mentenanța echipamentelor;

Monitorizarea instalațiilor.

Limbi străine cunoscute:

Germana

Franceza

Engleza

Iacob Blagu

Anexe I

Anexa IA/1

Ciclurile 1,2		REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR													Anexa IA/1
Nr. încercare/ secvență	Nr. oscilograma	Operația și intervalul de timp	U _a [kV]	I _s [kA]	I _{sc} [kA]	β [%]	U _R [kV]	U _C [kV]	T _{ot} [ms]	T _{pa} [ms]	T _i [ms]	T _d [ms]	T _a [ms]	T _{sc} [ms]	OBSERVAȚII
0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1. *	62907/1	D	-	-	12	<20	60,3	-	-	-	-	42	20	62	Eșapare ușoară de gaze
2. *	62908/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	40	20	60	Eșapare ușoară de gaze
3.	62909/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	40	20	60	Eșapare ușoară de gaze
4. *	62910/1,2	D	-	-	12	<20	57	136	-	-	-	40	20	60	Eșapare ușoară de gaze
5.	62911/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	40	19	59	Eșapare ușoară de gaze
6.	62912/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	38	20	58	Eșapare ușoară de gaze
7.	62913/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	38	19	57	Eșapare ușoară de gaze
8.	62914/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	38	19	57	Eșapare ușoară de gaze
9.	62915/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	40	17	57	Eșapare ușoară de gaze
10.	62916/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	42	16	58	Eșapare ușoară de gaze
11.	62917/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	41	16	57	Eșapare ușoară de gaze
12.	62918/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	42	16	58	Eșapare ușoară de gaze
13.	62919/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	41	17	58	Eșapare ușoară de gaze
14. *	62920/1	D	-	-	12	<20	57	-	-	-	-	42	16	58	Eșapare ușoară de gaze
15. *	62924/1	D	-	-	7,6	<20	59,5	-	-	-	-	43	15	58	Eșapare ușoară de gaze
16. *	62925/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	43	14	59	Eșapare ușoară de gaze
17. *	62926/1,2	D	-	-	7,72	<20	62,7	150	-	-	-	44	14	58	Eșapare ușoară de gaze
18.	62927/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	42	16	58	Eșapare ușoară de gaze
19.	62928/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
20.	62929/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	24	68	Eșapare ușoară de gaze
21.	62930/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
22.	62931/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	24	68	Eșapare ușoară de gaze
23.	62932/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
24.	62933/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
25.	62934/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
26.	62935/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	42	15	57	Eșapare ușoară de gaze
27.	62936/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
28.	62937/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze

Starea aparatului după încercări: În funcționare

Observații: Încercările 1 ÷ 14 sunt încercări din ciclul 1 din program, înregistrările efectuându-se pentru fiecare încercare.

* Încercări redactate și în oscilogramă

Ciclurile 2,3		REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR											Anexa IA/2		
Nr. încercare/secvență	Nr. oscilograma	Operația și intervalul de timp	U _a [kV]	I _s [kA]	I _{sc} [kA]	β [%]	U _R [kV]	U _C [kV]	T _{gt} [ms]	T _{pa} [ms]	T _i [ms]	T _d [ms]	T _e [ms]	T _{sc} [ms]	OBSERVAȚII
0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
29.	62938/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	23	67	Eșapare ușoară de gaze
30.	62939/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
31.	62940/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
32.	62941/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	13	57	Eșapare ușoară de gaze
33.	62942/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	23	67	Eșapare ușoară de gaze
34.	62943/1	D	-	-	7,72	<20	62,7	-	-	-	-	44	24	68	Eșapare ușoară de gaze
35.	62945/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	17	57	Eșapare ușoară de gaze
36.	62946/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	18	58	Eșapare ușoară de gaze
37.	62947/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	18	58	Eșapare ușoară de gaze
38.	62948/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	18	58	Eșapare ușoară de gaze
39.	62949/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	18	58	Eșapare ușoară de gaze
40.	62950/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	19	59	Eșapare ușoară de gaze
41.	62951/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	18	58	Eșapare ușoară de gaze
42.	62952/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	38	19	57	Eșapare ușoară de gaze
43.	62953/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	18	57	Eșapare ușoară de gaze
44.	62954/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	38	19	57	Eșapare ușoară de gaze
45.	62955/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	18	57	Eșapare ușoară de gaze
46.	62956/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	18	57	Eșapare ușoară de gaze
47.	62957/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	18	57	Eșapare ușoară de gaze
48.	62958/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	19	58	Eșapare ușoară de gaze
49.	62959/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	10	49	Eșapare ușoară de gaze
50.	62960/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	18	57	Eșapare ușoară de gaze
51.	62961/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	38	18	56	Eșapare ușoară de gaze
52.	62962/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	39	9	48	Eșapare ușoară de gaze
53.	62963/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	40	9	49	Eșapare ușoară de gaze
54. *	62964/1	D	-	-	7,78	<20	63,8	-	-	-	-	38	19	57	Eșapare ușoară de gaze
55. *	62968/1,2	D	-	-	3,9	<20	62,7	166	-	-	-	36	28	64	Eșapare ușoară de gaze
56.	62969/1	D	-	-	4	<20	63	-	-	-	-	36	18	54	Eșapare ușoară de gaze

Starea aparatului după încercări: În funcționare

Observații: Încercările 15 ÷ 54 sunt încercări din ciclul 2 din program, înregistrările efectuându-se pentru fiecare încercare.

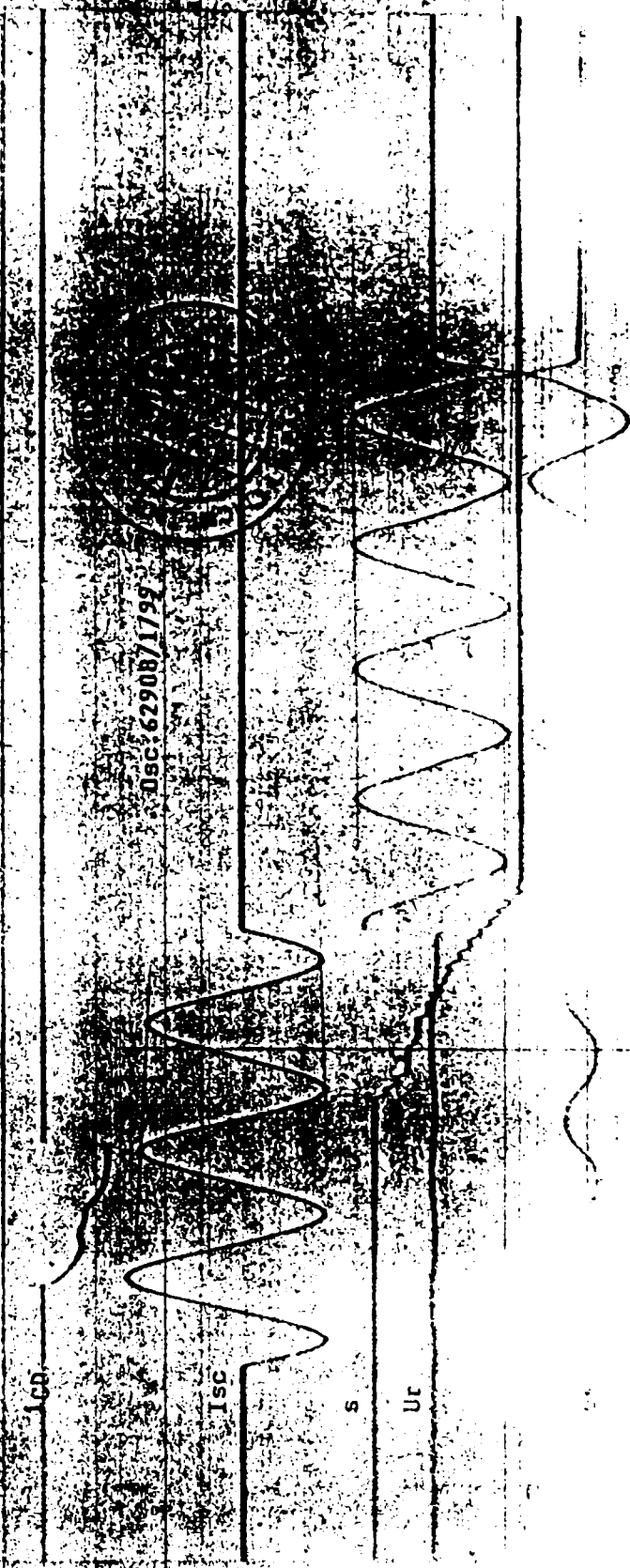
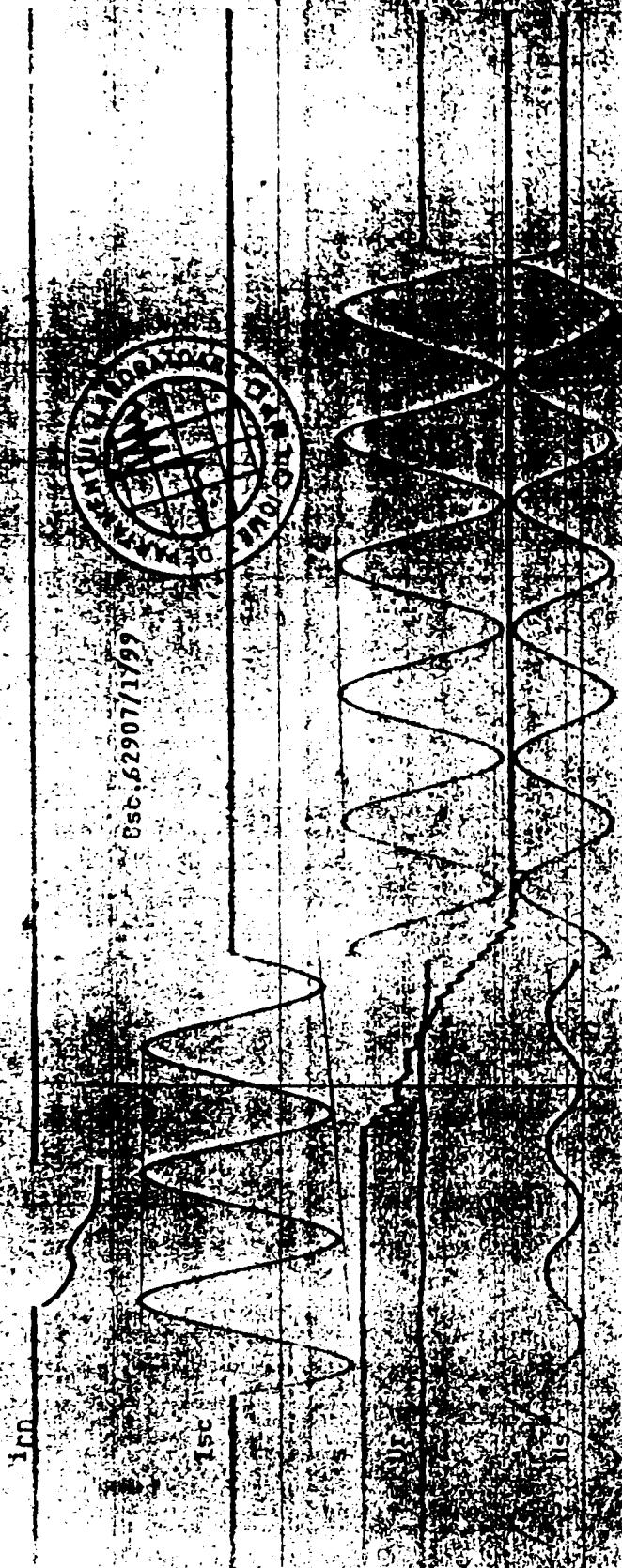
* Încercări redatăe și în oscilogramă

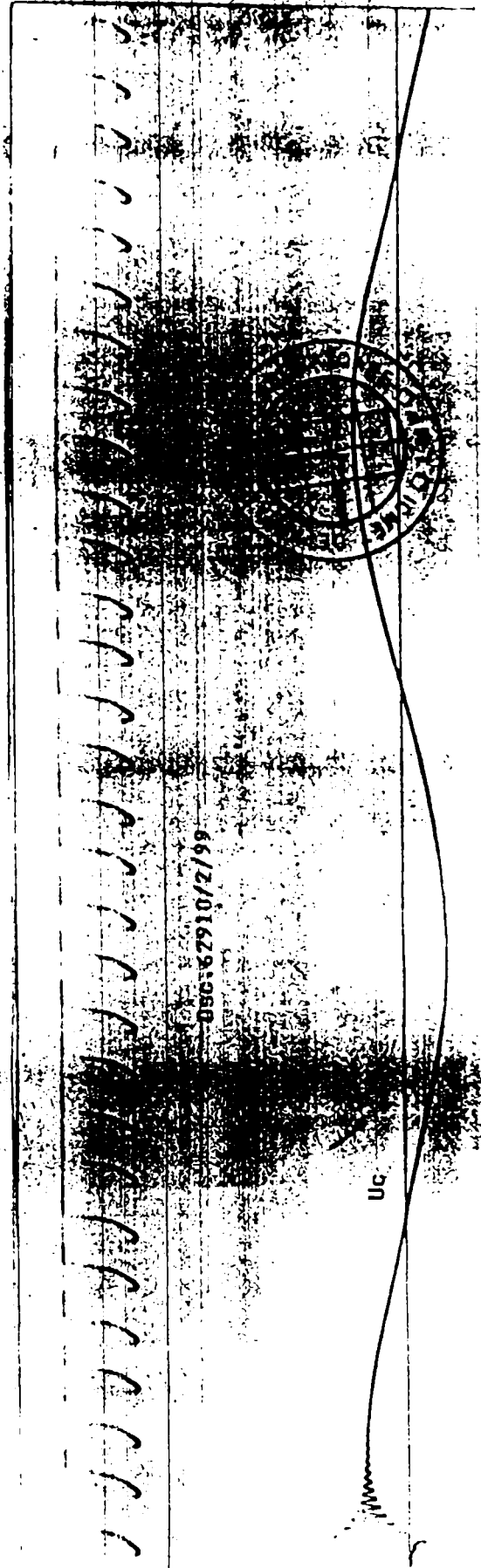
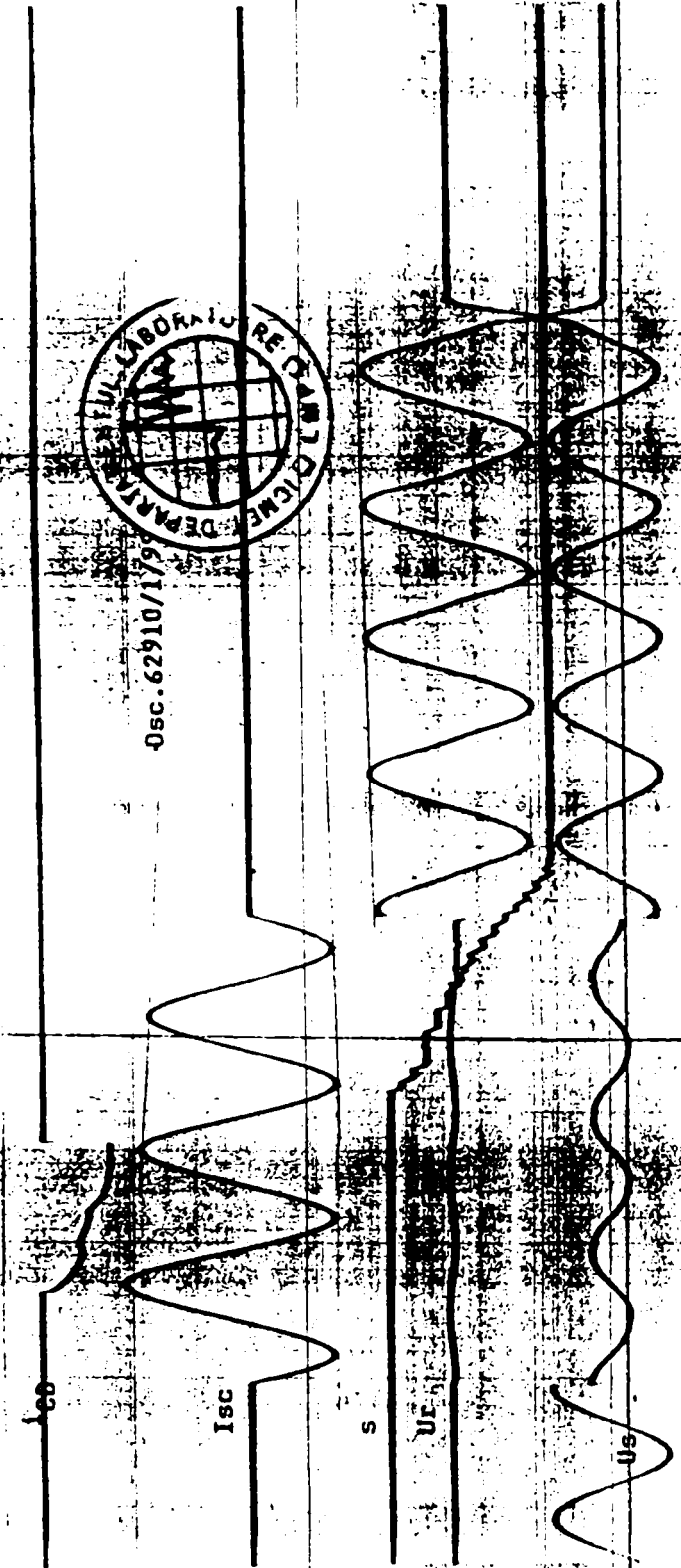
Anexa IA/3															
Ciclul 3															
Starea aparatului înainte încercării: Revizuit															
Nr. încercare/secvență	Nr. oscilograma	Operația și intervalul de timp	U _a [kV]	I _s [kA]	I _{sc} [kA]	β [%]	U _R [kV]	U _C [kV]	T _α [ms]	T _{pa} [ms]	T _i [ms]	T _d [ms]	T _a [ms]	T _{sc} [ms]	OBSERVAȚII
0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
57.	62970/1	D	-	-	4	<20	63	-	-	-	-	38	17	55	Eșapare ușoară de gaze
58.	62971/1	D	-	-	3,9	<20	62,7	-	-	-	-	34	20	54	Eșapare ușoară de gaze
59.	62972/1	D	-	-	3,9	<20	61,7	-	-	-	-	38	29	67	Eșapare ușoară de gaze
60.	62976/1	D	-	-	3,9	<20	59	-	-	-	-	34	21	55	Eșapare ușoară de gaze
61.	62977/1	D	-	-	3,7	<20	59	-	-	-	-	36	28	64	Eșapare ușoară de gaze
62.	62978/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	35	20	55	Eșapare ușoară de gaze
63.	62979/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	35	28	63	Eșapare ușoară de gaze
64.	62980/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	36	19	55	Eșapare ușoară de gaze
65.	62981/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	32	23	55	Eșapare ușoară de gaze
66.	62982/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	32	12	44	Eșapare ușoară de gaze
67.	62983/1	D	-	-	3,73	<20	59	-	-	-	-	36	12	48	Eșapare ușoară de gaze
68.	63003/1	D	-	-	4	<20	62	-	-	-	-	38	16	54	Eșapare ușoară de gaze
69.	63004/1	D	-	-	4	<20	61	-	-	-	-	35	22	57	Eșapare ușoară de gaze
70.	63005/1	D	-	-	4	<20	62	-	-	-	-	37	22	59	Eșapare ușoară de gaze
71.	63006/1	D	-	-	4	<20	62	-	-	-	-	36	18	54	Eșapare ușoară de gaze
72.	63007/1	D	-	-	4	<20	62	-	-	-	-	36	28	64	Eșapare ușoară de gaze
73.	63008/1	D	-	-	4	<20	62	-	-	-	-	33	29	62	Eșapare ușoară de gaze
74.	63032/1	D	-	-	4	<20	57,2	-	-	-	-	34	23	57	Eșapare ușoară de gaze
75.	63033/1	D	-	-	4	<20	57,9	-	-	-	-	34	25	59	Eșapare ușoară de gaze
76.	63034/1	D	-	-	4	<20	59,3	-	-	-	-	36	18	54	Eșapare ușoară de gaze
77.	63035/1	D	-	-	4	<20	59,3	-	-	-	-	34	18	52	Eșapare ușoară de gaze
78. *	63036/1	D	-	-	4	<20	59,3	-	-	-	-	36	16	52	Eșapare ușoară de gaze
79. *	63037/1	D	-	-	4	<20	59,3	-	-	-	-	34	22	56	Eșapare ușoară de gaze

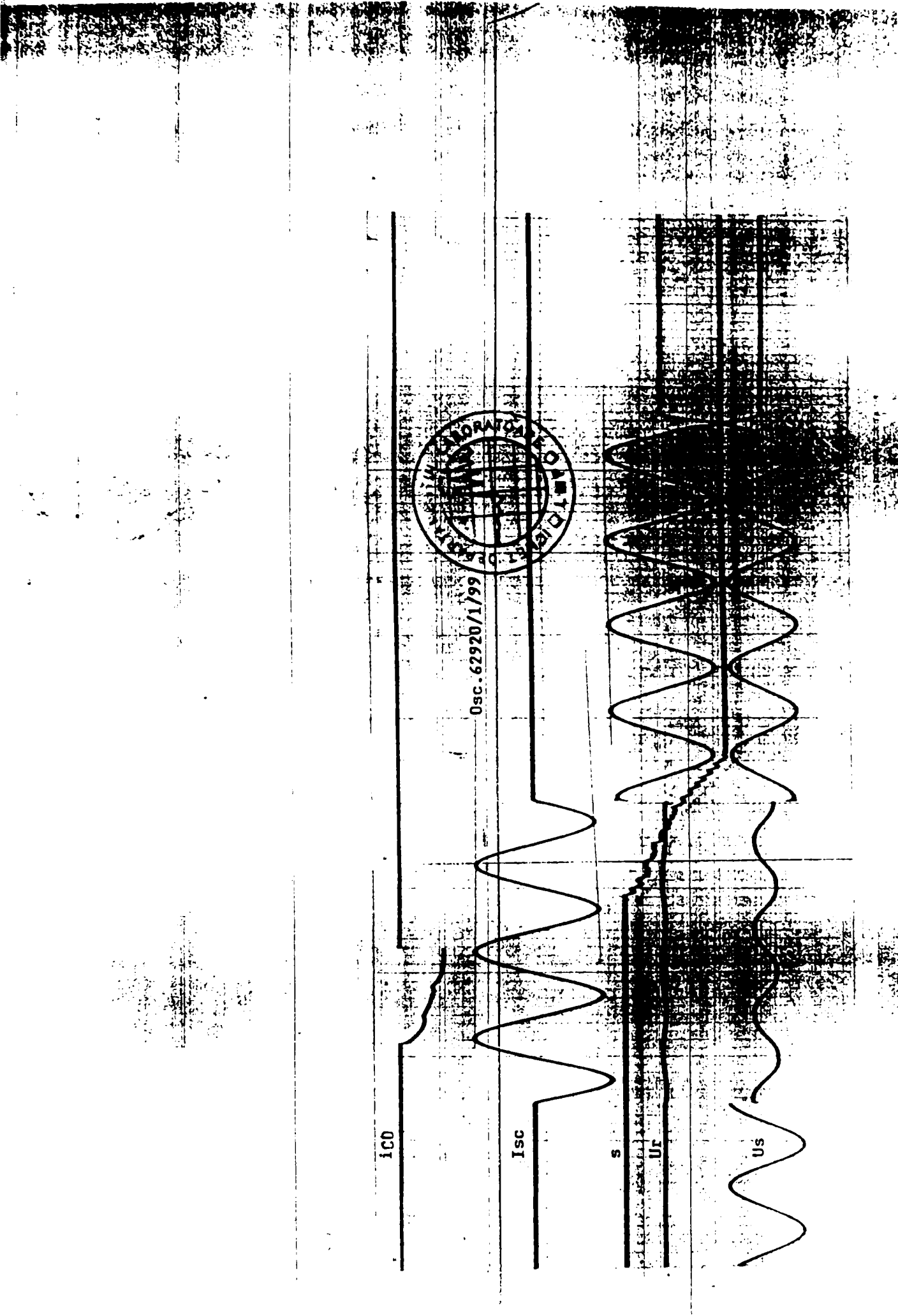
Starea aparatului după încercări: în funcționare

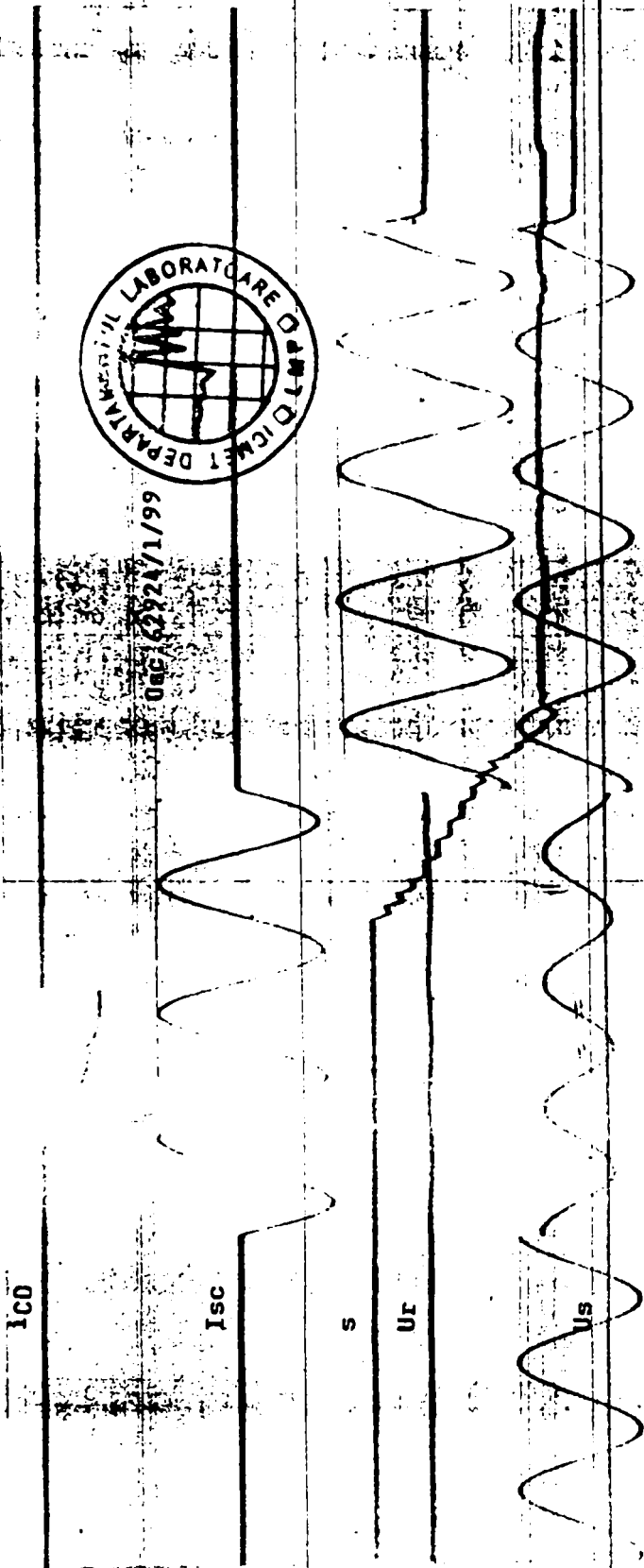
Observații: Încercările 55 ÷ 155 sunt încercări din ciclul 3 din program, înregistrările efectuându-se numai pentru încercările din tabel, numerotate de la 55 până la 79, din cinci în cinci manevre.

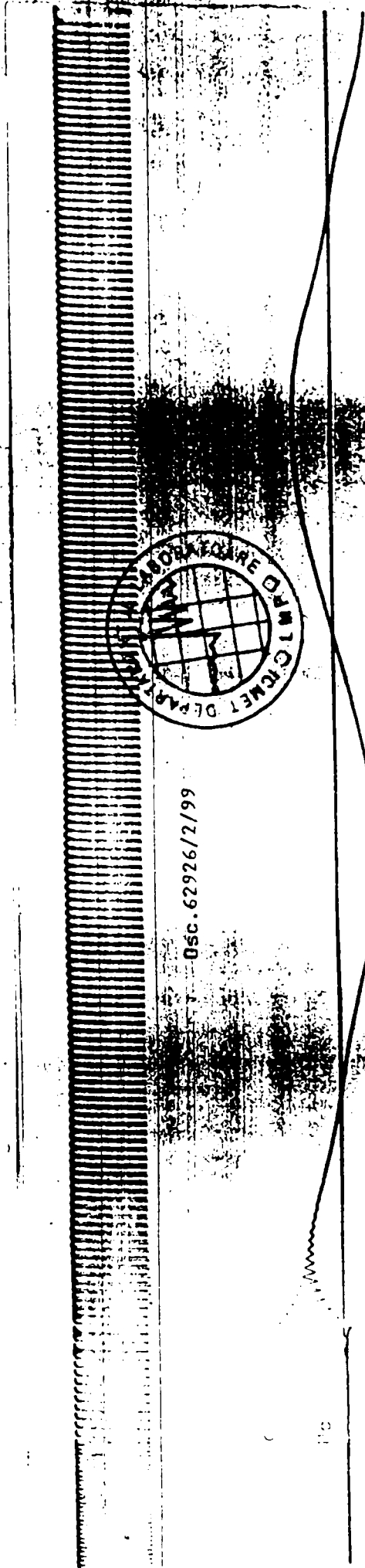
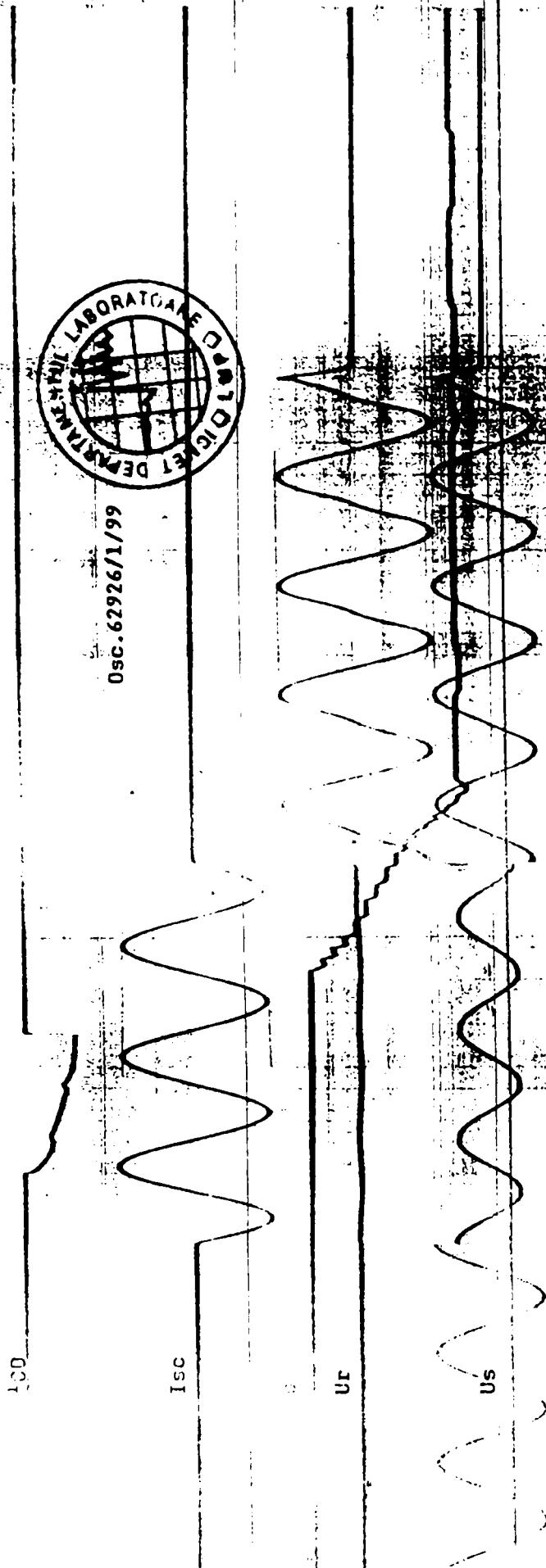
* Încercări redactate și în oscilogramă



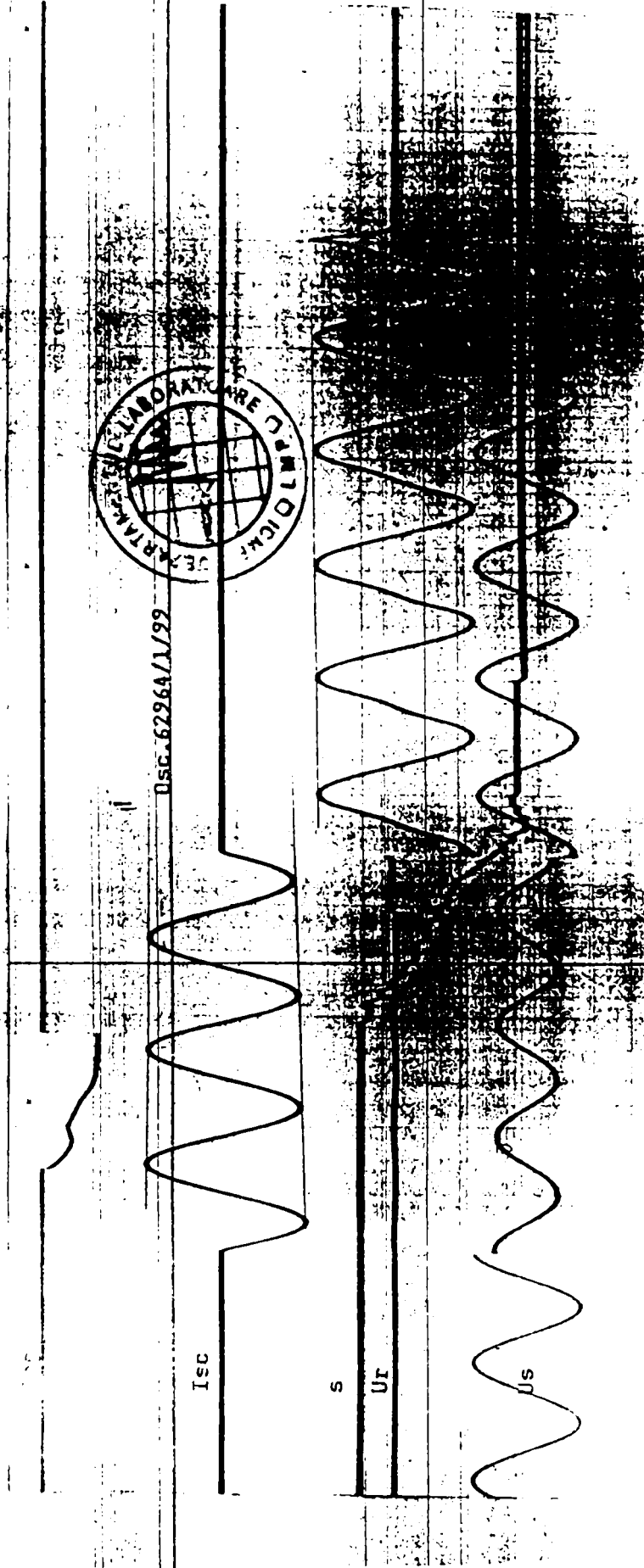


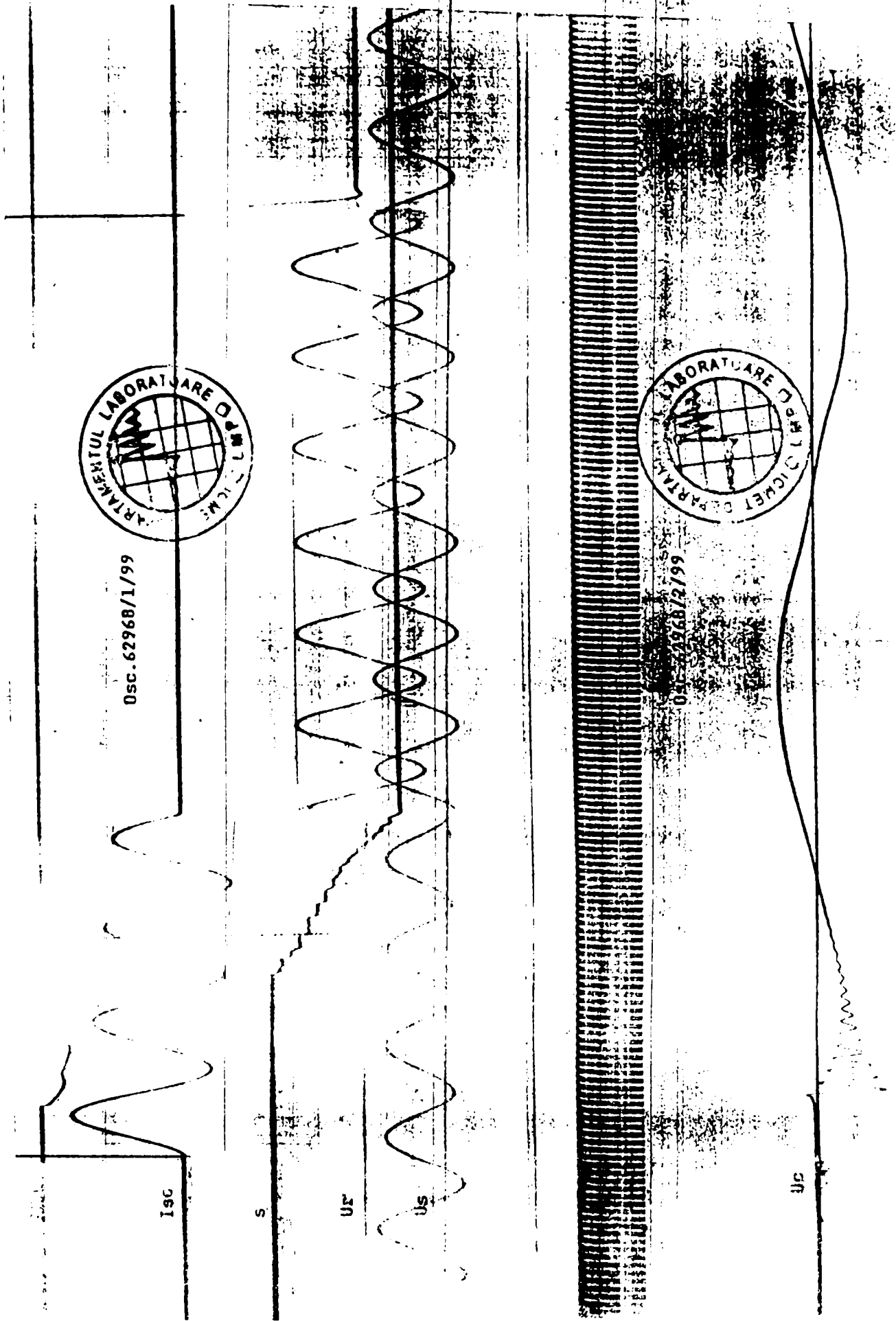


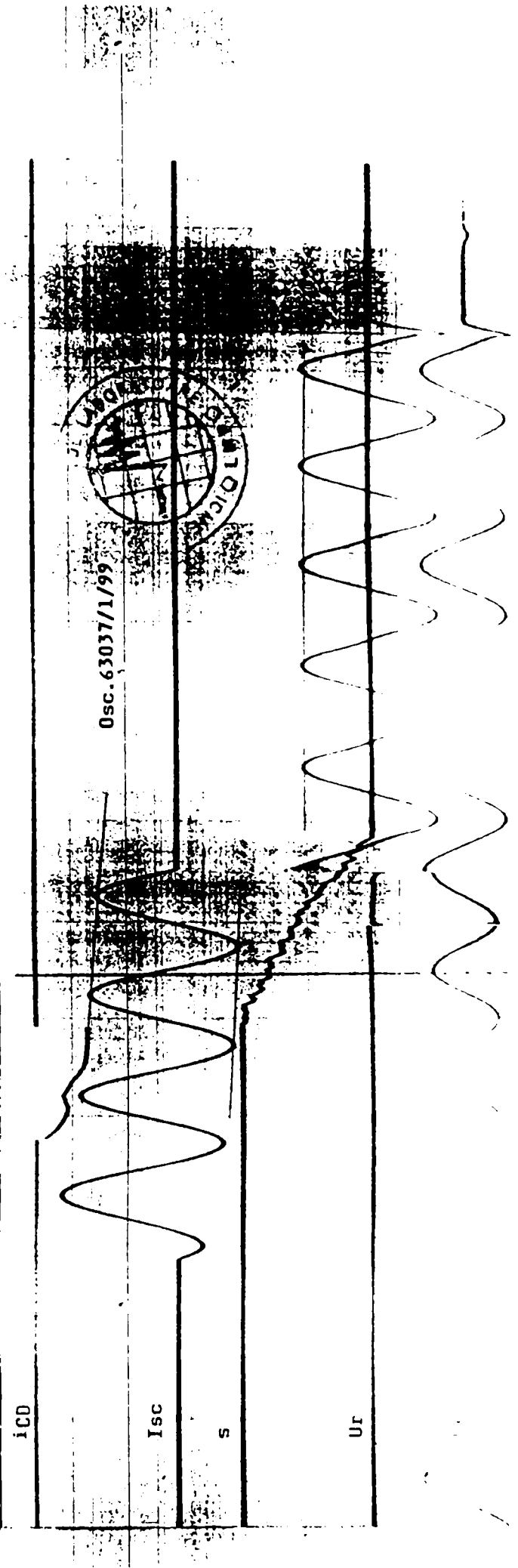
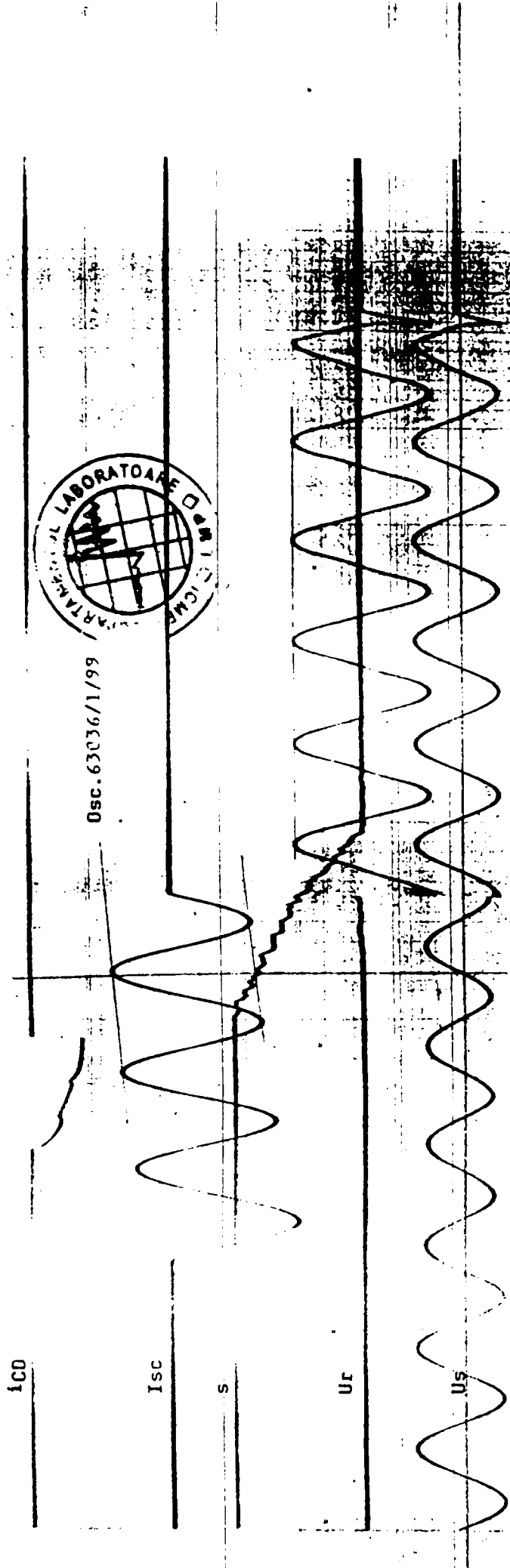




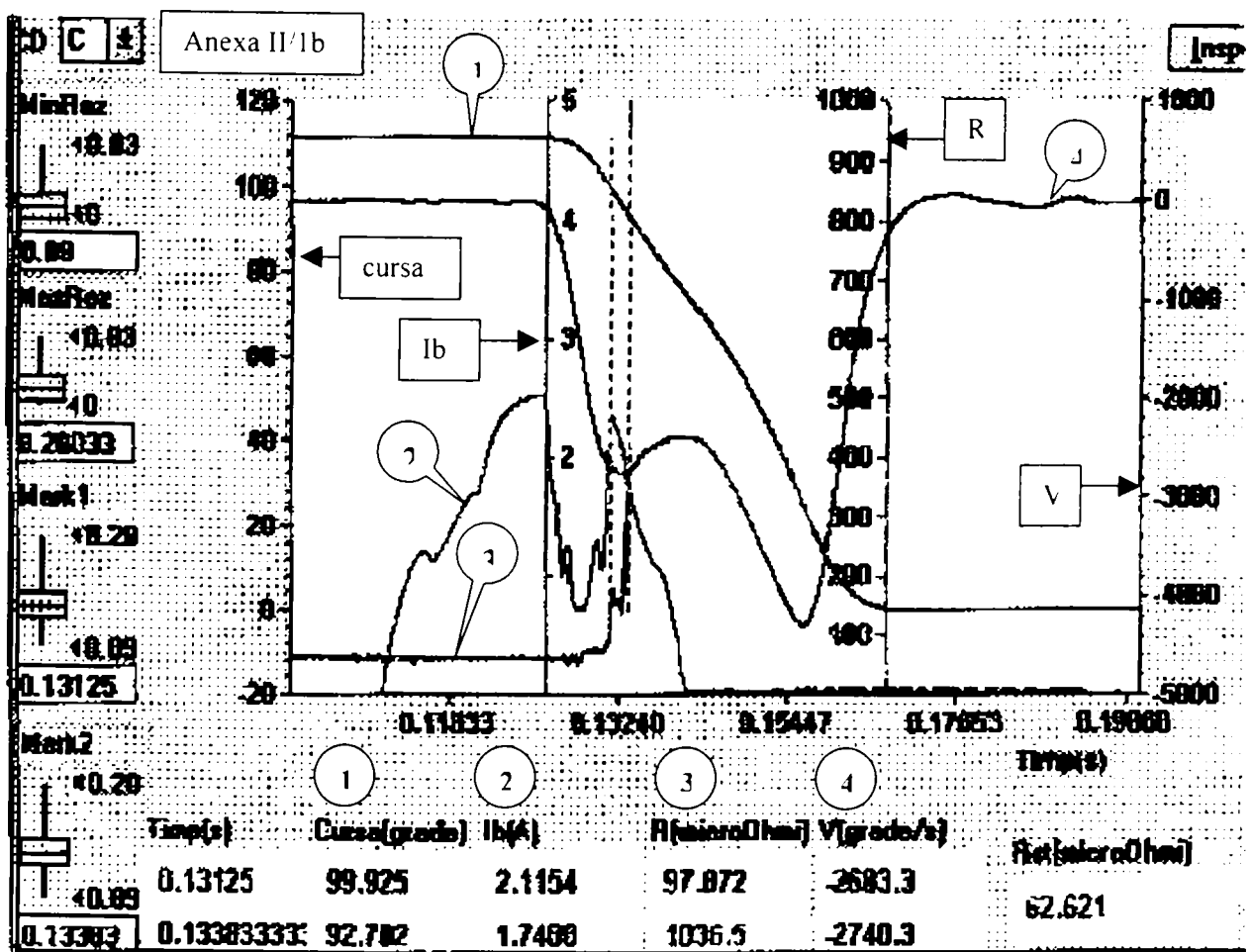
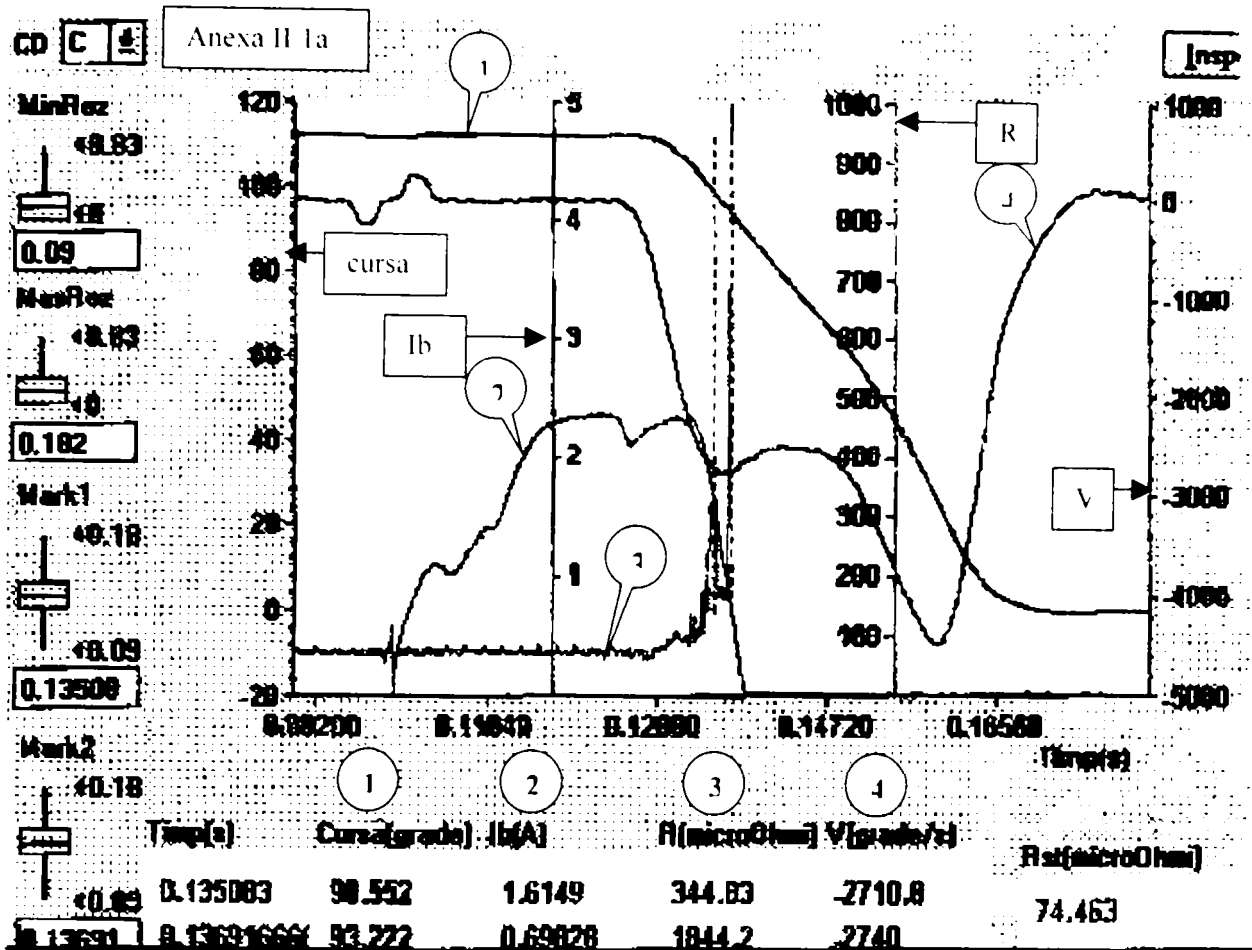
C

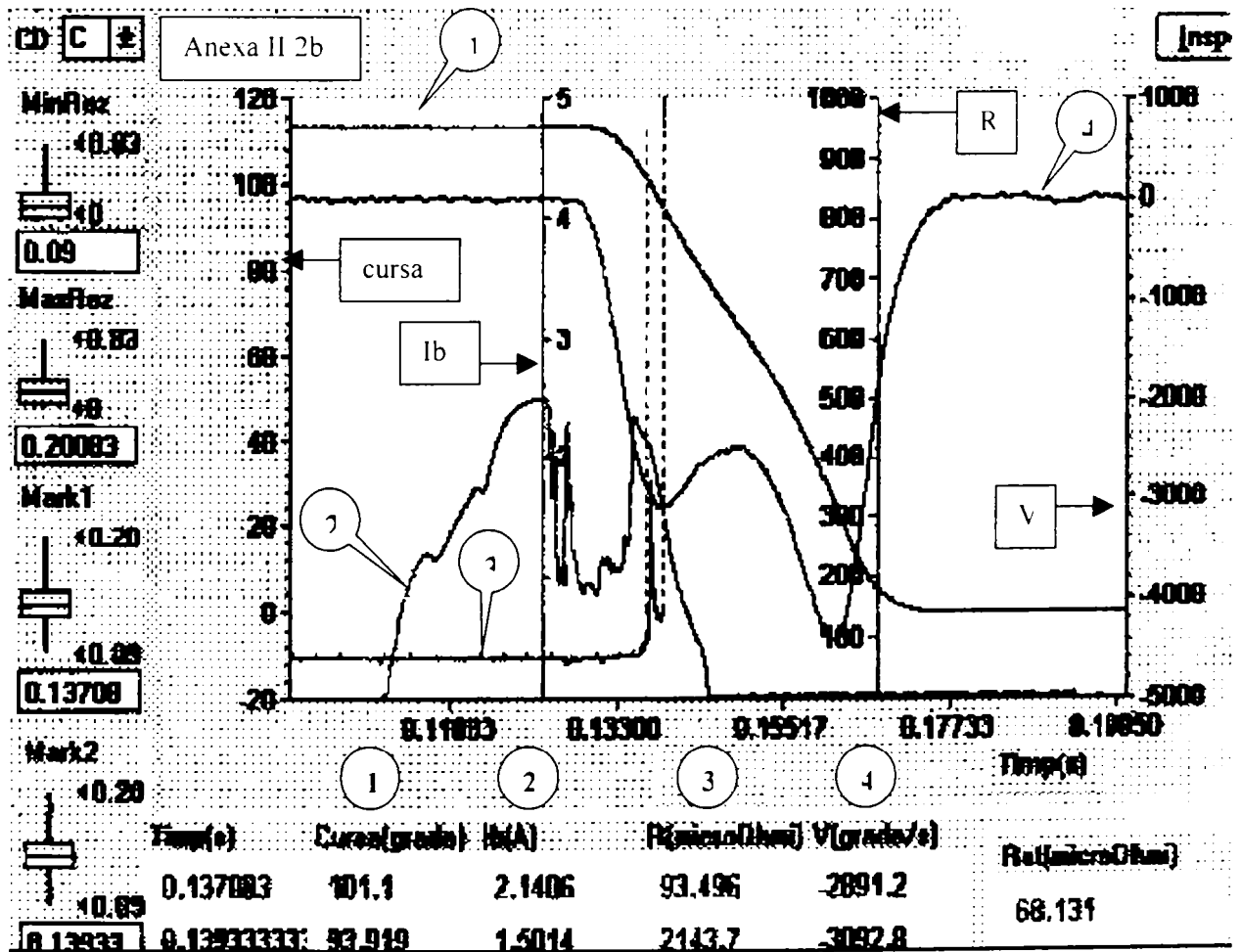
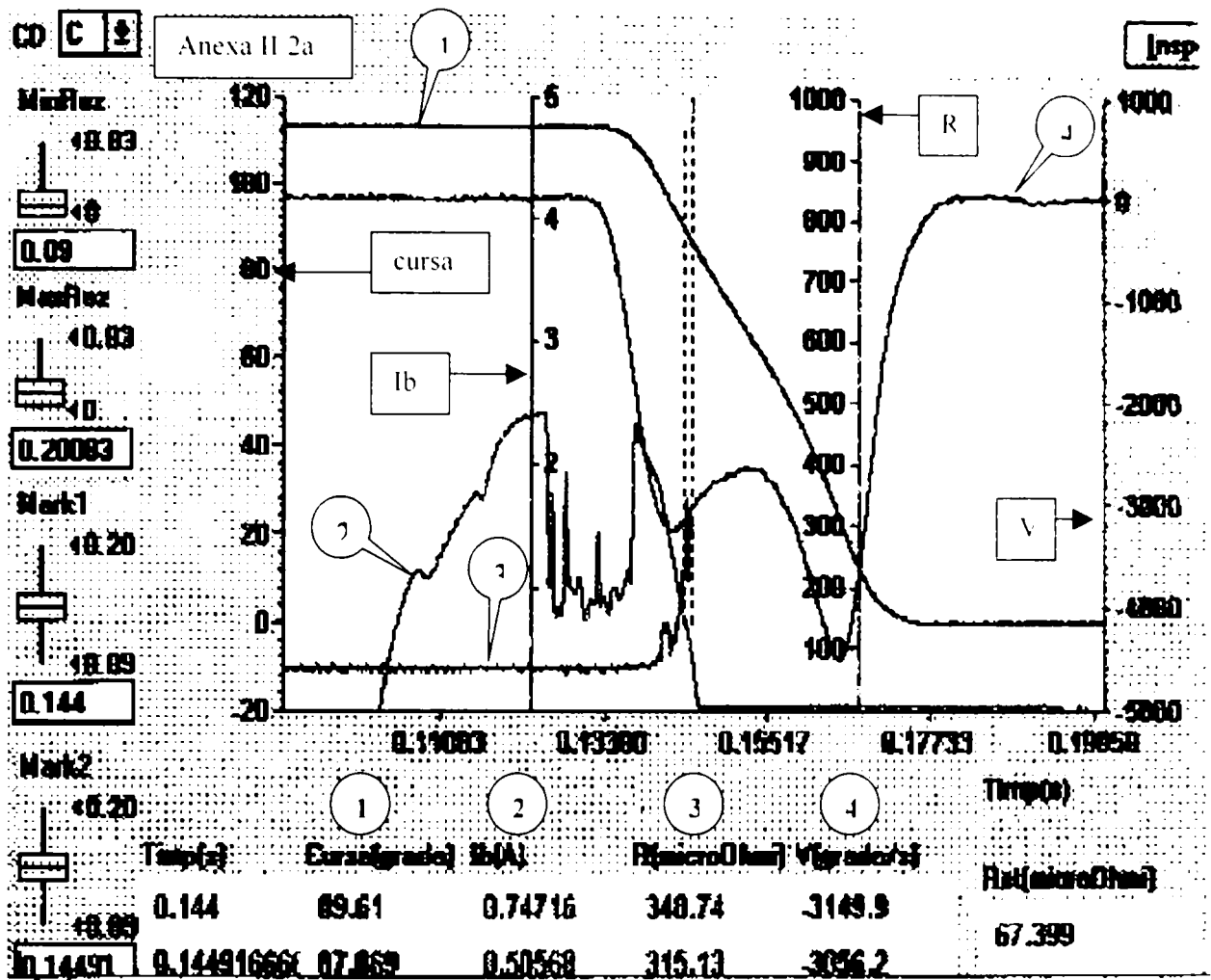


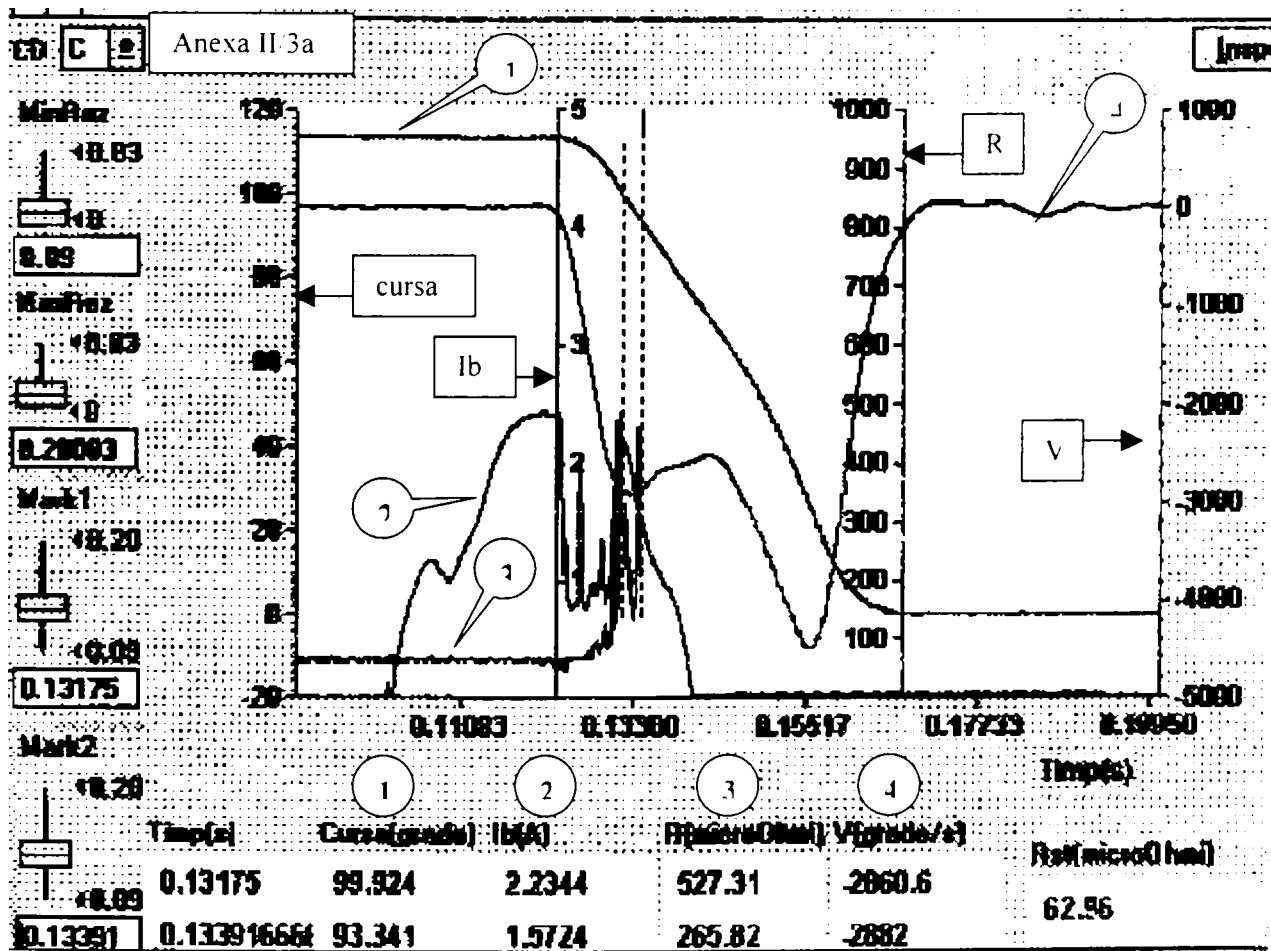
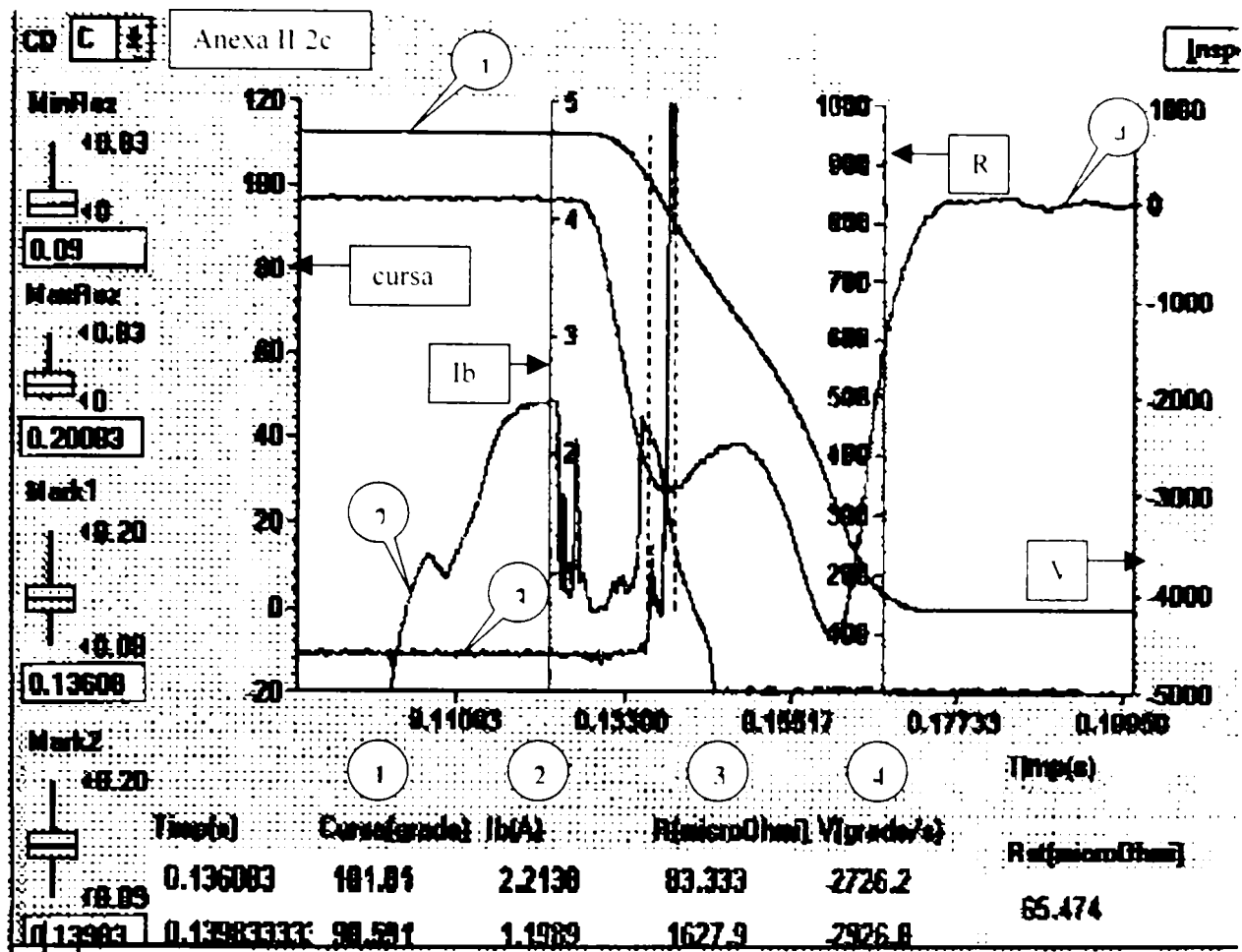


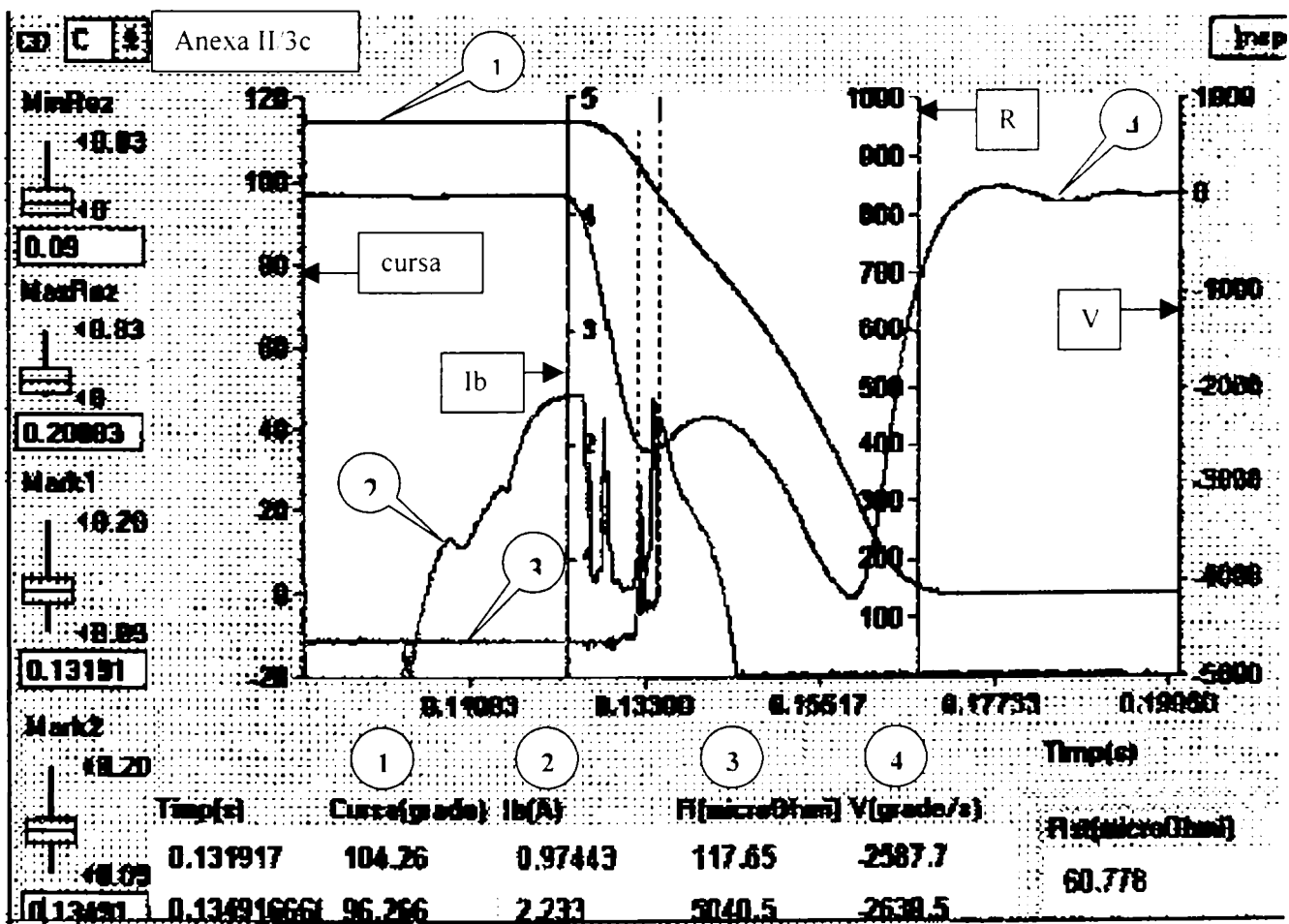
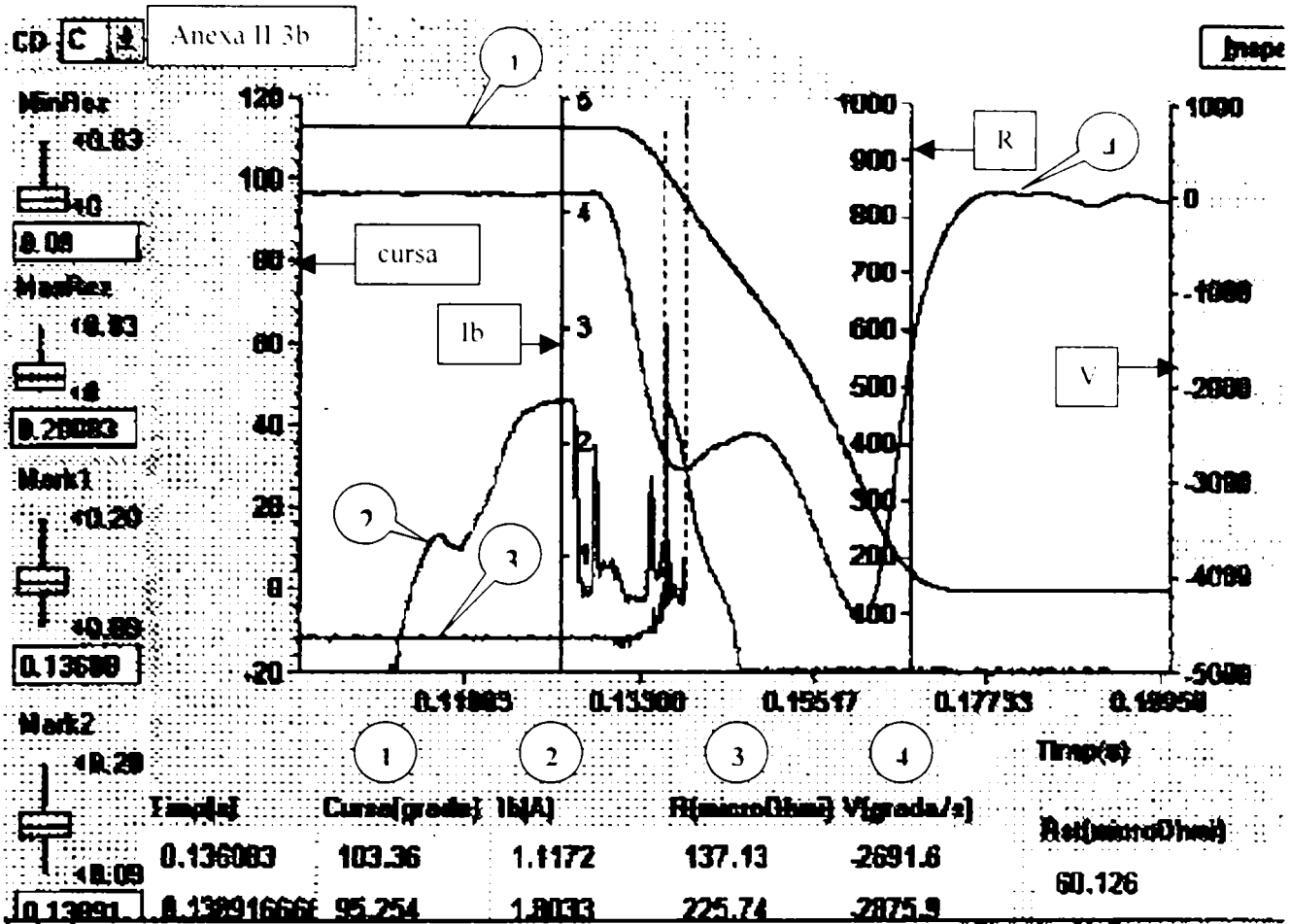


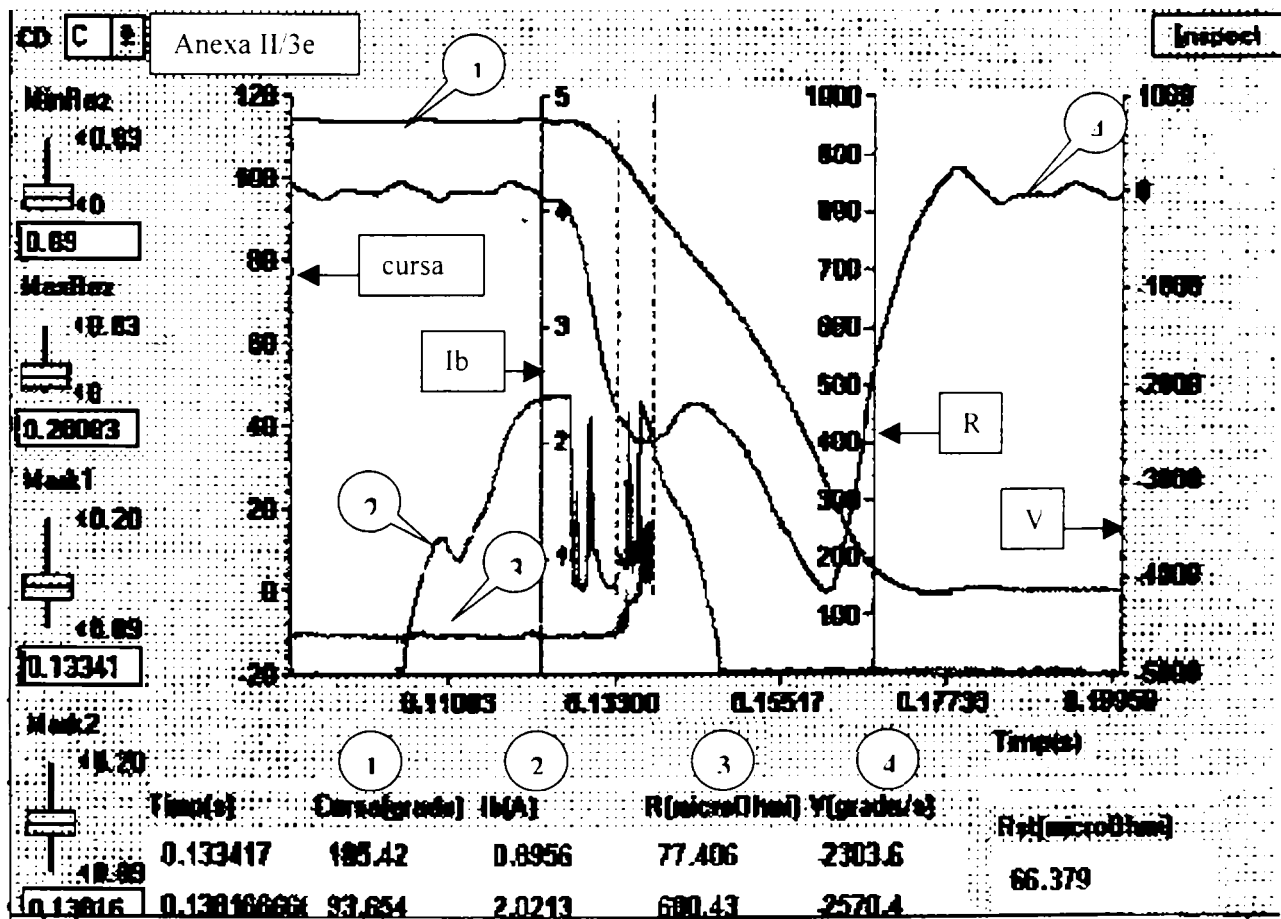
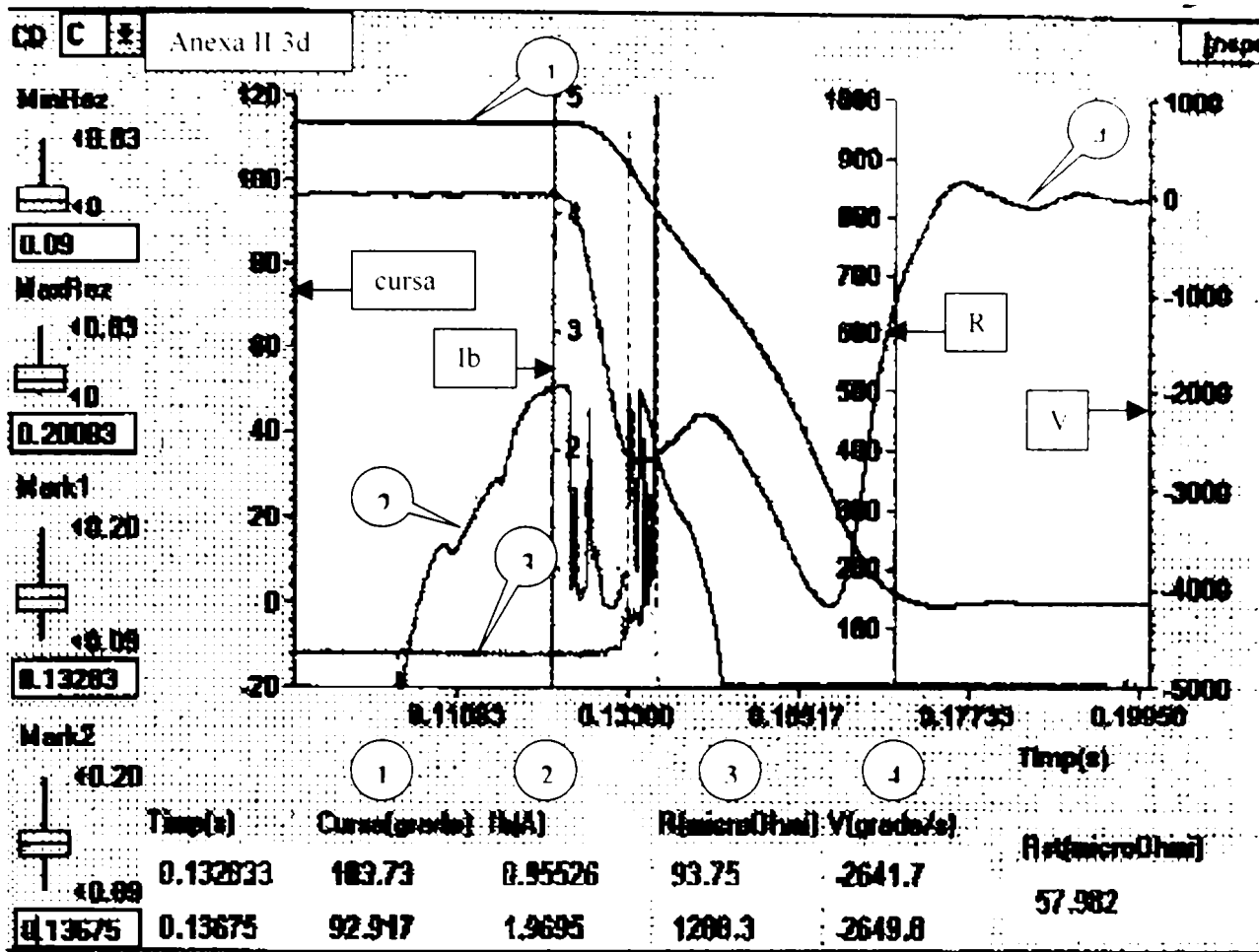
Anexe II

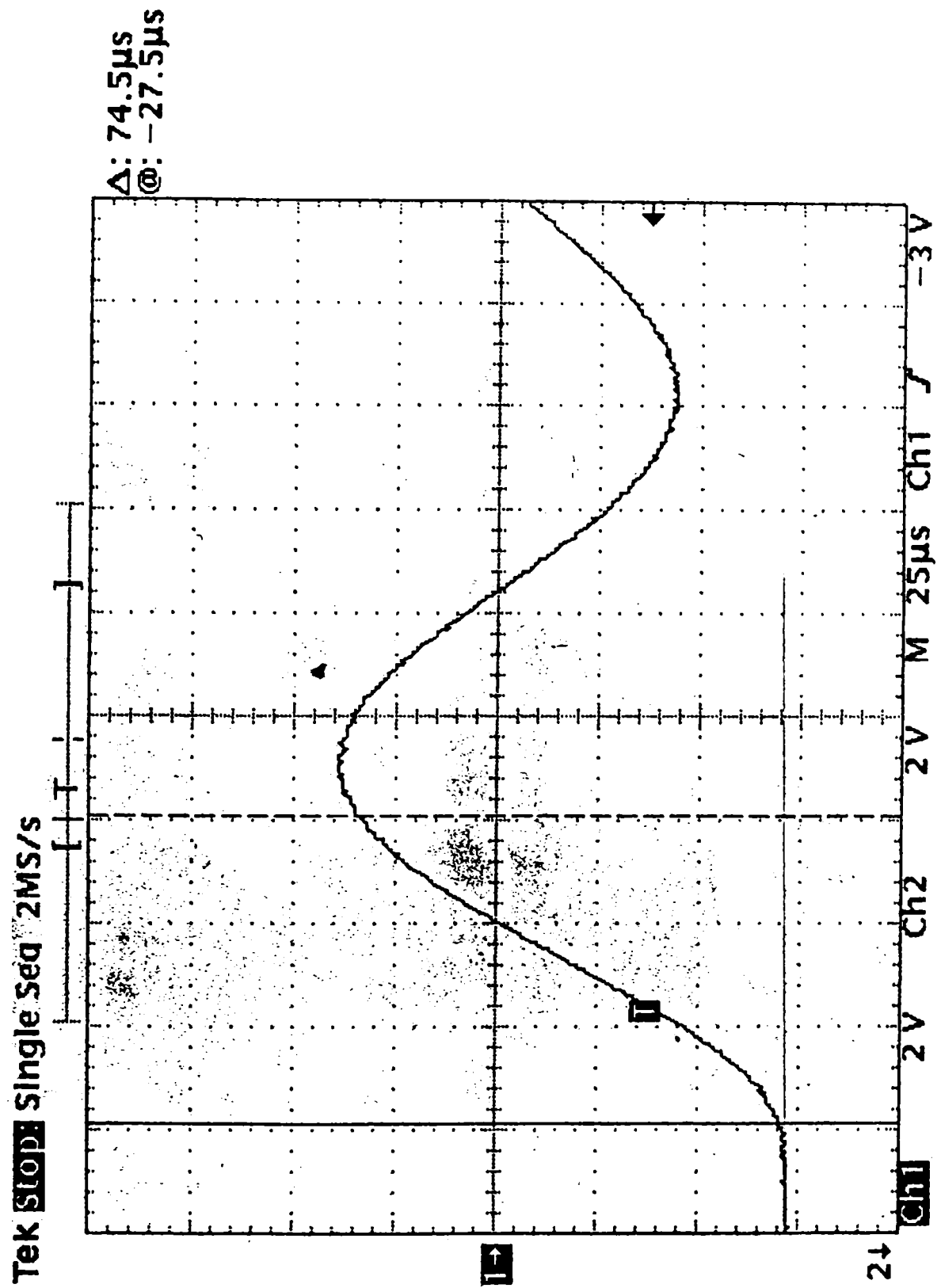




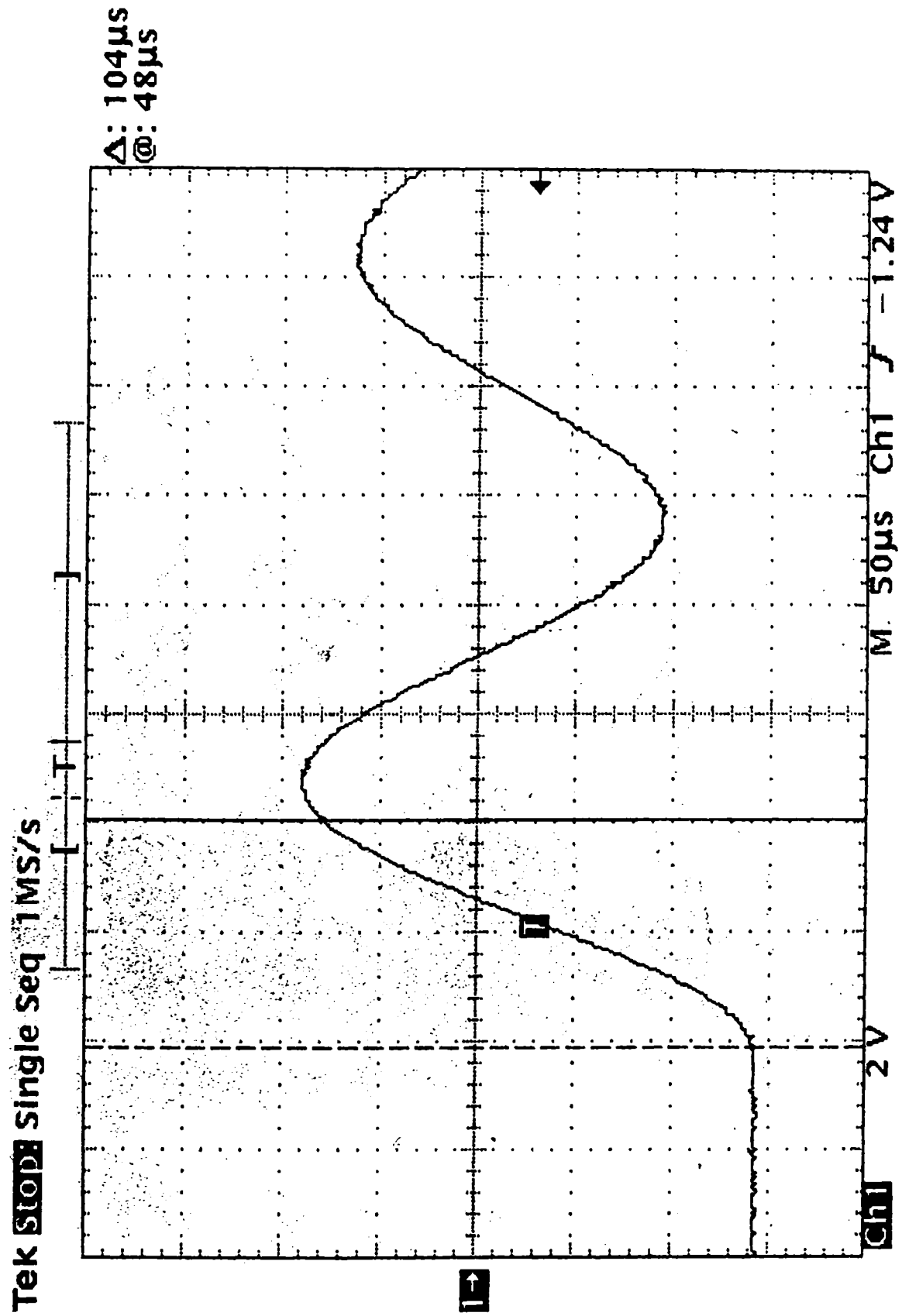




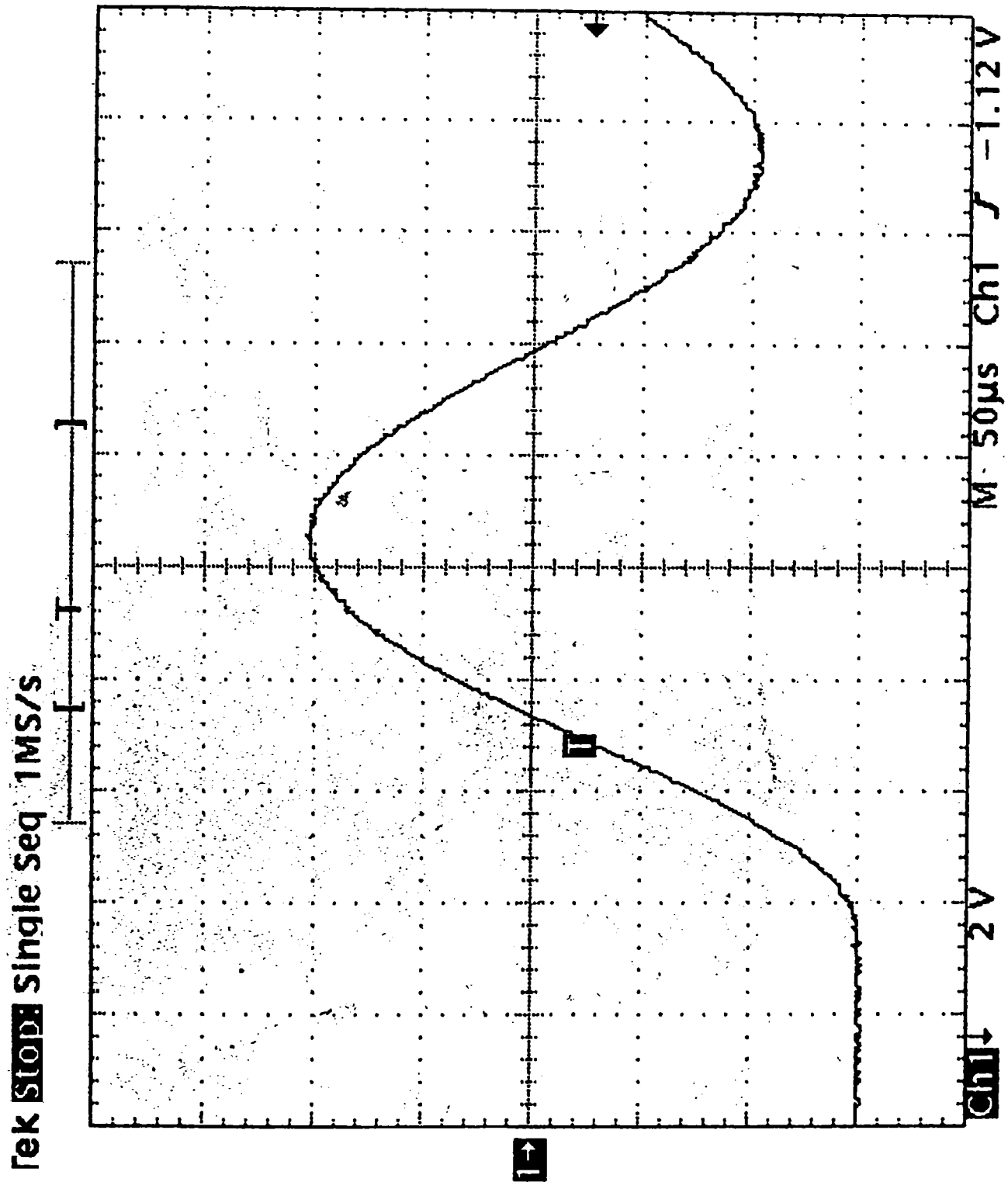




Oscilograma tensiunii tranzitorii de restabilire prezumată pentru $I_{sc}=12\text{kA}$ [49]

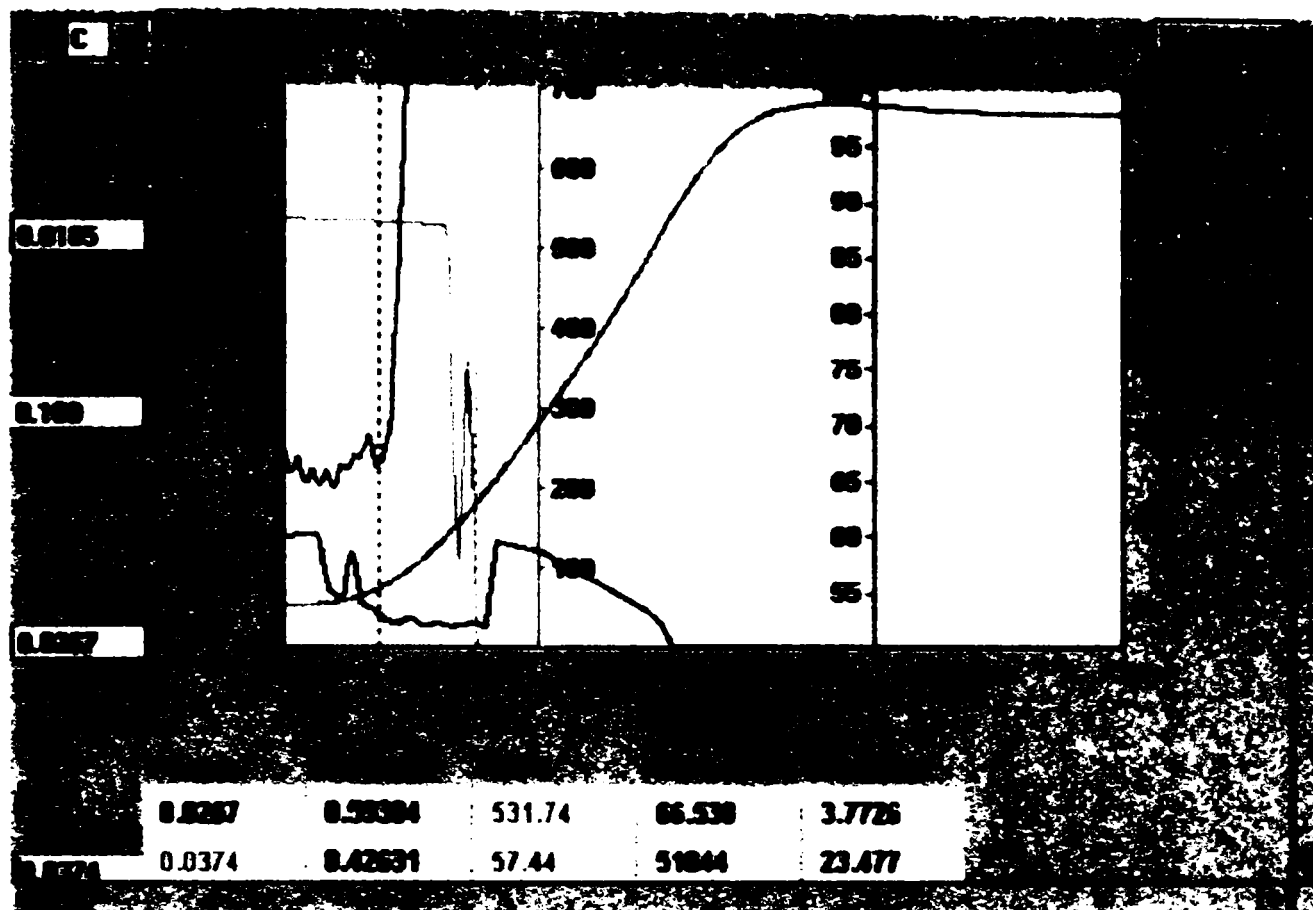


Oscilograma tensiunii tranzitorii de restabilire prezumată pentru $I_{sc}=8kA$ [49]

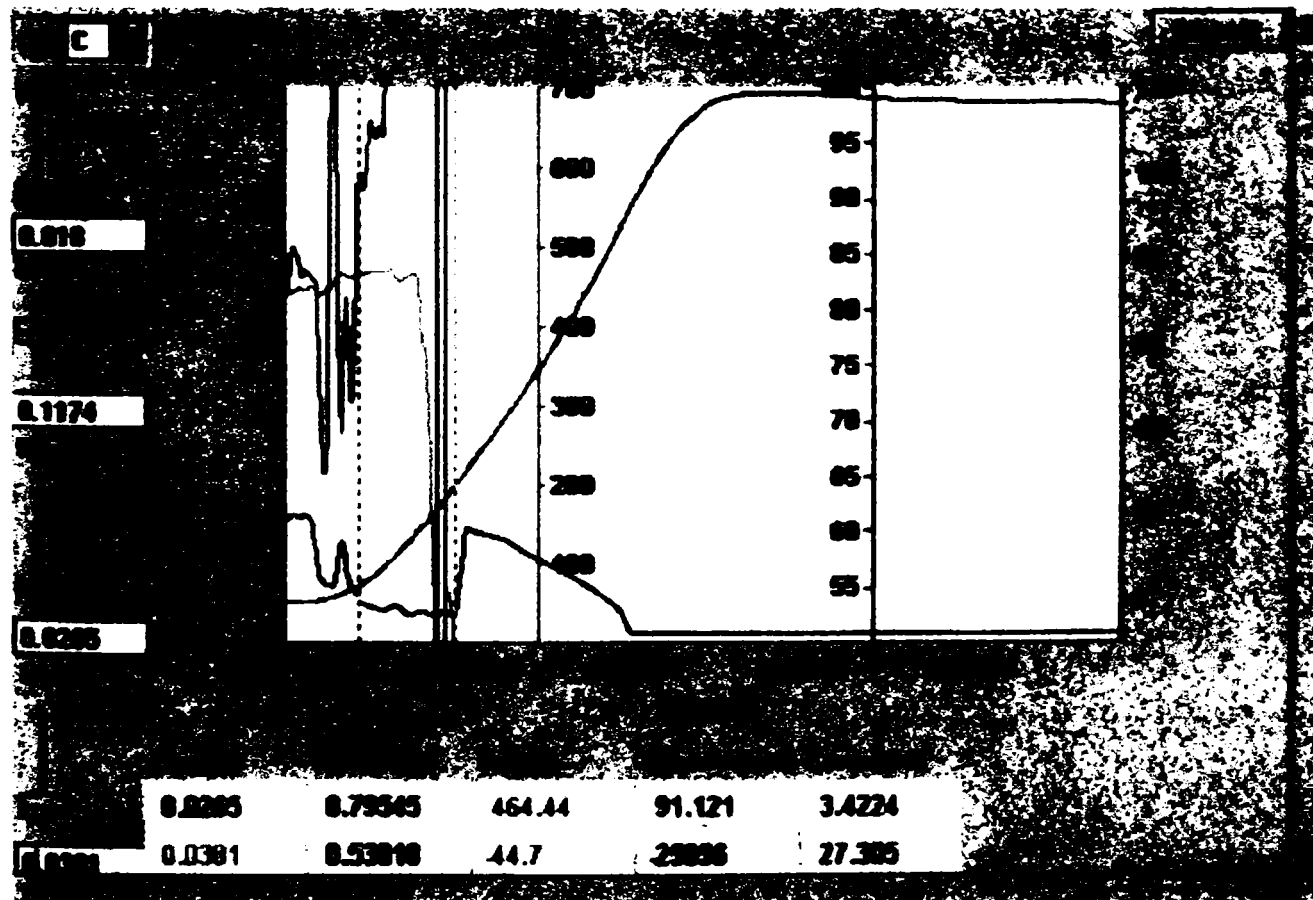


Oscilograma tensiunii tranzitorii de restabilire prezumată pentru $I_{sc}=4kA$ [49]

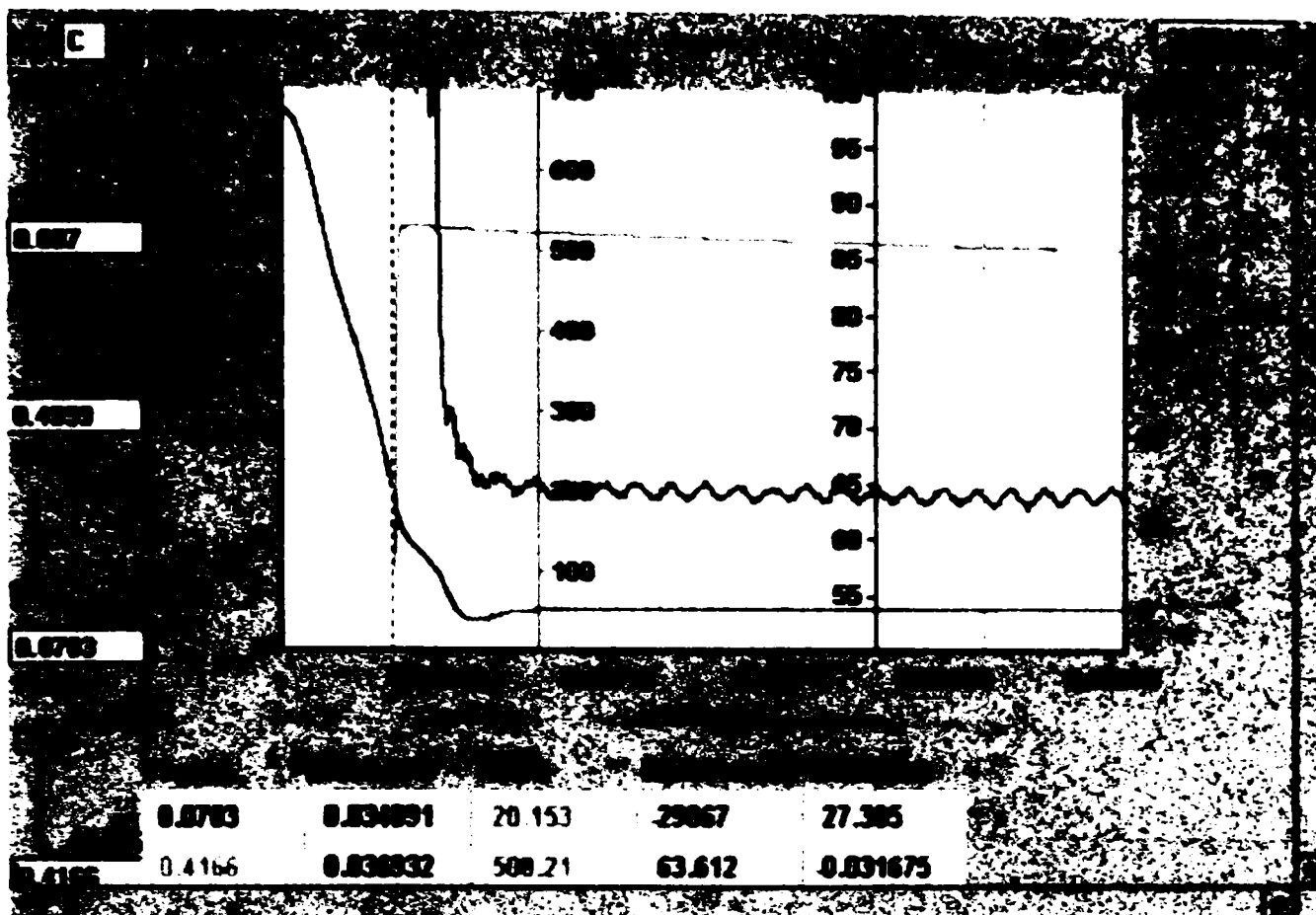
Diagnosticarea prin rezistența de contact - manevra de deschidere:
 IO 110 kV/1600 A - contacte nemodificate



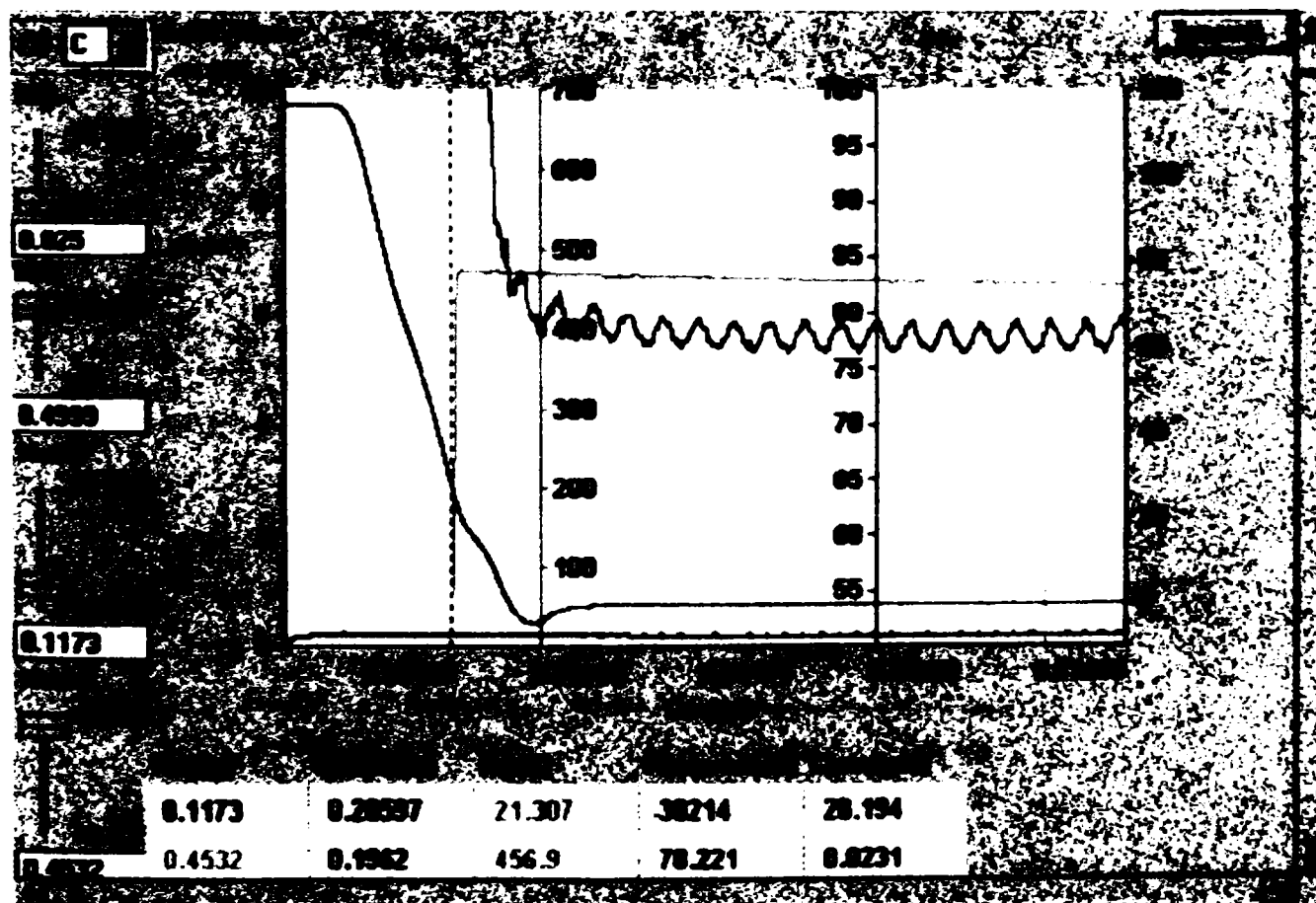
Diagnosticarea prin rezistența de contact - manevra de deschidere:
 IO 110 kV/1600 A - contacte modificate



Diagnosticarea prin rezistenta de contact - manevra de inchidere:
IO 110 kV/1600 A - contacte nemodificate

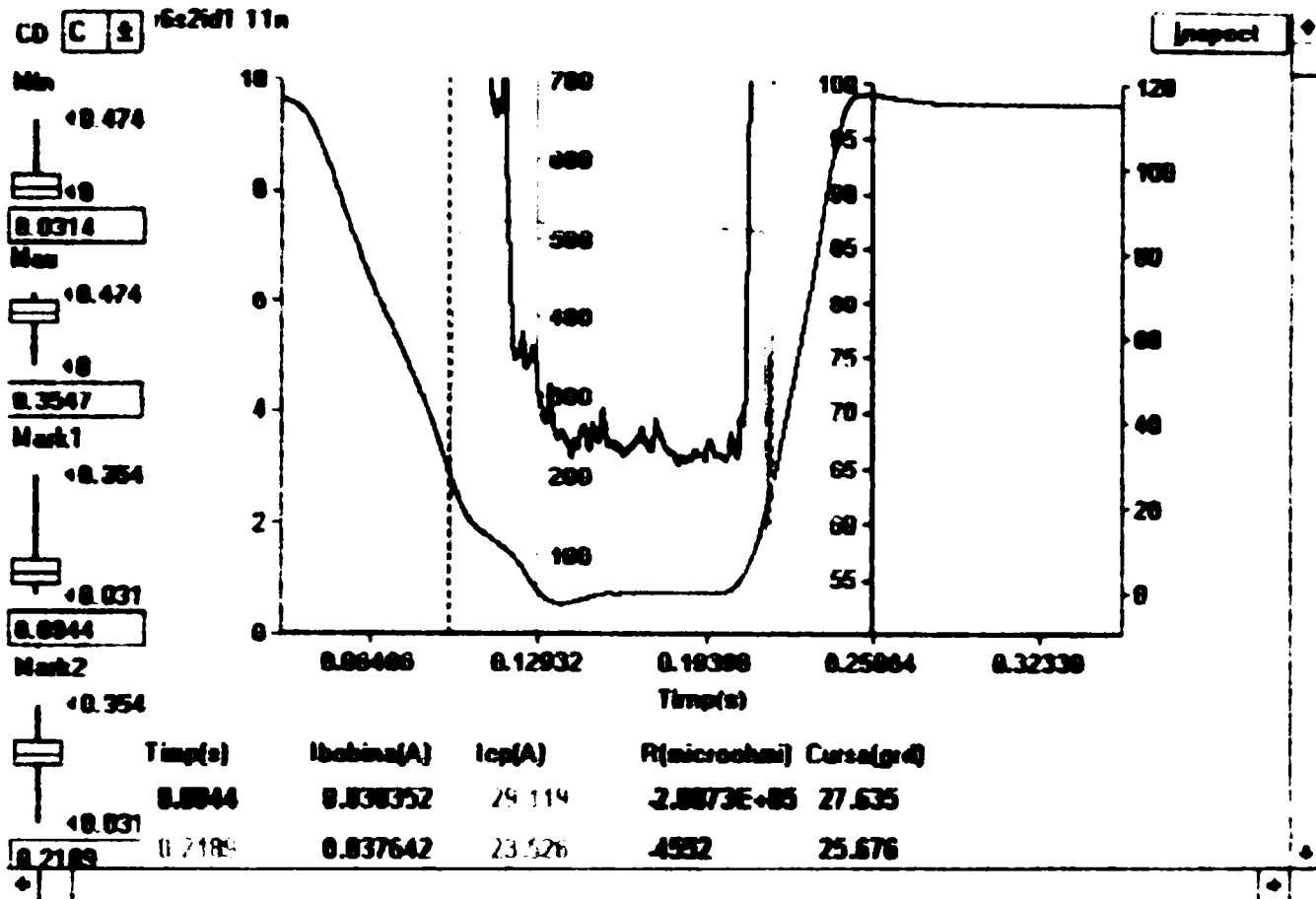


Diagnosticarea prin rezistenta de contact - manevra de inchidere:
IO 110 kV/1600 A - contacte modificate



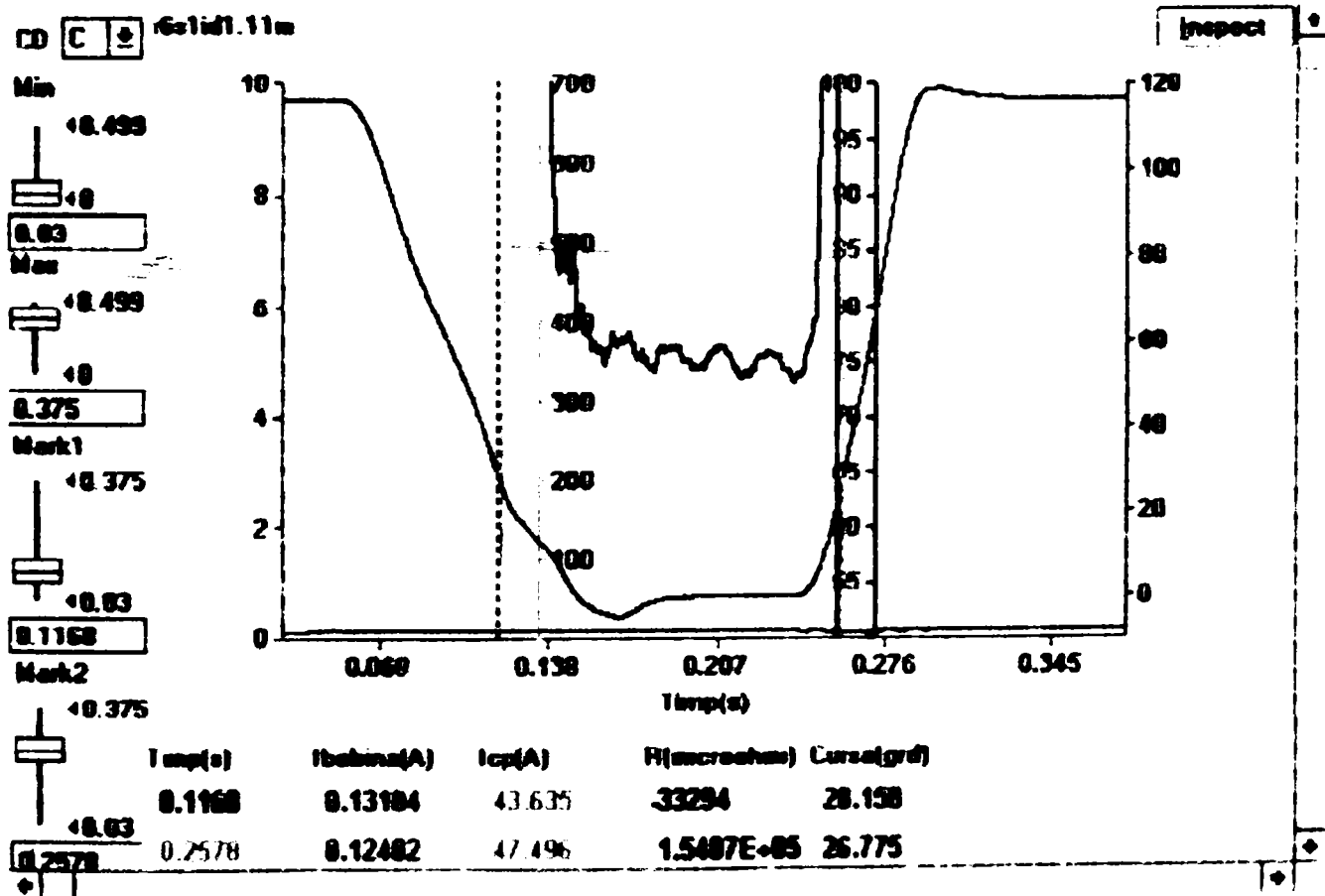
Diagnosticarea prin rezistenta de contact - ciclu de manevra I-D:

10 110 kV/1600 A - contacte nemodificate

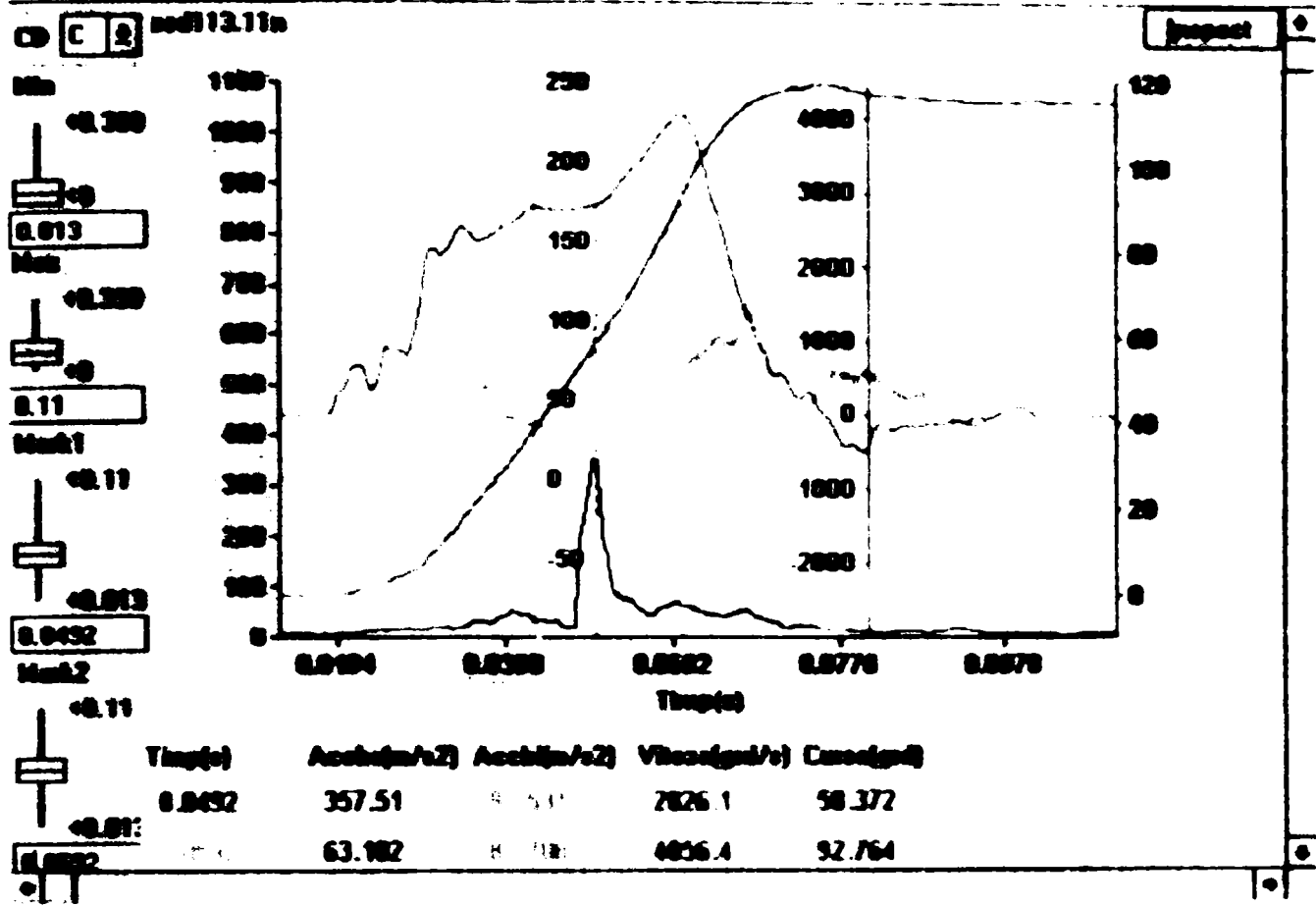


Diagnosticarea prin rezistenta de contact - ciclu de manevra I-D:

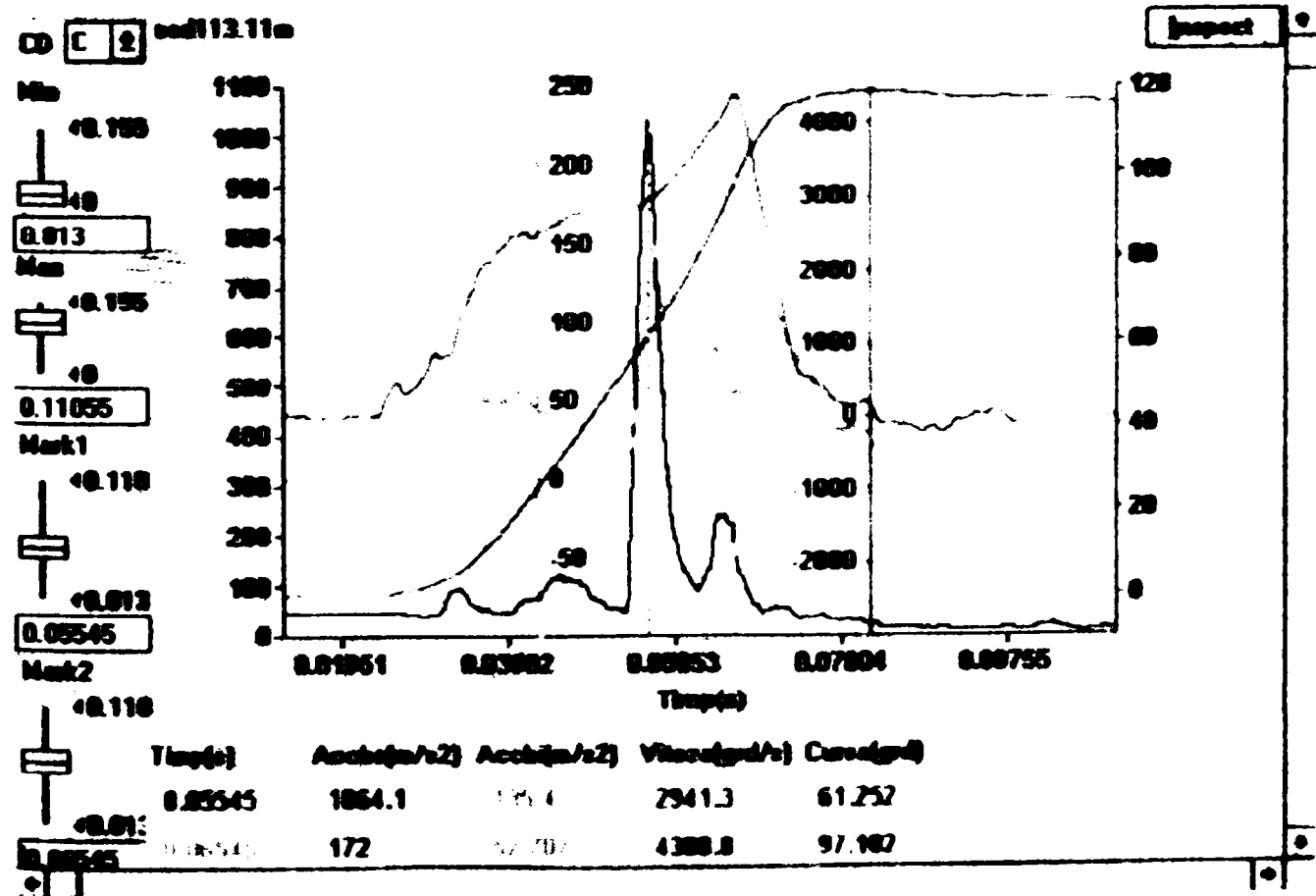
10 110 kV/1600 A - contacte modificate



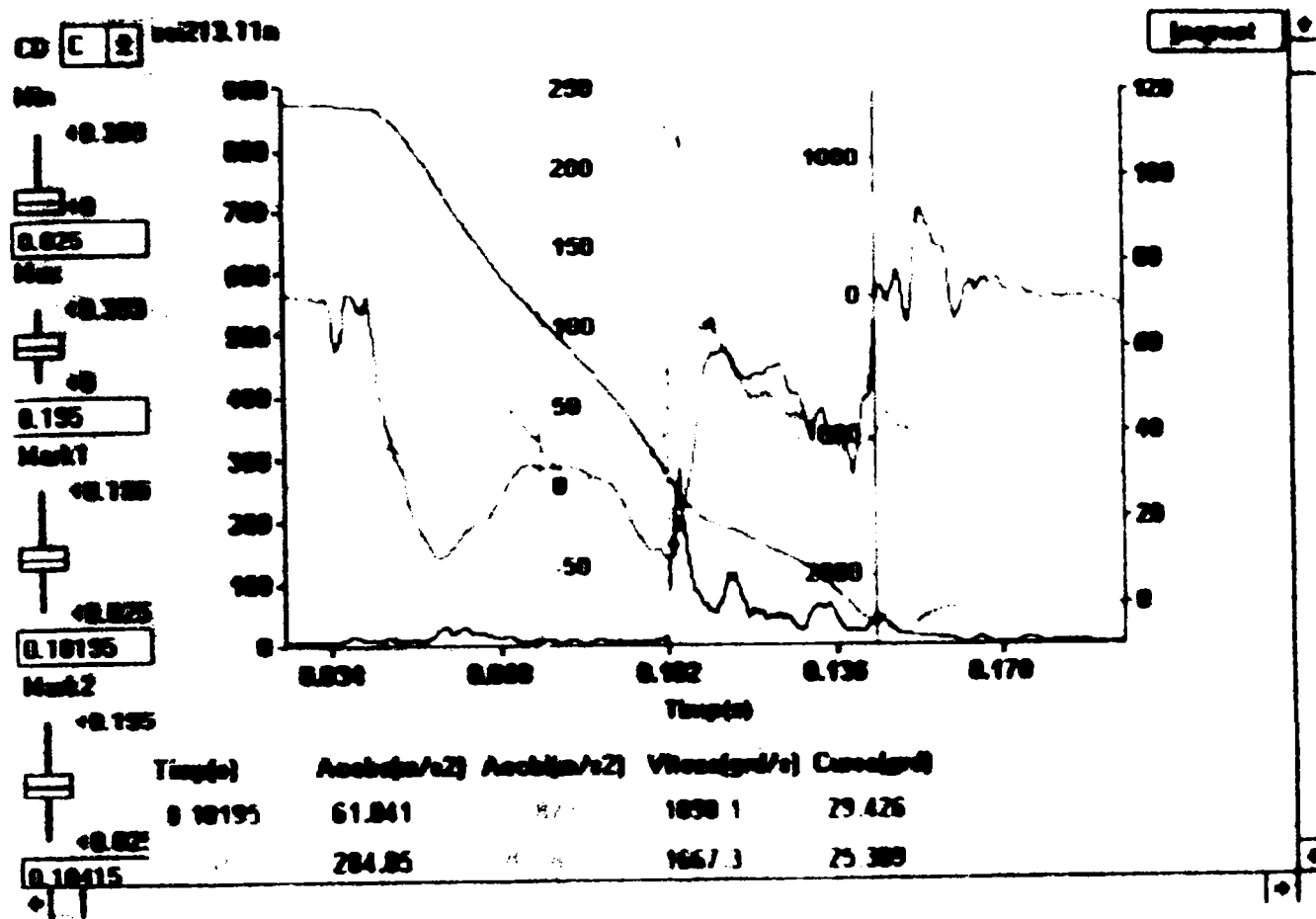
Diagnosticarea prin vibratii - manevra de deschidere:
IO 110 kV 1600 A - contacte nemodificate



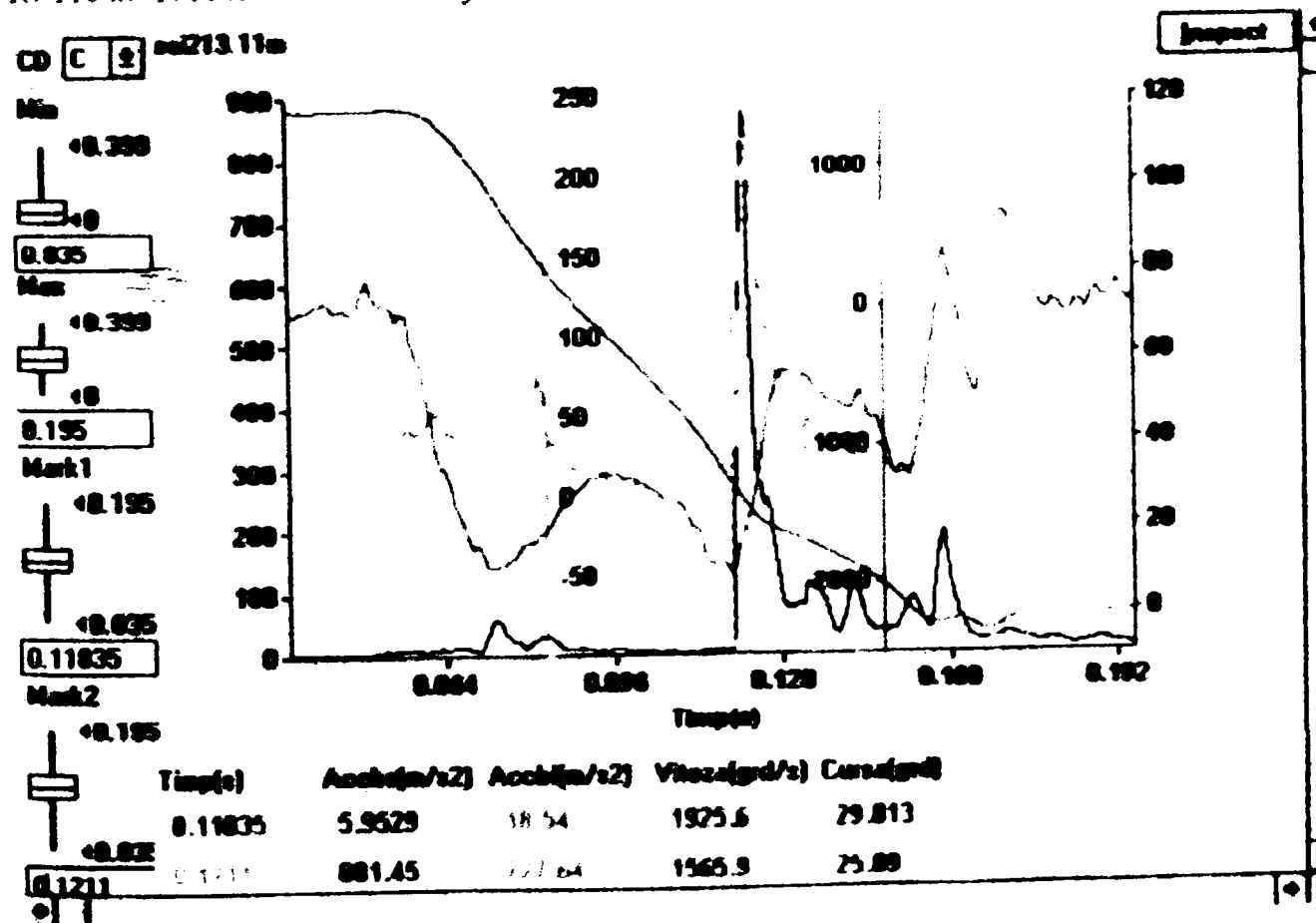
Diagnosticarea prin vibratii - manevra de deschidere:
IO 110 kV 1600 A - contacte modificate



Diagnosticarea prin vibrații - manevra de închidere:
 IO 110 kV 1600 A - contacte nemodificate

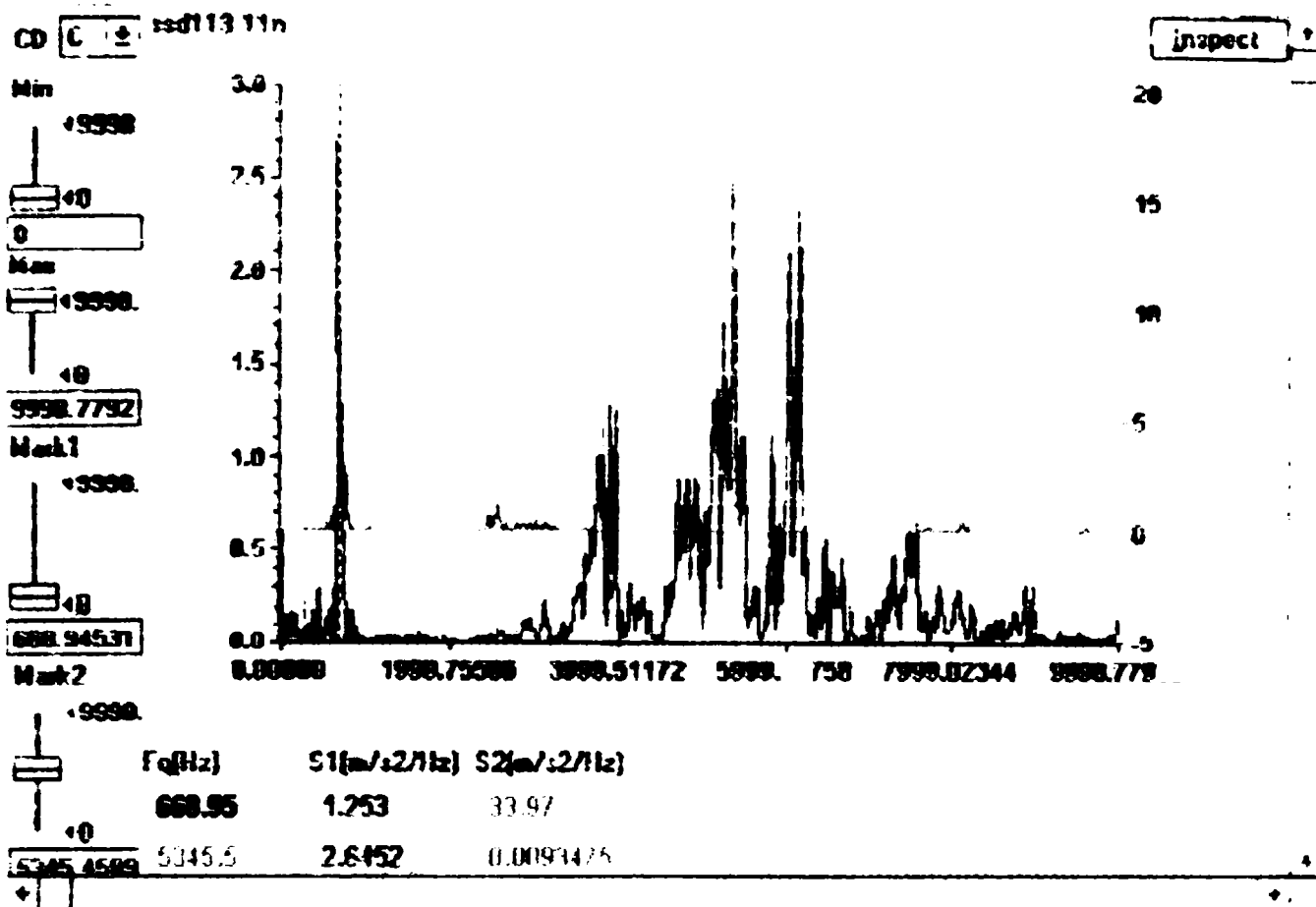


Diagnosticarea prin vibrații - manevra de închidere:
 IO 110 kV 1600 A - contacte modificate



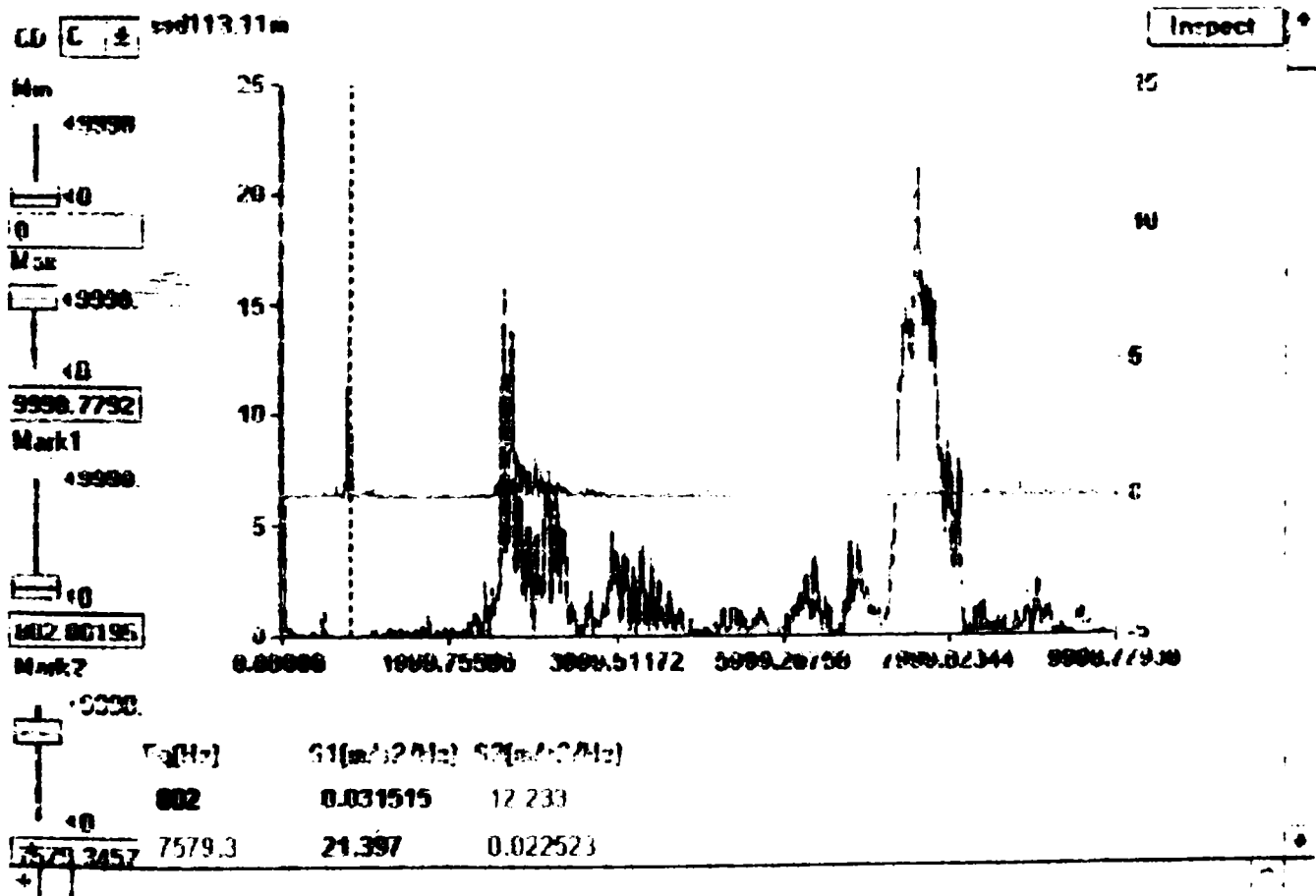
Diagnosticarea prin vibratii: analiza spectrala - manevra de descindere:

IO 110 KV/1600 A - contacte nemodificate



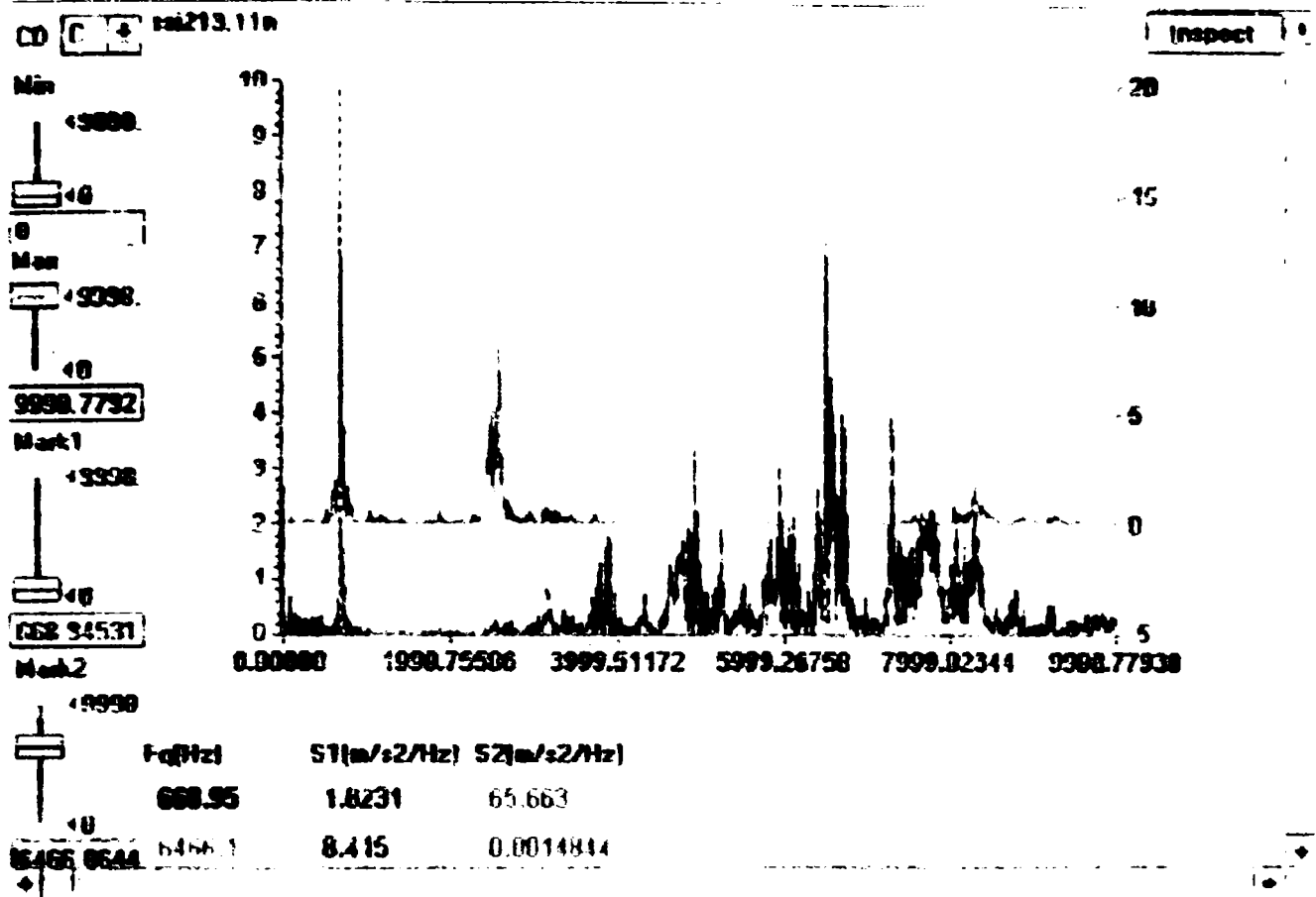
Diagnosticarea prin vibratii: analiza spectrala - manevra de descindere:

IO 110 KV/1600 A - contacte modificate



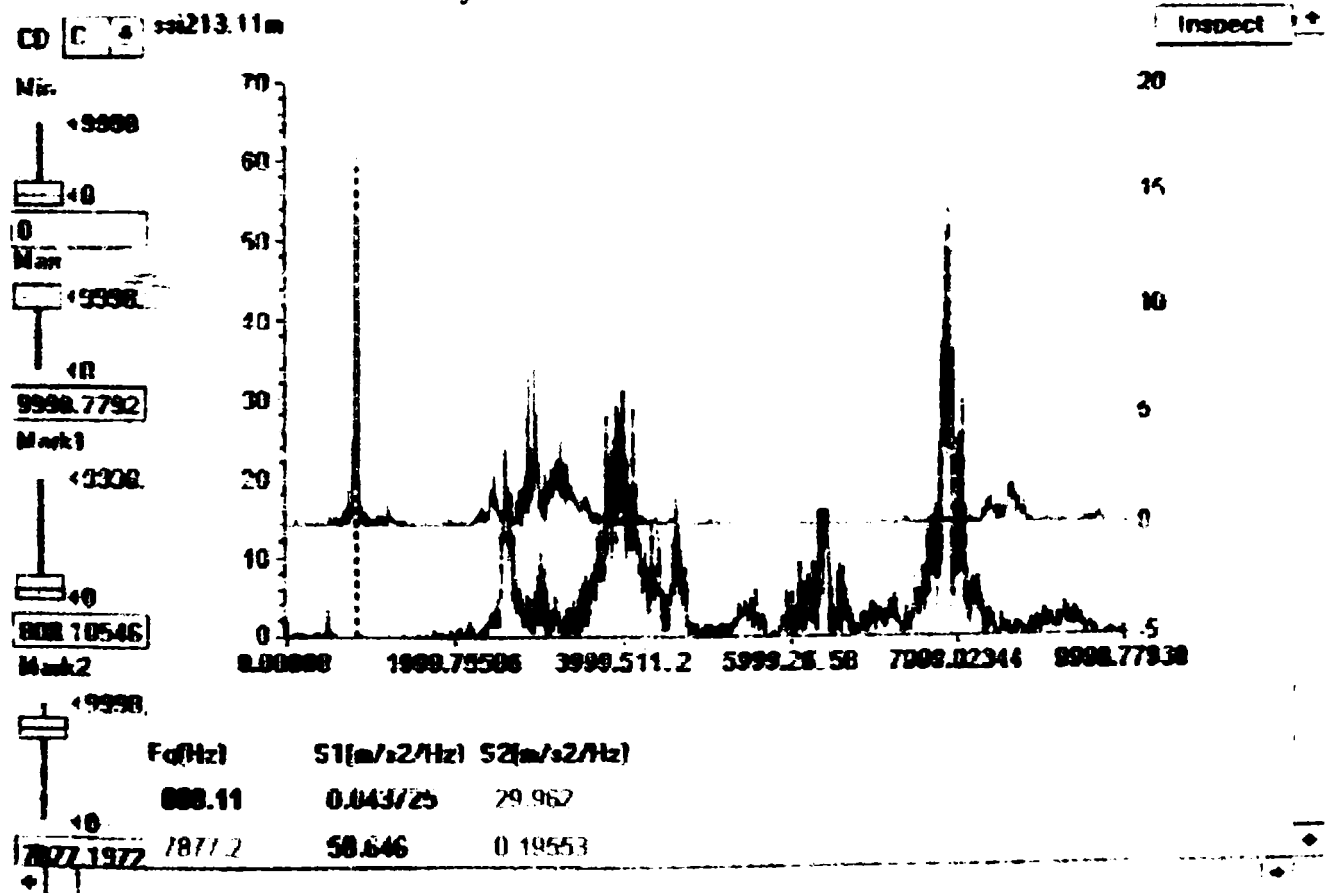
Diagnosticarea prin vibratii: analiza spectrala - manevra de inchidere:

IO 110 kV/1600 A - contacte nemodificate

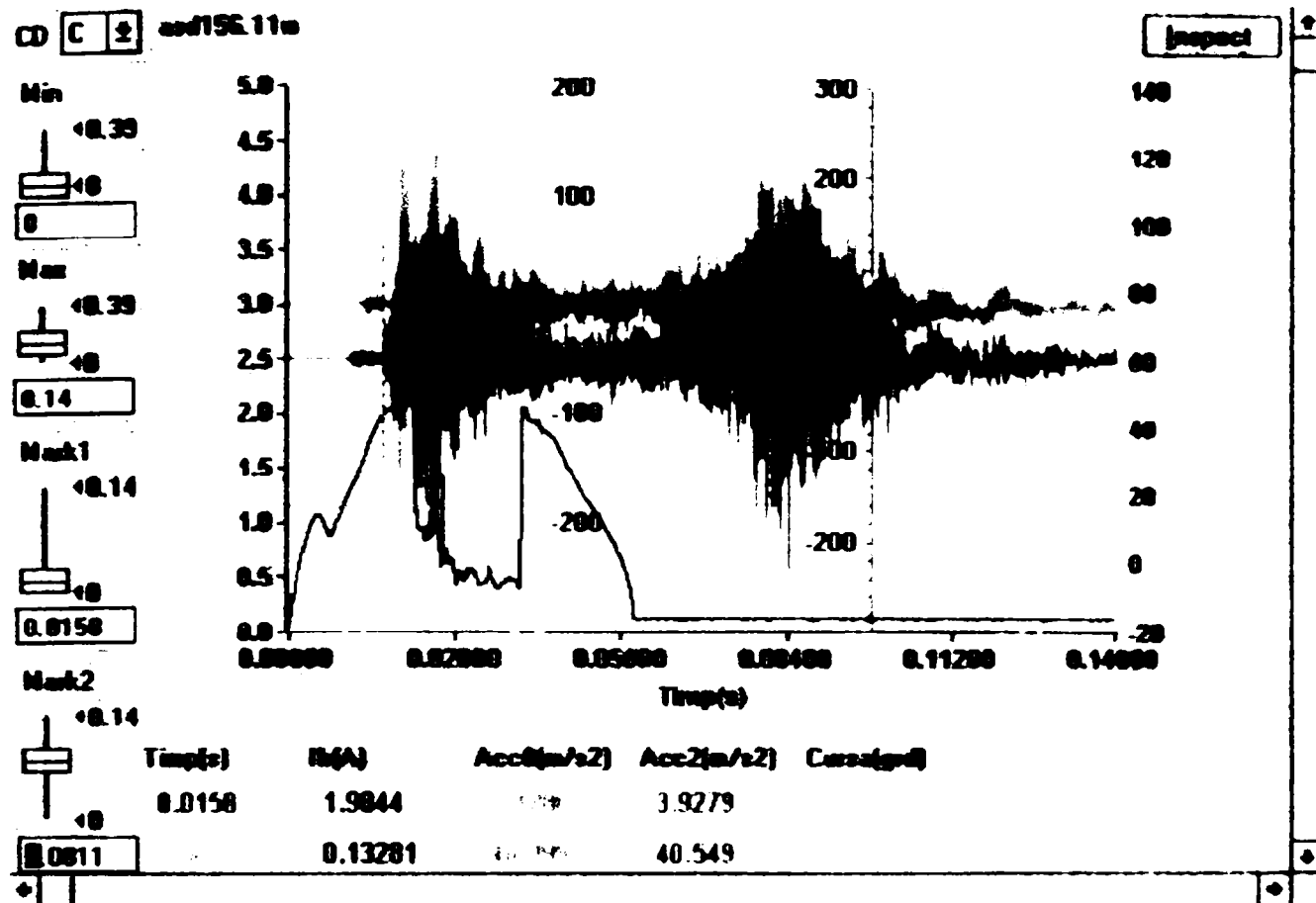


Diagnosticarea prin vibratii: analiza spectrala - manevra de inchidere:

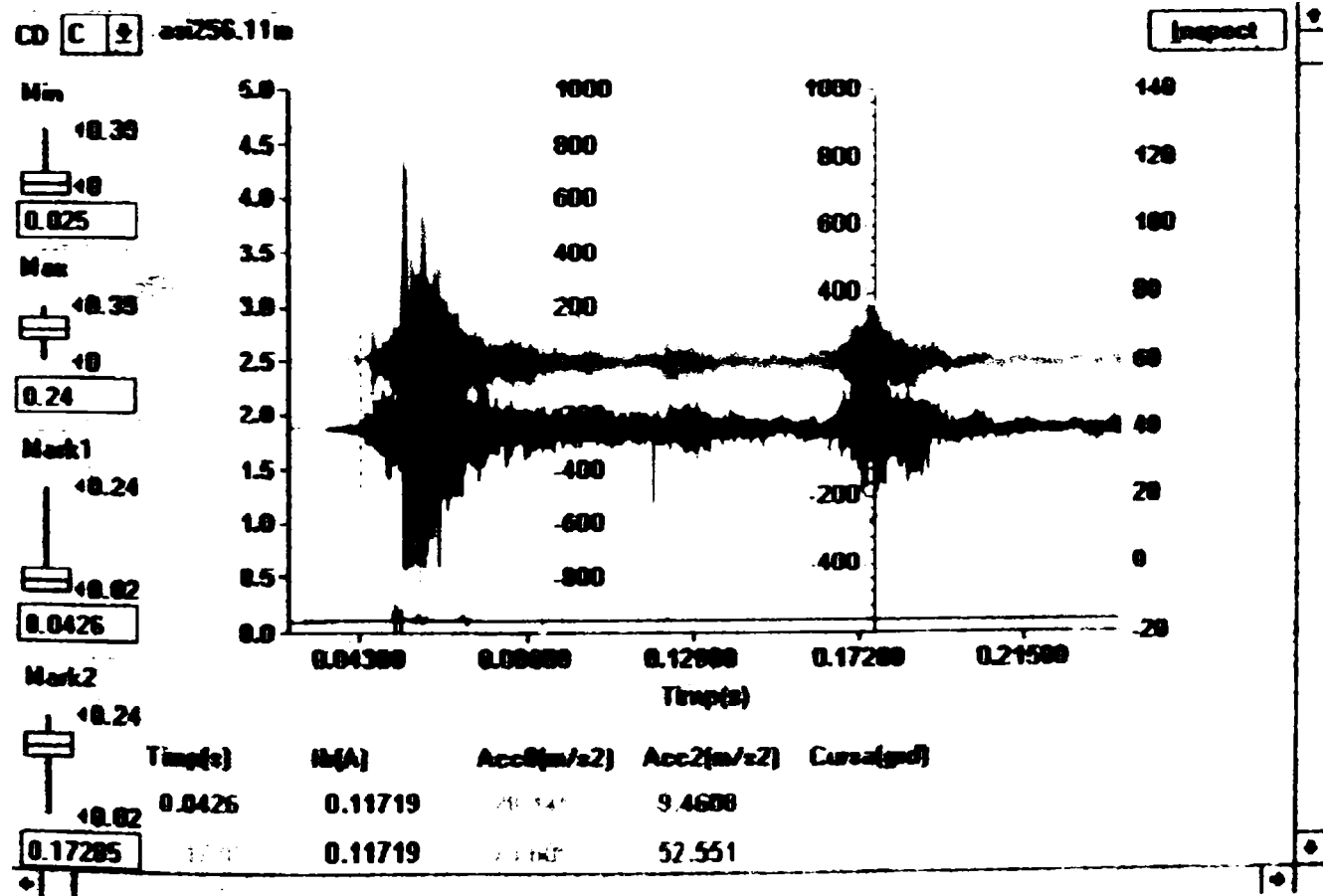
IO 110 kV/1600 A - contacte modificate



Diagnosticarea prin vibratii - manevra de deschidere:
IO 110 kV 1600 A - contacte modificate

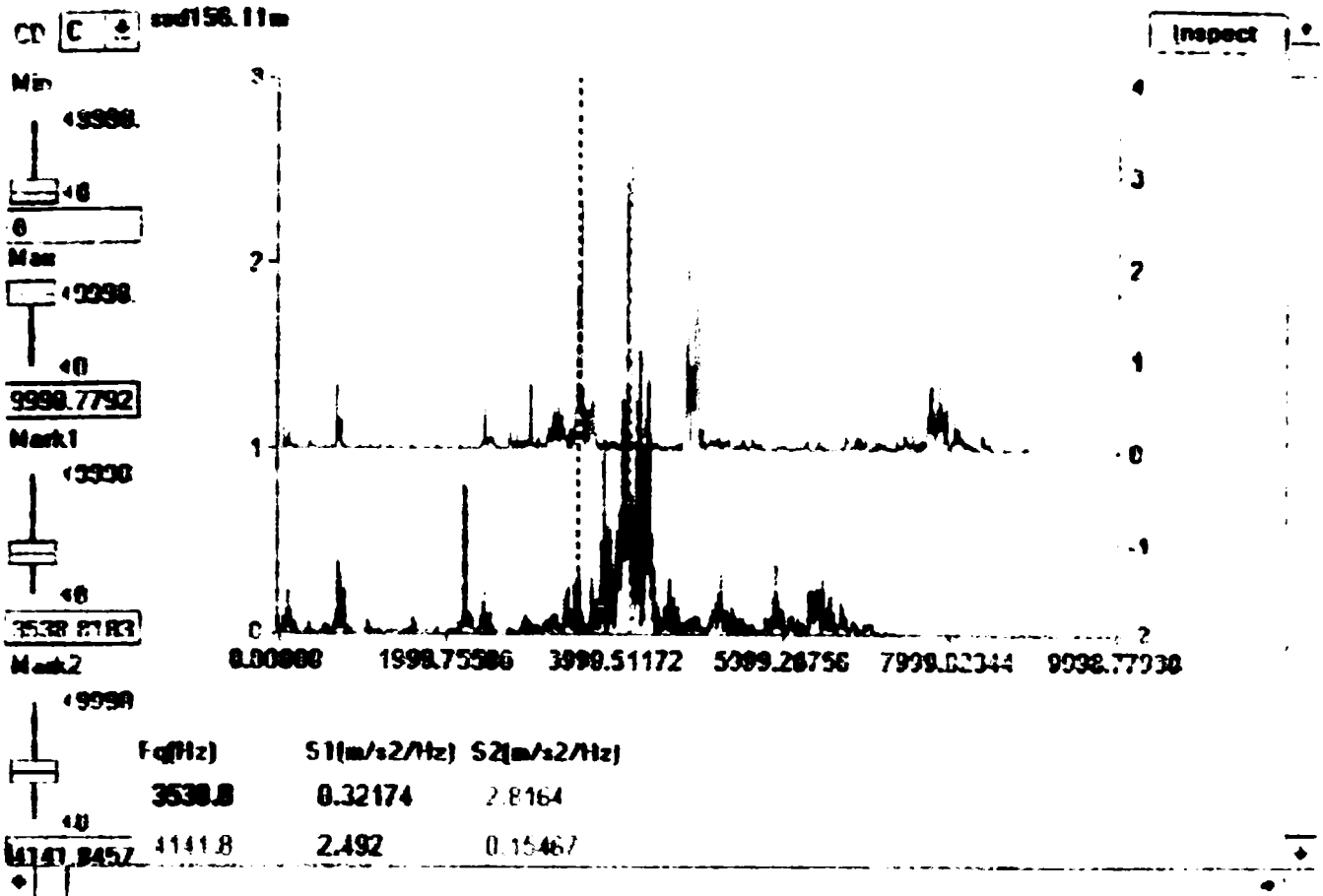


Diagnosticarea prin vibratii - manevra de inchidere:
IO 110 kV 1600 A - contacte modificate



Diagnosticarea prin vibrații: analiza spectrală - manevra de deschidere:

10 110 kV/1600 A - contacte modificate



Diagnosticarea prin vibrații: analiza spectrală - manevra de închidere:

10 110 kV/1600 A - contacte modificate

